

**PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH BATANG BUAH NAGA
DENGAN HIDROLISIS ENZIMATIS
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI *Trichoderma viride* 6013
DAN FERMENTASI OLEH *Saccharomyces cerevisiae* 3056**

Untuk memenuhi sebagian syarat
memperoleh derajat Sarjana S1 Program Studi Biologi



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Disusun oleh
Dinda Ayu Sari
18106040042

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2023**

**PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH BATANG BUAH NAGA
DENGAN HIDROLISIS ENZIMATIS
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI *Trichoderma viride* 6013
DAN FERMENTASI OLEH *Saccharomyces cerevisiae* 3056**

Untuk memenuhi sebagian syarat
memperoleh derajat Sarjana S1 Program Studi Biologi



Disusun oleh
Dinda Ayu Sari
18106040042
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2023**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1478/Un.02/DST/PP.00.9/06/2023

Tugas Akhir dengan judul : **Produksi Bioetanol dari Limbah Batang Buah Naga dengan Hidrolisis Enzimati menggunakan Enzim Selulase dari *Trichoderma viride* 6013 dan Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* 3056**

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DINDA AYU SARI
Nomor Induk Mahasiswa : 18106040042
Telah diujikan pada : Rabu, 31 Mei 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD.
SIGNED

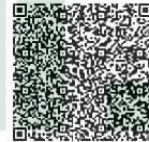
Valid ID: 6487f85298e00



Penguji I

Agesty Ika Nurlita, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6487c37921c33



Penguji II

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 648678558173e



Yogyakarta, 31 Mei 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 64880c780ka72

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dinda Ayu Sari

NIM : 18106040042

Program Studi : Biologi

Menyatakan dengan sesungguhnya skripsi saya ini adalah asli hasil karya atau penelitian sendiri dan bukan plagiasi dari hasil karya orang lain kecuali pada bagian yang dirujuki sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya agar dapat diketahui oleh anggota dewan penguji.

Yogyakarta, 27 Maret 2023

Yang menyatakan,



Dinda Ayu Sari
NIM. 18106040042

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat 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 : Dinda Ayu Sari

NIM 18106040042

Judul Skripsi : Produksi Bioetanol dari Limbah Batang Buah Naga dengan Hidrolisis Enzimatis menggunakan Enzim Selulase dari *Trichoderma viride* 6013 dan Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* 3056

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

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 19 Mei 2023

Pembimbing I

Lela Susilawati, Spd., M.Si., PhD.

NIP. 19790127 200901 2 004

Pembimbing II

Agessty Ika Nurlita, M.Si.

NIP. 19890810 201903 2 016

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

~ Q.S. Al Insyirah 6-8 ~

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”

~ Q.S. Al Baqarah 286 ~

Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan, dan malampun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya.

~ Q.S. Yasin 40 ~

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur atas rahmat Allah SWT yang telah memberikan penulis kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih untuk seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Banyak kesulitan dan kendala yang terjadi, namun hal ini tentunya tidak lepas dari doa dan dukungan seluruh pihak yang terlibat dalam proses tugas akhir penulis. Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk: Orang tua tercinta saya, Ibu Tursilawati, Bapak Samsor (alm) dan Bapak Sukisman serta seluruh keluarga besar saya, terima kasih untuk segala doa dan dukungan yang telah diberikan, ini untuk Ibu dan Bapak.



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, atas rahmat serta karunia Allah SWT penulis panjatkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya yang berupa kesehatan, lindungan, serta bimbingan kepada penulis sehingga diberikan kemudahan dan kelancaran dalam penulisan skripsi yang berjudul “PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH BATANG BUAH NAGA DENGAN HIDROLISIS ENZIMATIS MENGGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI *Trichoderma viride* 3012 DAN FERMENTASI OLEH *Saccharomyces cerevisiae* 3056” Skripsi ini disusun guna untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. Selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Najda Rifqiyati S,Si,. M,Si. Selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan kalijaga Yogyakarta.

4. Ibu Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD., dan Ibu Agessty Ika Nurlita, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, arahan, dan bimbingannya dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dony Eko Saputro, S.Pd.I., dan Ibu Ethik Susiawati Purnomo, S.Si., selaku PLP di Laboratorium Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
6. Bapak Ibu Dosen Pengajar Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, yang telah memberikan ilmu yang diberikan selama perkuliahan berlangsung.
7. Ibu Tursilawati, Bapak Samsor (alm) dan Bapak Sukisman selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan penuh, ini untuk Ibu dan Bapak.
8. Kakak penulis Riska Anggraeni. Terima kasih atas doa dan dukungannya.
9. Wahyu Adi Kurniawan, terima kasih atas doa dan dukungannya.
10. Teman-teman Penulis Zahrah Nabila Rifai, Uhuta Unggul Sabila, dan Filza Fatatun Nada terima kasih atas dukungan dan kebersamaannya
11. Teman-teman Biologi angkatan 2018 yang selalu berbagi pengalaman selama studi
12. Teman-teman kos Muslimah Pak Giyanto, terima kasih atas dukungannya
13. Semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, kemudahan dan semangat dalam proses penyelesaian tugas akhir (skripsi) ini.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan yang terdapat dalam karya tulis ini. Oleh karena itu penulis menerimasaran dan masukkan pengembangan penelitian dalam karya tulis ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca umumnya.



Yogyakarta, Juni 2023

Penulis

Dinda Ayu Sari



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH BATANG BUAH NAGA
DENGAN HIDROLISIS ENZIMATIS
MENGUNAKAN ENZIM SELULASE DARI *Trichoderma viride* 6013
DAN FERMENTASI OLEH *Saccharomyces cerevisiae* 3056**

**Dinda Ayu Sari
18106040042**

ABSTRAK

Bioetanol merupakan salah satu bioenergi yang digunakan sebagai substitusi bahan bakar dan bersifat ramah lingkungan. Limbah pertanian seperti limbah batang buah naga memiliki kandungan selulosa yang potensial digunakan sebagai bahan baku alternatif pembuatan bioetanol. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi limbah batang buah naga sebagai substrat pembuatan bioetanol yang dihidrolisis enzimatis menggunakan enzim selulase dari *Trichoderma viride* 6013 dan difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* 3056. Fermentasi dilakukan selama 96 jam dan setiap 24 jam sekali kadar bioetanol, pH serta dinamika pertumbuhan sel khamir dianalisis. Kadar bioetanol semakin meningkat secara signifikan seiring waktu fermentasi dengan kadar bioetanol kasar tertinggi didapatkan pada fermentasi selama 96 jam sebesar 20%. pH menurun dari semula jam ke-0 sebesar 5 menjadi 4 (jam ke-72 dan 96). Pertumbuhan khamir terlihat fluktuatif dengan fase log terjadi pada jam ke-72 dan mulai memasuki fase kematian pada jam ke-96.

Kata kunci: Batang buah naga, bioetanol, fermentasi, hidrolisis enzimatis, *pretreatment*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRACT

*Bioethanol is one of the bioenergy that is used as a substitute for fuel and is environmentally friendly. Agricultural waste such as dragon fruit stem waste contains cellulose which has the potential to be used as an alternative raw material for bioethanol production. The purpose of this study was to determine the potential of dragon fruit stem waste as a substrate for bioethanol production which was enzymatically hydrolyzed using the cellulase enzyme from *Trichoderma viride* 6013 and fermented by *Saccharomyces cerevisiae* 3056. Fermentation was carried out for 96 hours and every 24 hours the levels of bioethanol, pH and dynamics of yeast cell growth were analyzed. The bioethanol content increased significantly with fermentation time with the highest crude bioethanol content obtained in 96 hours of 20% fermentation. The pH decreased from 0 hours at 5 to 4 (72 and 96 hours). Yeast growth was seen to fluctuate with the log phase occurring at 72 hours and starting to enter the death phase at 96 hours.*

Keywords: Bioethanol, enzymatic hydrolysis, dragon fruit stem, fermentation, pretreatment



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Batang Tanaman Buah Naga sebagai Biomassa Selulosa	8
C. Enzim Selulase.....	11
B. Potensi Selulosa sebagai Substrat Produksi Bioetanol	11
BAB III METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat	17
B. Alat dan Bahan	17
C. Persiapan Sampel Serbuk Batang Buah Naga	17
D. Peremajaan Kultur	18
E. <i>Pretreatment</i>	18
F. Produksi Enzim Selulase dari <i>T. viride</i>	19
G. Produksi Bioetanol dari Batang Buah Naga	19
H. Analisis Data	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
A. Hasil Penelitian	23
B. Pembahasan	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
A. Kesimpulan	36
B. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanaman Buah Naga.....	8
Gambar 2. Mekanisme <i>Pretreatment</i> Lignoselulosa dengan NaOH (Mosier <i>et al.</i> , 2005).....	13
Gambar 3 (a) Batang buah naga (sumber: pribadi); (b) Batang buah naga yang telah dilakukan penghalusan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.....	23
Gambar 4 Penampakan fisik air fermentasi selama 96 jam: (a) jam ke-24; (b) jam ke-48; (c) jam ke-72; (d) jam ke-96.....	23
Gambar 5 Fluktuasi pH selama periode fermentasi. Tampak adanya penurunan pH khususnya pada jam akhir masa fermentasi yaitu jam ke-72 dan 96 yaitu 4. Huruf yang berbeda di sebelah kanan angka menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($p<0.05$) dan bar menunjukkan standar deviasi setelah dilakukan uji statistik dengan uji ANOVA dan uji Duncan pada <i>Software IBM SPSS Statistic 25</i>	24
Gambar 6 Pertumbuhan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> selama periode fermentasi. Tampak pertumbuhan khamir meningkat secara signifikan sampai jam ke-72, tetapi mengalami penurunan yang cukup signifikan pada jam ke-96. Huruf yang berbeda di sebelah kanan angka menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($p<0.05$) dan bar menunjukkan standar deviasi setelah dilakukan uji statistik dengan uji ANOVA dan uji Duncan pada <i>Software IBM SPSS Statistic 25</i>	25
Gambar 7 Pengukuran kadar bioetanol dari hasil fermentasi batang buah naga batang buah naga selama 96 jam. Tampak kadar bioetanol meningkat seiring lamanya waktu fermentasi dibandingkan akuades (skala angka yang menunjukkan nilai bioethanol kasar di tunjukkan dengan garis merah), tetapi kadarnya masih relatif rendah dibandingkan etanol 96%. (a) akuades; (b) jam ke-24; (c) jam ke-48; (d) jam ke-72; (e) jam ke-96; (f) etanol 96%.....	26
Gambar 8 Kadar bioetanol selama periode fermentasi. Tampak kadar bioetanol meningkat secara signifikan seiring lamanya waktu fermentasi. Huruf yang berbeda di sebelah kanan angka menunjukkan nilai yang berbeda nyata ($p<0.05$) dan bar menunjukkan standar deviasi setelah dilakukan uji statistik dengan uji ANOVA dan uji Duncan pada <i>Software IBM SPSS Statistic 25</i>	27
Gambar 9 Hubungan antara kadar bioetanol, pH, dan jumlah khamir selama periode fermentasi 96 jam. Seiring waktu fermentasi kadar bioetanol meningkat, pH tampak mengalami penurunan khususnya pada akhir fermentasi jam ke-72 dan 96 yaitu 4 dan pertumbuhan khamir meningkat	

secara signifikan sampai jam ke-72, tetapi mengalami penurunan yang cukup signifikan pada jam ke-96. Bar menunjukkan standar deviasi setelah dilakukan uji statistik dengan uji ANOVA dan uji Duncan pada *Software IBM SPSS Statistic 25* 28

Gambar 10. Mekanisme Hidrolisis Selulosa dengan Enzim (Tomas *et al.*, 2011) 31



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Buah naga baik dikonsumsi karena mengandung banyak khasiat kesehatan bagi tubuh. Bagian kulit buah dapat digunakan sebagai bahan pewarna alami, permen, perawatan tubuh, dan pengawet makanan. Sedangkan, bagian batang dimanfaatkan masyarakat atau petani untuk pakan ternak (dipotong untuk menghilangkan durinya). Batang tanaman buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) mengandung antioksidan (flavonoid, tanin, dan steroid) dan vitamin C (Sri, 2014). Selain itu, dilaporkan bahwa batang buah naga mempunyai kandungan asam askorbat (Vitamin C) yang lebih tinggi dari daging buahnya (Soedjatmiko *et al.*, 2019).

Ketersediaan batang buah naga yang melimpah ketika sudah dilakukan pemangkasan menyebabkan batang buah naga menjadi limbah yang kurang dimanfaatkan secara optimal (Hasim *et al.*, 2017). Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan pada batang tanaman buah naga yang sudah tidak dimanfaatkan. Salah satu pemanfaatan yang menarik untuk dikembangkan adalah produksi bioetanol karena dalam batang buah naga mengandung selulosa, lignin dan hemiselulosa. Adapun kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa adalah 11,82%, 45,01% dan 20,35% (Rahayu, 2014).

Kebutuhan energi fosil seperti bensin, solar, batu bara semakin meningkat setiap tahunnya. Energi fosil bersifat tidak terbarukan dan menyebabkan polusi yang mengakibatkan terjadinya pemanasan global (Amheka & Tuati, 2018). Oleh sebab itu, diperlukan alternatif energi terbarukan yang ramah lingkungan. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan krisis sumber energi adalah dengan menggunakan bioetanol.

Penggunaan bioetanol menjadi pilihan utama karena mudah terurai, aman bagi lingkungan sebagai bahan bakar dan mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar minyak (BBM) di antaranya, 1) kandungan oksigen yang tinggi (35.0%) sehingga bila dibakar sangat bersih; 2) ramah lingkungan karena emisi gas karbon monoksida lebih rendah dan bersifat terbarukan; 3) proses pembakaran dengan daya yang lebih sempurna akan mengurangi emisi gas karbon monoksida (Arif *et al.*, 2016). Campuran bioetanol 3% saja mampu menurunkan emisi karbon monoksida (CO) menjadi hanya 1,3% (Prihandana, 2007). Bioetanol juga memiliki predikat *clean energy* karena dapat menurunkan produksi karbon dioksida hingga 18,0% (Edward & Riadi, 2015).

Bioetanol merupakan etanol yang diproduksi dari biomassa yang memiliki kandungan gula, pati, maupun selulosa (Prihandana, 2007). Salah satunya dari limbah batang tanaman buah naga. Menurut Rahayu (2014), beberapa zat yang terkandung pada batang buah naga yaitu selulosa, lignin, hemiselulosa, enzim, senyawa anorganik, protein, vitamin, dan saponin. Adanya selulosa pada batang buah naga ini menjadi hal yang menarik untuk

dikembangkan dalam produksi bioetanol karena jika dihidrolisis akan menghasilkan glukosa yang nantinya dapat dikonversi menjadi bioetanol.

Irhamni *et al.*, (2017) berhasil memproduksi bioetanol dari limbah kulit durian dengan kemurnian bioetanol sebesar 96.99%. Penelitian yang dilakukan Widyaningrum & Parahadi (2020) menghasilkan kadar bioetanol tertinggi dari buah naga kupas yaitu 2,46%. Penelitian yang telah dilakukan oleh Ni'mah *et al.*, (2015) mendapatkan bioetanol dari bahan baku sabut kelapa sawit dengan kadar bioetanol tertinggi sebesar 5,3053%. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Nasrun *et al.*, (2017) menggunakan ragi *S. cerevisiae* sebanyak 15 g menghasilkan rendemen bioetanol sebesar 6,234% dari bahan baku kulit pepaya. Sejauh ini, pemanfaatan batang buah naga masih sangat minim, sebatas dimanfaatkan untuk pakan ternak atau dibuang saja sedangkan jumlah limbah batang buah naga tergolong melimpah (Hasim *et al.*, 2017).

Pembuatan bioetanol dari bahan yang mengandung selulosa ini dapat dilakukan dengan beberapa proses yaitu *pretreatment*, hidrolisis dan fermentasi (Kurniasri *et al.*, 2008). Tahapan *pretreatment* bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin yang merupakan non karbohidrat, mengurangi kristalin selulosa, dan meningkatkan porositas sampel sehingga dapat meningkatkan pembentukan gula, menghindari kehilangan karbohidrat, dan mengurangi biaya produksi. (Sime *et al.*, 2017). Hidrolisis adalah tahapan mengubah polisakarida menjadi monomer sederhana atau monosakarida (Alvira *et al.*, 2010). Fermentasi merupakan proses pemecahan senyawa-

senyawa organik oleh mikroorganisme pada keadaan anaerob untuk menghasilkan suatu produk atau senyawa organik yang lebih sederhana (Madigan *et al.*, 2008).

Pada penelitian ini dilakukan terlebih dahulu *pretreatment* karena berdasarkan penelitian Sime *et al.*, (2017) dan Siswati *et al.*, (2009) dengan bahan baku yang sama yaitu limbah kulit kopi didapatkan kadar bioetanol yang berbeda. Sime *et al.*, (2017) melakukan *pretreatment* terlebih dahulu pada penelitiannya dan mendapatkan kadar bioetanol tertinggi 69,0%. Sedangkan pada penelitian Siswati *et al.*, (2009) mendapatkan kadar bioetanol terbaik sebesar 38,68% tanpa melakukan *pretreatment*. Menurut Siswati *et al.*, (2009), hal tersebut disebabkan oleh adanya lignin yang mengikat selulosa. Adanya lignin tersebut mengganggu proses hidrolisis sehingga glukosa yang didapatkan dari proses hidrolisis juga sedikit.

Hidrolisis secara enzimatik merupakan tahapan penting dalam rangka melisiskan ikatan kimia dari selulosa menjadi glukosa dengan bantuan mikroorganisme selulolitik salah satunya adalah *Trichoderma viride* (Aribowo *et al.*, 2012), yang diketahui mampu menghidrolisis selulosa pada eceng gondok selama 24 jam menghasilkan glukosa dalam jumlah yang tinggi sebesar 1.3864 mg/mL (Setyani *et al.*, 2011). Rodiah *et al.*, (2013) menyatakan bahwa hidrolisis enzimatik dari limbah agar industri menggunakan enzim selulase dari kapang *T. viride* menghasilkan total gula reduksi sebesar 6,74 mg/ml selama 4 hari.

Fermentasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Yeast ini mampu memfermentasi singkong karet (*Manihot glaziovii* Muell) secara optimum dengan kadar bioetanol yang dihasilkan 28,183% setelah 96 jam fermentasi (Arifwan *et al.*, (2016), fermentasi bonggol nanas madu menghasilkan kadar alkohol 1,883% (Amelia *et al* (2021). Menurut Azizah *et al.*, (2012), *S. cerevisiae* mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan mikroorganisme lain yang digunakan pada proses fermentasi diantaranya adalah *S. cerevisiae* lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan hidupnya, lebih tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, dan lebih mudah diisolasi.

Proses fermentasi bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH mikroorganisme, suhu, waktu, dan media (Seftian *et al*, 2012). Menurut Azizah *et al.*, (2012), lama fermentasi pada pembuatan bioetanol sangat mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi tersebut. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh Coniwanti *et al.*, (2016) mendapatkan bioetanol dari bahan dasar biji durian dengan waktu fermentasi dilakukan selama 72 jam dengan kadar bioetanol tertinggi sebesar 13,452%. Penelitian yang dilakukan oleh Hanum *et al* (2013) menghasilkan bioetanol terbaik sebanyak 18,99% pada waktu 72 jam dengan bahan baku biji durian. Begitu pula penelitian yang dilakukan oleh Anggriani *et al.*, (2020), mendapatkan bioetanol dengan waktu fermentasi terbaik pada 96 jam dengan bahan baku kulit singkong dengan kadar bioetanol sebesar 3,018%.

Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar bioetanol sangat dipengaruhi oleh waktu fermentasi bahan baku bioetanol.

B. Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana potensi limbah batang buah naga sebagai substrat produksi bioetanol?
2. Bagaimana kadar bioetanol yang dihasilkan limbah batang buah naga?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol dari limbah batang buah naga?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui potensi limbah batang buah naga sebagai substrat produksi bioetanol
2. Mengetahui kadar bioetanol yang dihasilkan limbah batang buah naga
3. Mengetahui pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol dari limbah batang buah naga

D. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi mengenai potensi limbah batang buah naga menjadi bioetanol, mengurangi jumlah limbah batang buah naga di lingkungan serta memberi informasi mengenai pemanfaatan kombinasi antara

T. viride pada proses hidrolisis dan *S.cerevisiae* pada proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Limbah batang buah naga berpotensi untuk produksi bioetanol sebab ketersediannya cukup melimpah dan dilihat dari perolehan bioetanol kasar yang dihasilkan mencapai 20%.
2. Kadar bioetanol kasar yang dihasilkan dari batang buah naga mengalami peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 20% pada jam ke-96 dibandingkan jam ke-24 sebesar 4.3%.
3. Waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring berjalannya waktu fermentasi hingga jam ke-96.

B. Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan bioetanol dengan kadar yang murni, diperlukan proses destilasi untuk menghilangkan kadar air pada bioetanol yang diperoleh.
2. Diperlukan penentuan kadar glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis.
3. Diperlukan percobaan limbah organik lainnya yang berpotensi sebagai substrat produksi bioetanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina M. R., Ratman, R., dan Said, I. (2017). Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Kulit Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 197. doi:10.22487/j24775185.2016.v5.i4.8070
- Agustian, H., & Redjeki, A. S. (2014). Pengaruh ukuran pelepah pisang dan konsentrasi katalis h₂so₄ pada proses hidrolisa terhadap konversi selulosa menjadi bioetanol. *Jurnal Konversi*. 2(3). 2252-7311
- Agustini, L dan Lisna E. 2015. Pengaruh Perlakuan Delignifikasi Terhadap Hidrolisis Selulosa dan Produksi Etanol dari Limbah Berlignoselulosa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1)Maret 2015: 69-80
- Ahmad, R. Z. (2005). Pemanfaatan Khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk Ternak. *Jurnal Wartazoa*, 15(1), 49-55.
- Alvira, P., Pejo, E., Ballesteros, M., dan Negro, M. (2010). Pretreatment Technologies for an Efficient Bioethanol Production Process Based on Enzymatic Hydrolysis: A Review *Bioresource Technology*, 101, 4851-4861. doi:10.1016/j.biortech.2009.11.093
- Amelia, F. A., Dewi, E. R. S., dan Minarti, I. B. (2021). Produksi Bioetanol dari Limbah Bonggol Nanas Madu dengan Variasi Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan *Hand Sanitizer*. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 7(2), 39–44. doi:10.26877/jitek.v7i2/nov.10000
- Amheka, A., & Tuati, N. F. (2018). Peranan Energi Alternatif Ramah Lingkungan dengan Biogas Limbah Peternakan Sapi di Wilayah Kupang NTT. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 11(2). 1–11
- Anggriani, D., Kulsum, U., dan Nurjannah, N. (2020). Pengaruh Konsentrasi Enzim Silanase dan *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong dengan Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan. *Journal of Chemical Process Engineering*, 5(2). 2655-2967.
- Aribowo, S. S., Sarjono, P. R., dan Mulyani, N. S. (2012). Aktivitas *Trichoderma viride* Fnc6013 dalam Menghidrolisis Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca* L. var. *Sapientum*) dengan Variasi Waktu Fermentasi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15(2), 53–57. doi:10.14710/jksa.15.2.53-57
- Arif, A. B., Diyono, W., Budiyanto, A., dan Richana, N. (2016). Analisis Rancangan Faktorial Tiga Ftaktor untuk Optimalisasi Produksi Bioetanol dari Molases Tebu. *Jurnal Informatika Pertanian*, 25(1). 145-154. <https://media.neliti.com/media/publications/70038-ID-none.pdf>
- Arifwan, Erwin, dan Kartika, R. (2016). Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihot glaziovii* Muell) dengan Hidrolisis Enzimatik dan Difermentasi Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Atomik*, 01(1), 10–12. <http://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JA/article/view/177>
- Ariyani, E., Kusumo, E., dan Supartono. (2013). Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (*Oryza sativa* L). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 167–172.
- Azizah, N., Al-baari, A., dan Mulyani, S. (2012). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi

- Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1(2), 72–77. <https://jatp.ift.or.id/index.php/jatp/article/view/73>
- Candra, K. I., Sarwono., dan Sarinah. (2011). Study on Bioethanol Production Using Red Seaweed *Euclima cottonii* from Bontang Sea Water. *Jurnal Pembangunan Pesisir*, 15(1), 45-50.
- Coniwanti., Florensus S., dan Yuri, P. (2016). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Variasi Masa Ragi terhadap Pembuatan Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 22, 45–53. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/913/557>
- Demirbas, A. (2005). Biodiesel Production from Vegetable Oils Via Catalytic and Non-catalytic Supercritical Methanol Transesterification Methods. *Progress in Energy and Combustion Science*, 31, 466–487. doi:10.1016/j.pecs.2005.09.001
- Edward, J., & Riardi, P. (2015). Pengaruh Waktu dan pH Fermentasi dalam Produksi Bioetanol dari Rumpul Laut *Euclima cottonii* menggunakan Asosiasi Mikroba (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus niger* dan *Zymomonas mobilis*) *Majalah Biam*, 11(2), 63-75. <https://core.ac.uk/download/pdf/230029799.pdf>
- Gunam, I. B. W., Aryanta W. R., dan Darma I. B. N. S. (2011). Produksi Selulase Kasar dari Kapang *Trichoderma viride* dengan Perlakuan Konsentrasi Substrat Ampas Tebu dan Lama Fermentasi. *Jurnal Biologi*, 15(2), 29-33. doi:10.24843/jbiounud
- Hambali, E., Suryani, A., Dadang, H., dan Hanafie, H. (2006). *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Haditjaroko, L., Syamsu, K., Meryandini, A., dan Manurung, A. J. (2014). Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Pati Singkong Racun dengan Fermentasi *Repeated-Batch* oleh *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi pada Ampas Singkong. *Jurnal Teknik Industri Pertanian*, 24(1), 20-27.
- Hafid, H. S., Rahman, N. A., Shah, U. K.M., Baharuddin, A. S., dan Arif, A.B. (2017). Feasibility of using kitchen waste as future substrate for bioethanol production : A review. *Renewable and Sustainable energy Review*
- Hanum, F., Pohan, N., Rambe, M., Primadony, R., dan Ulyana, M. (2013). Pengaruh Masa Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Bioetanol dari Biji Durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(4). 1-6.
- Hartina, F., Jannah, A., dan Muanatin, A. (2014). Fermentasi Tetes Tebu dari Pabrik Gula Pagotan Madiun menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan Bioetanol dengan Variasi pH dan Lama Fermentasi. *Alchemy*, 3(1), 93-100. doi:10.18860/al.v0i0.2907
- Hasim, H., Andrianto, D., Lestari, E. D., dan Faridah, D. N. (2017). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Sultur Buah Naga Putih (*Hylocereus undatus*) dengan Metode DPPH dan Rancimat. *Jurnal Gizi dan Pangan*, 12(3), 203–210. doi:10.25182/jgp.2017.12.3.203-210
- Hidayat, M. R. (2013). Teknologi *Pretreatment* Bahan Lignoselulosa dalam Prospek Produksi Bioetanol. *Jurnal Biopropal Industri*, 1(4), 7-10.
- Huang, H. J., Ramaswamy, S., Tschirner U. W., dan Ramarao, B. V. (2008). A review of separation technologies in current and future biorefineries.

- Separation and Purification Technology, 62, 1–21.
- Irhamni, Diana, Saudah, Mulyati, D., Suzanni, M. A., dan Ernilasari. (2017). Produksi Bioetanol dari Limbah Kulit Durian. Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA) 281–288. 5 November 2017. <http://ocs.abulyatama.ac.id/>
- Irvan, Putri, A. W., Surbakti, S. U., dan Trisakti, B. (2016). Pengaruh Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* dan Waktu Fermentasi pada Pembuatan Bioetanol dari Biji Cempedak. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 21-26.
- Jannah, A. M., & Aziz, T. (2017). Pemanfaatan Sabut Kelapa Menjadi Bioetanol dengan Proses Delignifikasi *Acid-Pretreatment*. *Jurnal Teknik Kimia*, 4(23), 59-60. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/923>
- Joni, L. S., Erina, dan Abrar, M. (2018). Total Bakteri Asam Laktat (BAL) pada Feses Rusa Sambar (*Cervus unicolor*) di Taman Rusa Aceh Besar. *JIMVET*, 2(1), 77- 85.
- Kristanto, D. (2008). *Buah Naga Pembudidayaan di Pot dan di Kebun*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Kurniasri, L., Hartati, I., dan Yulianto, M. E. (2008). Kajian Hidrolisis Enzimatis Batang buah naga Padi untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Momentum*, 4(1), 56-64. doi:10.36499/jim.v4i1.636
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., dan Parker, J. (2008). *Biology microorganism*. New Jersey: Prentice Hall International Inc.
- Malcolm, P. S. (2001). *Kimia Polimer*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Mandels, M., & Weber, J. (1969). The Production of Cellulase. *Advances in Chemistry*, 95(23), 391–414. doi:10.1021/ba-1969-0095.ch023
- Megawati. (2015). *Bioetanol Generasi Kedua*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mentari, S. N., Djangi, M. J., dan Sudding. (2017). Peran Akar Kayu Bayur (*Pterospermum* sp.) terhadap Fermentasi Nira Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Chemica*, 18(2), 90-95.
- Meyrinta, K. A., Putri, R. D., dan Fatoni, R. (2018). Pembuatan Bioetanol dari Jerami Nangka dengan Metode Fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Integrasi Proses*, 7(1), 32-38.
- Moede, F. H., Gonggo, S. T., dan Ratman. (2017). Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Pati Ubi Jalar Kuning (*Ipomea batata L*). *Jurnal Akademika Kimia*, 6(2), 86–91.
- Mosier, N., Wyman, C., dan Dale, B. (2005) Features of Promising Technologies for Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology*, 96, 673-686. doi:10.1016/j.biortech.2004.06.025
- Muin, R., Hakim, I., dan Febriansyah, A. (2015). Pengaruh Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Bioetanol dalam Proses Fermentasi Nasi Aking sebagai Substratorganik. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(21), 56-66.
- Nasrun, N., Jalaluddin, J., dan Mahfuddhah, M. (2017). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 1-10. doi:10.29103/jtku.v4i2.68
- Ni'mah, L., Ardiyanto, A., dan Zainuddin, M. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serat Kelapa Sawit Melalui Proses *Pretreatment*, Hidrolisis Asam

- dan Fermentasi Menggunakan Ragi Tape. *Jurnal Teknik*, 2(16), 8-10. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/infoteknik/article/download/206/15>
- Noviani, H., Supartono, dan Siadi, K. (2014). Pengolahan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut menjadi Bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 147–151.
- Permatasari, H. R., Gulo. F., dan Lesmini. B. (2014). Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa apus*). *Jurnal Pendidikan Kimia*, 1(2), 131-140. doi:10.36706/jppk.v1i2.1891
- Prihandana, R. (2007). *Bioenergi Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Putra, A. E., & Amran, H. (2009) Pembuatan Bioetanol dari Nira Siwalan secara Fermentasi Fase Cair menggunakan Fermipan. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(11), 20-29.
- Putra, I. N. W., Kusuma, I. G. B. W, dan Winaya, I. N. S. (2011). Proses Treatment dengan menggunakan NaOCl dan H₂SO₄ untuk Mempercepat Pembuatan Bioetanol dari Limbah Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 5(1), 64–68. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jem/article/view/2351>
- Rahayu, S. (2014). *Budidaya Buah Naga Cepat Panen*. Jakarta: Infra Hijau.
- Rodiah, N. S., Sugiyono., dan Assadad, L. (2013). Optimasi Waktu Proses Hidrolisis dan Fermentasi dalam Produksi Bioetanol dari Limbah Pengolahan Agar (*Gracilaria* sp.) Industri. *JPB Perikanan*, 8(2), 133-142. doi:10.15578/jpbkp.v8i2.57
- Roni, K. A. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Tanah Gambut dengan Proses Hidrolisis Asam Kuat. *Jurnal Berkala Teknik*, 5(1), 801-813.
- Sari, A. P., Ahmad, A., Usman, H., dan Tuwo, A. (2017). Produksi Bioetanol dari Selulosa Alga Merah dengan Sistem Fermentasi Simultan Menggunakan Bakteri *Clostridium acetobutylicum*. *Jurnal Rumput Laut Indonesia*, 2(2), 58–62. <http://journal.indoseaweedconsortium.or.id/>
- Seftian, D., Ferdinand, A., dan Faizal, M. (2012). Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 10-16.
- Setyani W. S., Sarjono, P. R., dan Mulyani, N. S. (2011). Uji Aktivitas *Trichoderma viride* dalam Hidrolisis Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Variasi Temperatur dan Waktu Inkubasi. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 14(1), 12-16. doi:10.14710/jksa.14.1.12-16
- Sime, W., Kasirajan, R., dan Latebo, S. (2017). Coffee Husk Highly Available in Ethiopia as an Alternative Waste Source for Bioefuel Production. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(7), 1874-1880.
- Siswati, N. D., Mohammad, Y., dan Hidayanto R. (2009). Bioetanol from Cofee Peel Waste With Fermentation Process. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 1-4. <http://ejournal.upnjatim.ac.id/index.php/tekkim/article/view/80>
- Soedjatmiko, H., Chrisnasari, R., dan Hardjo, P. H. (2019). The Effect of Fermentation Process on Physical and Chemical Characteristics of Pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [FAC Weber] Britton & Rose) Stem Flour. *IOP Series: Earth and Environmental Science*, 293 (1), 11-17.

- Sri Rahayu. (2014). *Budidaya Buah Naga Cepat Panen*. Jakarta: Infra Hijau.
- Sudiyani, Y., Aiman, S., dan Mansur, D. (2011). *Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif*. Jakarta: LIPI Press
- Susanti, A. D., Prakoso, P. T., dan Prabawa, H. (2013). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nanas melalui Hidrolisis dengan Asam. *Ekuilibrum*, 12(1), 11-16. doi:10.20961/ekuilibrum.v12i1.2170
- Sutarno., & Kholiq, A. M. (2018). Utilization of Robusta Coffee Waste as Renewable Energy Material Bioetanol. MATEC Web of Conferences (154). Department of Chemical Engineering Faculty of Industrial Technology Indonesian Islamic University. 7 April 2018. doi:10.1051/matecconf/201815401004
- Tribak, M., J. A. Ocampo, I., dan Romera. G. (2002). Production of xyloglucanolytic enzymes by *Trichoderma viride*, *Paecilomyces farinosus*, *Wardomyces inflatus*, and *Pleurotus ostreatus*. *Mycologia*, 94(3), 404-410. doi:10.2307/3761774
- Tomas P.E., Alvira P., dan Ballesteros M., (2011). Pretreatment Technologies for Lignocellulose to Bioethanol Conversion. *Biofuels*, 67(4), 149-176.
- Warisno., & Dahana, K. (2010). *Buku Pintar Bertanam Buah Naga*. Jakarta: Gramedia Pustaka.
- Widyaningrum, T., & Parahadi, M. (2020). Bioethanol Levels of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel with the Addition of Blend Crude Cellulase Enzyme from *Trichoderma reesei* and *Aspergillus niger*. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 5(1), 1–5. doi:10.22146/jtbb.52189
- Widyaningrum, T., & Parahadi, M. (2020). Kadar Bioetanol Kulit Mangga (*Mangifera indica*) dengan Perlakuan Enzim Selulase dari *Trichoderma reesei* dan *Aspergillus niger*. *Life Science*, 9(2), 194-203. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Wignyanto, S. & Novita. (2001). Pengaruh Konsentrasi Gula Reduksi Sari Hati Nanas dan Inokulum *Saccharomyces cerevisiae* pada Fermentasi Etanol. *Jurnal Teknologi Pertanian* 2(1): 68-77.
- Yuda, I. G. Y. W., Wijaya, I. M. H., dan Suwariani, N. P. (2018). Studi Pengaruh pH Awal Media dan Konsentrasi Substart pada Proses Fermentasi Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Tepung Biji Kluwih (*Actinocarpus communis*) dengan menggunakan *Saccharomyces cerevsiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 115-124. doi:10.24843/JRMA.2018.v06.i02.p03