

PRODUKSI BIOETANOL DARI PELEPAH SALAK

(Salacca zalacca)

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana Kimia



Nizam Radifan

16630028

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA
2023



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-973/Un.02/DST/PP.00.9/04/2023

Tugas Akhir dengan judul : Produksi Bioetanol dari Pelepah Salak (*Salacca zalacca*)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NIZAM RADIFAN
Nomor Induk Mahasiswa : 16630028
Telah diujikan pada : Selasa, 28 Maret 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Si
SIGNED

Valid ID: 642d10838c365



Penguji I

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 642d0f6ea6cb4



Penguji II

Ika Qurrotul Afifah, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 642d1914caedf



Yogyakarta, 28 Maret 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 642d214817e1e



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Peretujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nizam Radifan
NIM : 16630028

Judul Skripsi : Produksi Bioetanol dari Pelepah Salak (*Salacca zalacca*).

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 13 Maret 2023

Pembimbing

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA


Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si.

NIP: 19760830 20031202 001



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nizam Radifan
NIM : 16630028
Judul Skripsi. : Produksi Bioetanol dari Pelepah Salak (*Salacca zalacca*)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 April 2023

Konsultan

Dr Imelda Fairiati, M.Si.
NIP: 19750725 200003 1 002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nizam Radifan
NIM : 16630028
Judul Skripsi. : Produksi Bioetanol dari Pelepah Salak (*Salacca zalacca*)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 5 April 2023
Konsultan

Ika Qurrotul Afifah, M.Si.
NIP: 19911128 201903 2 022

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 28 Maret 2023



Nizam Radifan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTO

Sesuatu yang instan memang nikmat, tapi sesuatu yang dicapai berkat kegagalan dan perjuangan jauh lebih puas hasilnya



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Mamak, Bapak dan adik-adik tercinta

Tempat saaya berproses selama saya di Yogyakarta

Almamater Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Produksi Bioetanol dari Pelepeh salak (*Salacca zalacca*) Menggunakan Metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF)”. Sholawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad saw yang telah menjadi panutan bagi umat di dunia, sang revolusioner sejati yang mampu merubah kejahiliahan menuju kea lam kemuliaan.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, semangat, doa, dan dukungan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih secara khusus penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si selaku ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. rer.medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech selaku dosen pembimbing yang telah memotivasi, membagi ilmu, dan membimbing dengan kesabaran.
4. Bapak Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya selama studi.

5. Bapak Indra, S.Si selaku PLP Laboratorium Kimia dan Ibu Etihik Susiawati Purnomo, S.Si selaku PLP Laboratorium Biologi yang selalu mendampingi dan memberikan arahan dengan sabar selama penelitian berlangsung.
6. Kedua orang tua yang sangat saya cintai yang selalu memberikan semangat dan dukungan moral maupun materil.
7. Adik-adik yang saya sayangi yang selalu menanyakan dan menyemangati.
8. Teman-teman Program Studi Kimia Angkatan 2016 (spectrum) atas segala saran, masukan dan kebersamaan selama saya menimba ilmu.
9. Sahabat-sahabat Atmosfer yang selalu menjadi teman ngopi dan teman mengerjakan skripsi.
10. Imam dan Amer yang selalu menjadi tempat diskusi dan tempat mengeluh.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kesalahan maupun kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan guna perbaikan penyusunan laporan kedepannya. Penulis berharap laporan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 9 Maret 2023

Penulis



Nizam Radifan

Daftar Isi

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
NOTA DINAS KONSULTASI PENGUJI 1	iv
NOTA DINAS KONSULTASI PENGUJI 2	v
SURAT PERNYATAAN.....	vi
HALAMAN MOTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
Daftar Isi.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	19
A. Latar Belakang	19
B. Batasan Masalah.....	22
C. Rumusan Masalah	22
D. Tujuan Penelitian	22
E. Manfaat Penelitian	23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	24
A. Tinjauan Pustaka	24
B. Landasan Teori.....	26
1. Salak	26
2. Lignoselulosa.....	27
3. Bioetanol	28

4.	Perlakuan awal	29
4.1	Perlakuan Secara Fisik Tumbukan Mekanik	31
4.2	Perlakuan Secara Kimia Basa/Alkali	31
5.	Fermentasi	32
6.	Ragi	33
7.	<i>Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)</i>	34
8.	Pemurnian Bioetanol	35
9.	Kromatografi Gas	37
C.	Hipotesis Penelitian.....	40
BAB III METODE PENELITIAN.....		41
A.	Waktu dan Tempat Penelitian	41
B.	Alat-alat Penelitian.....	41
C.	Bahan Penelitian.....	41
D.	Cara Kerja Penelitian	42
BAB IV Hasil dan Pembahasan		46
A.	Rekultur <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	46
B.	<i>Pratreatment</i> Pelepah Salak.....	46
C.	Pembuatan Bioetanol	49
D.	Pengujian Kadar Bioetanol	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
A.	Kesimpulan	59
B.	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN.....		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur selulosa.....	27
Gambar 2. 2 Struktur hemiselulosa.....	28
Gambar 2. 3 Proses degradasi lignin.....	30
Gambar 4. 1 Hasil rekultur <i>Saccharomyces cerevisiae</i> menggunakan media PDA yang diinkubasi selama 2 hari.....	46
Gambar 4. 2 Serbuk pelepah salak sebelum delignifikasi (a) berwarna lebih cerah dibandingkan dengan serbuk yang sudah mengalami delignifikasi (b). Delignifikasi dengan NaOH menyebabkan lignin terdegradasi dan larut sehingga menghasilkan warna merah pada air rendaman.....	48
Gambar 4. 3 Mekanisme pemutusan lignin dan selulosa menggunakan NaOH. H pada gugus OH fenolik yang bersifat asam akan berikatan dengan ion hidroksida dari NaOH.....	49
Gambar 4. 4 Reaksi perubahan glukosa menjadi etanol. Reaksi ini diawali dengan hidrolisis glukosa menjadi piruvat, dilanjutkan dengan pelepasan karbondioksida membentuk asetaldehid, kemudian diubah menjadi etanol	51
Gambar 4. 5 Hasil uji iodoform terhadap bioetanol. Pengujian ini dilakukan dengan mereaksikan $\text{C}_2\text{H}_5\text{COCH}_3$, NaOH dan larutan hasil fermentasi menghasilkan CHI_3 (endapan kuning), yang membuktikan bahwa terdapat bioetanol dalam larutan hasil fermentasi.	53
Gambar 4. 6 Uji kalium dikromat dari larutan yang telah difermentasi menghasilkan warna biru (b) mendekati uji yang dilakukan dengan etanol 95% (a) dan berbeda dengan warna yang di uji dengan akuades (c). Perubahan warna dari kalium dikromat yang berwarna kuning menjadi biru berasal dari Cr^{6+} yang kemudian tereduksi menjadi Cr^{3+} yang berwarna biru, sedangkan etanol teroksidasi menjadi aldehyd. Uji ini menunjukkan adanya etanol pada larutan hasil fermentasi.	54
Gambar 4. 7 Kurva kalibrasi etanol, diperoleh dari pengujian kadar etanol murni dan dihasilkan persamaan regresi $y = 10,333x - 0,2483$	56

Gambar 4. 8 Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioethanol. Semakin lama waktu fermentasi kadar bioetanol yang dihasilkan semakin meningkat. Kadar tertinggi diperoleh pada hari ke-10 dengan kadar 0,24 % v/v..... 57



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil uji kromatografi gas didapatkan luas area berbeda semakin lama waktu fermentasi, semakin luas area yang terbentuk	56
--	----



DAFTAR LAMPRAN

Lampiran 1 Perhitungan Kadar Bioetanol.....	64
Lampiran 2 Hasil Uji Kromatografi Gas.....	66



ABSTRAK

PRODUKSI BIOETANOL DARI PELEPAH SALAK (*Salacca zalacca*)

Oleh:

Nizam Radifan

16630028

Pembimbing:

Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Biotech

Bioetanol merupakan salah satu bahan alternatif terbarukan yang berasal dari pati atau gula. Penggunaan pati atau gula yang bersumber dari bahan pangan dinilai tidak efektif karena akan berkompetisi dengan kebutuhan pangan. Bahan lain yang dapat dimanfaatkan yaitu bahan dari limbah pertanian dan perkebunan yang mengandung lignoselulosa, seperti pelepah salak. Lignoselulosa dapat diubah menjadi bioetanol dengan metode fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi bioetanol dari pelepah salak dan mengetahui kadar bioetanol pada variasi waktu fermentasi.

Fermentasi dilakukan secara serentak atau *simultaneous saccharification and fermentation* (SSF). Pelepah salak dilakukan *pre-treatment* terlebih dahulu secara fisik dengan menghaluskan menggunakan ayakan 60 *mesh* dan secara kimia dengan delignifikasi menggunakan NaOH 6%. Proses fermentasi dilakukan dengan menggunakan enzim selulase komersial dan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentasi dilakukan pada variasi 0, 3, 5, 7 dan 10 hari untuk mengetahui waktu optimum fermentasi. Proses pemisahan bioetanol dilakukan menggunakan destilasi sederhana, sedangkan pengujian secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan kromatografi gas (GC).

Bioetanol yang dihasilkan dari uji kualitatif menggunakan iodoform menghasilkan endapan kuning dan uji menggunakan kalium dikromat menghasilkan perubahan warna dari jingga menjadi biru. Hal tersebut membuktikan bahwa telah terbentuk bioetanol dari hasil fermentasi. Uji kuantitatif kadar bioetanol pada variasi waktu 3,5,7 dan 10 menunjukkan kadar bioetanol masing-masing sebesar 0,13; 0,14; 0,18; dan 0,24. Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada hari ke-10. Berdasarkan hasil yang didapatkan, pelepah salak berpotensi sebagai salah satu bahan pembuatan bioetanol.

Kata kunci: Bioetanol, Fermentasi, SSF, Pelepah Salak, *Saccharomyces cerevisiae*

ABSTRACT

PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM SNAKE FRUIT FROM (*Salacca zalacca*)

By:

Nizam Radifan

16630028

Advisor:

Dr. Esti Wahyu Widowati, M.Biotech

Bioethanol is a renewable alternative material derived from starch or sugar, but the use of food sources is considered ineffective because it will compete with food needs. Other materials that can be utilized are materials from agricultural and plantation waste containing lignocellulosic, such as bark of salak fronds. Lignocellulosic can be converted into bioethanol by fermentation method. This study aims to produce bioethanol from salak fronds and to determine the levels of bioethanol at various fermentation times.

Fermentation is carried out simultaneously or simultaneous saccharification and fermentation (SSF). The salak fronds were pre-treated physically by pulverizing with a 60 mesh sieve and chemically by delignification using 6% NaOH. The fermentation process was carried out using commercial cellulase enzymes and the microorganism *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentation was carried out at variations of 0, 3, 5, 7 and 10 days to determine the optimum fermentation time. The process of separating bioethanol was carried out using simple distillation, while quantitative testing was carried out using gas chromatography (GC).

The bioethanol produced from the qualitative test using iodoform produced a yellow precipitate and the test using potassium dichromate produced a color change from orange to blue, this proved that bioethanol had been formed from the fermentation results. Quantitative tests for bioethanol content at time variations of 3,5,7 and 10 showed bioethanol levels of 0.13 respectively; 0.14; 0.18; and 0.24. The highest bioethanol content was obtained on the 10th day. Based on the results obtained, salak fronds have the potential as an ingredient for making bioethanol

Key note: Bioethanol, Fermentation, SSF, Snake Fruit, *Saccharomyces cerevisiae*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bioetanol pada umumnya bersumber dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, dan selulosa. Metode yang biasa digunakan adalah fermentasi. Etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) berupa cairan bening tak berwarna, terurai secara biologis, toksitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar jika bocor. Bioetanol biasanya dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat minuman keras, keperluan medis, sebagai zat pelarut, dan yang sedang populer saat ini digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Berkembangnya teknologi transportasi memberikan dampak pada pemakaian bahan bakar yang juga semakin meningkat. Umumnya, bahan bakar yang digunakan merupakan bahan bakar fosil yang jika digunakan semakin lama maka jumlahnya semakin berkurang atau bahkan habis. Oleh karena itu, diperlukan energi atau bahan bakar alternatif untuk mengganti bahan bakar fosil (Sulistiyono, 2016). Pengurangan konsumsi BBM jenis bensin, dapat dilakukan dengan menambahkan 10% bioetanol atau sering disebut E-10. Penggunaan bioetanol pada kendaraan bermotor memberikan keuntungan karena bioetanol memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca khususnya karbon dioksida (CO_2) sebesar 60-90% dibandingkan penggunaan bensin (Setyadi, 2016). Bioetanol di Indonesia sangat

potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya merupakan jenis tanaman yang banyak tumbuh di negara ini.

Pembuatan bioetanol pada umumnya menggunakan bahan baku pati atau bahan yang mengandung gula. Akan tetapi, penggunaan bahan yang bersumber dari bahan pangan dinilai tidak efektif, karena akan berkompetisi dengan bahan pangan. Bahan lain yang dapat dimanfaatkan yaitu bahan yang mengandung lignoselulosa karena ketersediaannya melimpah dan belum dimanfaatkan dengan baik, seperti limbah pertanian, perkebunan, dan limbah industri. Limbah perkebunan yang berpotensi sebagai sumber bahan pembuatan bioetanol salah satunya adalah pelepah salak. Pelepah salak belum dimanfaatkan dengan baik. Sebagian digunakan oleh petani sebagai pupuk organik bagi tanaman salak, sebagian dibuang begitu saja atau dibakar, dan sebagian kecil dibuat kerajinan. Menurut (Rahayu *et al.*, 2017), pohon salak dalam satu tahun menghasilkan pelepah sekitar 23.000 truk.

Kandungan senyawa kimia penyusun serat pelepah tanaman salak adalah selulosa 31,7%, hemiselulosa 33,9%, lignin 17,4% dan silika 0,6% (Shibata dan Osman, 1988). Lignin yang terdapat pada pelepah akan mengganggu penguraian selulosa dan hemiselulosa dan akan memengaruhi kadar bioetanol maka perlu dilakukan delignifikasi untuk membuka struktur lignoselulosa supaya mempermudah enzim dalam memecah polisakarida menjadi monosakarida (Osvaldo *et al.*, 2012). Delignifikasi dapat dilakukan secara kimia menggunakan NaOH, secara fisik menggunakan pemanasan dan tekanan yang tinggi, dan secara biologi menggunakan

enzim yang berasal dari bakteri atau jamur. Pada penelitian yang dilakukan (Devi *et al.*, 2019), delignifikasi menggunakan NaOH 6% dapat menurunkan kadar lignin pada pelepah salak.

Tahapan yang dilakukan untuk produksi bioetanol dari lignoselulosa adalah preparasi bahan, hidrolisis, fermentasi, dan pemurnian (Sudiyani *et al.*, 2019). Hidrolisis enzimatik memerlukan enzim selulase hasil dari mikrobia seperti fungi (jamur), bakteri, dan protozoa. Hidrolisis secara enzimatik dapat dilakukan pada suhu kamar. Enzim selulase komersial pada umumnya dihasilkan oleh jamur *Aspergillus* dan *Trichoderma* (Pasanda *et al.*, 2018). *Trichoderma viride* menghasilkan enzim selulolitik, yaitu endoglukanase dan eksoglukanase yang berperan untuk menghidrolisis selulosa.

Fermentasi bioetanol dapat dilakukan dengan metode *separated hydrolysis fermentation* (SHF) dan *simultaneous saccharification fermentation* (SSF). Fermentasi SSF adalah suatu fermentasi yang dilakukan secara serentak dalam suatu reaktor, yang memiliki keunggulan dibandingkan metode *separated hydrolysis fermentation* (SHF), yaitu dapat mencegah terhambatnya kerja enzim oleh produk glukosa dan selulosa. Jayus (2017) telah membandingkan penggunaan metode SHF dan SSF pada produksi bioethanol dari kulit ubi kayu. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan dengan metode SHF sebesar 2,58 g/L dalam waktu 48 jam sedangkan dengan proses SSF 2,93 g/L dalam waktu 24 jam.

Pada penelitian ini dilakukan produksi bioethanol menggunakan bahan dasar pelepah salak dan metode yang digunakan adalah SSF. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah bahan dasar untuk pembuatan bioethanol yang berasal dari pelepah salak. Proses sakarifikasi dan fermentasi dalam penelitian ini dilakukan secara serentak dalam satu batch melibatkan enzim komersial dan *Saccharomyces cerevisiae* untuk konversi gula menjadi bioethanol.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian yaitu:

1. Proses hidrolisis dan fermentasi pada pembuatan bioethanol dilakukan secara serentak atau disebut dengan metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF).
2. Enzim selulase yang digunakan adalah enzim komersial.
3. Yeast yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini:

1. Bagaimana pembuatan bioethanol dari pelepah salak menggunakan metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF)?
2. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioethanol?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini:

1. Membuat bioetanol dari pelepah salak menggunakan metode *Simultaneous Saccharificatin and Fermentation (SSF)*.
2. Menentukan pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Menambah informasi mengenai pemanfaatan pelepah salak yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat bioetanol.
2. Menambah nilai limbah pelepah salak dengan pemanfaatan sebagai bahan pembuat bioetanol.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Pelepah salak dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan bioetanol dengan metode fermentasi serentak (SSF) menggunakan enzim selulase serta bantuan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*.
2. Waktu fermentasi yang paling optimum dari variasi 3,5,7, dan 10 belum dapat ditentukan karena berdasarkan hasil uji kuantitatif menghasilkan kadar 0,13%; 0,14%; 0,18%; dan 0,24% kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada hari ke-10 fermentasi.

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut variasi konsentrasi enzim, yeast inoculum dan bahan dasar pembuatan bioetanol agar konsentrasi bioetanol semakin tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut variasi penggunaan enzim komersial dan ekstrak enzim yang bersumber dari mikroorganisme sehingga kadar yang diperoleh akan lebih optimal.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut variasi waktu yang lebih lama dengan metode yang sama agar diketahui kadar bioetanol yang lebih optimum.

4. Diperlukan penelitian lebih lanjut dari proses pemisahan hasil fermentasi karena titik didih bioetanol dengan air sangat dekat sehingga perlu dilakukan pemisahan secara azeotrop.



DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, L., & Efiyanti, L. (2015). *Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa Dan Produksi Etanol dari Limbah Berlignoselulosa*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 69–80. <https://doi.org/10.20886/jphh.v33i1.640.69-80>
- Ahmad, A., Amri, I., & Wani, S. (2020). *Pemanfaatan Serat Buah Kelapa Sawit menjadi Bioetanol dengan Variabel Konsentrasi H₂SO₄ pada Proses Hidrolisis*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta*, 1–8(1693–4393), 14–15.
- Alvira, P., Tomás-Pejó, E., Ballesteros, M., & Negro, M. J. (2010). *Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review*. *Bioresour. Technol.*, 101(13), 4851–4861. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.093>
- Baskoro, B. D. (2018). *Metode Dasar Pemisahan Kimia*. *Baskoro D B*, 21(3), 1–101.
- Chaturvedi, V., & Verma, P. (2013). *An overview of key pretreatment processes employed for bioconversion of lignocellulosic biomass into biofuels and value added products*. *3 Biotech*, 3(5), 415–431. <https://doi.org/10.1007/s13205-013-0167-8>
- da Costa Sousa, L., Chundawat, S. P., Balan, V., & Dale, B. E. (2009). *“Cradle-to-grave” assessment of existing lignocellulose pretreatment technologies*. *Current Opinion in Biotechnology*, 20(3), 339–347. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2009.05.003>
- Devi, D., Astutik, D., Cahyanto, M. N., & Djaafar, T. F. (2019). *Kandungan Lignin, Hemiselulosa Dan Selulosa Pelelah Salak Pada Perlakuan Awal Secara Fisik Kimia Dan Biologi*. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7(2), 273–282. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i2.148>
- Gandjar, I. G. dan Rohman, A. (2007). *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Herawati, D. A., Kusumawardhani, E., & Puspawati, N. (2016). *Simposium Nasional RAPI XV-2016 FT UMS*.
- Jayus, J., Suwasono, S., & Wijayanti, I. (2017). *Produksi Bioetanol Secara Shf Dan Ssf Menggunakan Aspergillus Niger, Trichoderma Viride dan New Aule Instant Dry Yeast Pada Media Kulit Ubi Kayu*. *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), 61. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v11i1.5448>
- Karisma.(2015). *Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi (Oryza sativa) melalui Proses Sakarifikasi Fermentasi Serentak (SFS)*. Skripsi Universitas Islam Neferi Alauddin Makasar.
- Khopkar. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press. Jakarta.

- Krishnan, M. S., Ho, N. W. Y., & Tsao, G. T. (1999). *Fermentation kinetics of ethanol production from glucose and xylose by recombinant Saccharomyces 1400(pLNH33)*. *Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology*, 77–79, 373–388. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1604-9_35
- Lin, Y., & Tanaka, S. (2006). *Ethanol fermentation from biomass resources: Current state and prospects*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69(6), 627–642. <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0229-x>
- Lurgi, G. (1989). *Alcohol Destillation*.
- Olofsson, K., Bertilsson, M., & Lidén, G. (2008). *A short review on SSF - An interesting process option for ethanol production from lignocellulosic feedstocks*. *Biotechnology for Biofuels*, 1, 1–14. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-1-7>
- Oswaldo, Z. S., Putra, P. S., & Faizal, M. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang*. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2), 52–62.
- Pasanda, O. S., Aziz, A., & Gala, S. (2018). *Pemanfaatan Limbah Alginat Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan Menghasilkan Bioetanol*. *Seminar Nasional LPPM UNESA*, 1–15.
- Putri, L. S. E., & Sukandar, D. (2008). *Starch conversion of ganyong (Canna edulis Ker.) to bioethanol using acid hydrolysis and fermentation*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 9(2), 112–116. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d090208>
- Rahayu, T., Asngad, A., & Suparti, S. (2017). *Biopulping Pelepah Tanaman Salak Menggunakan Jamur Pelapuk Putih Phanerochaete chrysosporium*. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 3(1), 58. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v3i1.3671>
- Rukmana, H. R. (1999). *Salak: Prospek Agribisnis dan Teknik Usaha Tani*. Kasinus.
- Saidi, D. (2014). *Proses Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Teraktivasi NaOH Dengan Variasi*. *Skripsi Oleh : Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN)*, 43.
- Setiawan, H., & Kusumo, E. (2015). *Pembuatan Bioetanol Dari Jerami Padi Dengan Bantuan Enzim Selulase Dari Jamur Tiram*. *Indonesian Journal of Chemical ...*, 4(2252). <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/6177%0Ahttps://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/download/6177/4678>
- Setyadi, P. (2016). *Campuran Bahan Bakar Pada Mesin Kendaraan Sepeda Motor 4 Langkah Dengan Komposisi 10 %*. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*, 3(1), 13–22.
- Sudiyani, Y., Aiman, S., & Mansur, D. (2019). *Teknologi dan Perspektif*.
- Sulistyono, S. (2016). *Pengurangan Subsidi BBM Fosil sebagai Momentum Pengembangan Energi Alternatif Jenis Biofuel*. *Institut Teknologi Padang*, 3(4), 1–10.

- Sun, Y., & Cheng, J. (2002). *Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: A review*. *Bioresource Technology*, 83(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00212-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7)
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2007). Enzyme-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review. In *BioResources* (Vol. 2, Issue 4).
- Takagi, M., Abe S., Suzuki S., E. G. H. Y. N. (1977). *A method for production of ethanol directly from cellulose using cellulose and yeast*. *Proceedings of Bioconversion symposium*.
- Tjahjadi, N. (1989). *Hama Penyakit dan Tanaman*.
- Triyastiti, L., & Krisdiyanto, D. (2018). *Isolasi Nanokristal dari Pelepah Pohon Salak Sebagai Filler pada Film Berbasis Polivinil Alkohol (PVA)*. *Indonesian Journal of Materials Chemistry*, 1(1), 39–45.
- Umam, M. S. (2018). *Pengaruh Konsentrasi Ragi Roti (Saccharomyces cerevisiae) dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol Nira Siwalan (Borassus flabellifer L.)*. Skripsi, 1(1), 1–97.
- Wiratmaja, I. G., Bagus, I. G., Kusuma, W., & Winaya, I. N. S. (2011). *Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii Sebagai Bahan Baku I Gede Wiratmaja (1) , I Gusti Bagus Wijaya Kusuma (2) dan I Nyoman Suprpta Winaya (2)*. 5(1).
- Yan, H., Chen, Z., Zheng, Y., Newman, C., Quinn, J. R., Dötz, F., Kastler, M., & Facchetti, A. (2009). *A high-mobility electron-transporting polymer for printed transistors*. *Nature*, 457(7230), 679–686. <https://doi.org/10.1038/nature07727>