

Proses Pembuatan Bioetanol Dari Buah Mangrove

Kadek Agus Dwicahyana, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, dan I Putu Lokantara
Jurusan Teknik Mesin - Universitas Udayana, Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian dilakukan guna mengeksplorasi potensi buah dari tanaman mangrove, dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* yang digunakan sebagai sumber bahan baku dalam produksi bioetanol, yang merupakan salah satu bentuk energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan. Bioetanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi dan destilasi memiliki potensi untuk digunakan sebagai campuran bahan bakar kendaraan. Dalam penelitian ini, buah mangrove diolah melalui proses fermentasi secara tertutup menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, kemudian dilanjutkan dengan destilasi bertingkat guna memperoleh etanol dengan kadar alkohol 90%, 93%, dan 95%. Proses dimulai dari pembersihan dan penghancuran buah, pengukusan, fermentasi selama tujuh hari, hingga proses destilasi. Dari hasil percobaan, diketahui bahwa tingginya kadar karbohidrat dalam buah ini mendukung penggunaannya sebagai bahan non-pangan untuk bioetanol. Pemanfaatan buah mangrove untuk bioetanol juga mendukung komitmen pemerintah dalam menurunkan emisi karbon dan mewujudkan ketahanan energi nasional.

Kata kunci: Bioetanol, Mangrove, Fermentasi, Destilasi, Energi Alternatif

Abstract

*This study is to investigate the possibility from *Bruguiera gymnorrhiza* mangrove fruit as a potential raw material for bioethanol production, an environmentally friendly and renewable alternative energy. Bioethanol produced through fermentation and distillation possibility to be used as a mixture of vehicle fuels. In this study, mangrove fruit was processed through a closed fermentation process using *Saccharomyces cerevisiae* yeast, then continued with fractional distillation to obtain ethanol with an alcohol content of 90%, 93%, and 95%. The process starts from cleaning and combining the fruit, steaming, fermentation for seven days, to the distillation process. From the test results, the high carbohydrate content in this fruit supports its use as a non-food ingredient for bioethanol. The use of mangrove fruit for bioethanol also supports the government's commitment to reducing carbon emissions and realizing national energy security.*

Keywords: Bioethanol, Mangrove, Fermentation, Distillation, Alternative Energy

1. Pendahuluan

Penggunaan energi berbasis fosil masih menjadi tulang punggung pemenuhan kebutuhan energi di berbagai negara, termasuk Indonesia [1]. Ketergantungan yang tinggi terhadap sumber fosil tidak hanya menyebabkan masalah lingkungan, tetapi juga menimbulkan permasalahan mengenai keberlanjutan energi akibat cadangan yang terbatas dan harga yang fluktuatif. Untuk mengatasi tantangan tersebut, dibutuhkan solusi energi yang bersifat ramah lingkungan serta memungkinkan untuk dikembangkan secara mandiri di tingkat lokal.

Pemerintah Indonesia berkomitmen mencapai *net zero emission* pada tahun 2060, salah satu solusi yang ditawarkan adalah pemanfaatan bahan bakar terbarukan seperti bioetanol [2]. Bioetanol merupakan jenis bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari fermentasi substrat organik yang kaya akan kandungan gula atau pati. Di Indonesia bioetanol umumnya diproduksi dari bahan pangan seperti jagung, singkong, dan tebu, namun penggunaannya dapat mengganggu ketersediaan pangan [3]. Dengan alasan tersebut, penelitian ini menggunakan buah mangrove sebagai bahan baku non-pangan yang kaya akan karbohidrat.

Jenis buah mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* memiliki potensi besar sebagai bahan baku bioetanol, namun pemanfaatannya tergolong minim.

Tanaman mangrove dikenal tumbuh dengan baik di kawasan pesisir Indonesia yang memiliki kondisi lingkungan yang sesuai dan memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi, menjadikannya cocok untuk proses fermentasi. Selain itu pemanfaatan buah mangrove tidak bersaing dengan kebutuhan pangan dan mendukung konservasi lingkungan pesisir.

Dalam penelitian ini, buah mangrove jenis *Bruguiera gymnorrhiza* diolah melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* dan proses selanjutnya adalah destilasi bertahap yang bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi alkohol dalam bioetanol. Penelitian ini diharapkan memberikan sumbangan atau manfaat dalam pengembangan energi alternatif di Indonesia, sekaligus menjadi referensi dalam pemanfaatan sumber daya alam lokal yang berkelanjutan dan tidak mengganggu sektor pangan nasional.

Terdapat topik yang akan dikaji dalam penelitian ini:

1. Apakah buah dari tanaman mangrove dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* bisa diolah menjadi bioetanol?

2. Berapa hasil yang didapatkan melalui proses fermentasi dan destilasi dari buah mangrove jenis *Bruguiera gymnorrhiza*?

Terdapat batasan masalah yang diterapkan selama pengujian ini:

1. Buah fermentasi merupakan buah tanaman mangrove jenis *Bruguiera gymnorrhiza*
2. Temperatur fermentasi dibatasi 24-32°C
3. Produksi etanol minimum 250 ml
4. Kadar alkohol yang dihasilkan minimum 5%

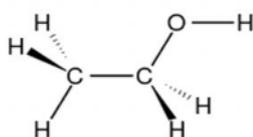
2. Dasar Teori

Hutan mangrove merupakan jenis hutan yang tumbuh subur di daerah pesisir Indonesia. Buah mangrove mengandung karbohidrat dalam jumlah yang tinggi [4], sehingga buah mangrove dapat dijadikan sumber utama dalam pembuatan bioetanol. Buah dari tanaman mangrove dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* memiliki kandungan karbohidrat sebanyak 32,91% [5].

Proses fermentasi etil alkohol (etanol) adalah siklus biologis yang mengandalkan organisme mikroskopis untuk mengubah bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana, seperti etanol [6].

Sepanjang tahapan fermentasi etanol, temperatur yang digunakan agar fermentasi optimal dengan suhu 32°C [7], fermentasi dilakukan secara tertutup atau tanpa oksigen [8]. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan jenis ragi yang digunakan dalam proses fermentasi yang paling efektif dalam mengubah karbohidrat menjadi etanol, mikroorganisme ini sering digunakan dalam fermentasi pembuatan bioetanol [9]. Karena setiap enzim memiliki rentang pH optimal dimana aktivitasnya paling efisien, fermentasi etanol secara optimal memiliki nilai pH 4,5-5 [10]. Untuk memperoleh hasil etanol yang maksimal atau etanol yang dihasilkan dalam jumlah terbanyak dari bahan baku yang digunakan, diperlukan konsentrasi gula didalam larutan sebesar 18% [11]. Penggunaan mikroorganisme jenis *Saccharomyces cerevisiae* memiliki batas toleransi etanol yang dihasilkan sekitar 10-14% dalam kondisi fermentasi yang normal [12].

Etanol (C₂H₅OH) adalah senyawa kimia yang berbentuk cair, bening, tidak berwarna, memiliki aroma khas, dan tetap dalam fase cair pada suhu kamar. Etanol memiliki sifat yang mirip dengan bahan bakar bensin karena etanol memiliki susunan hidrokarbon dengan rantai lurus [13]. Etanol yang dihasilkan dari fermentasi dapat didestilasi pada suhu 78,32°C untuk memperoleh destilat yang merupakan campuran etanol dan air, yang kemudian proses destilasi berlanjut hingga mencapai kemurnian sekitar 95% [14].



Gambar 1. Struktur Kimia Etanol

Etanol terdiri dari dua atom karbon (C), enam atom hidrogen (H), dan satu gugus hidroksil (-OH). Gugus -OH (hidroksil) terdiri dari satu atom oksigen (O) yang terikat dengan satu atom hidrogen (H), struktur ini menunjukkan bahwa etanol termasuk dalam kelompok alkohol karena adanya gugus -OH yang terikat pada atom karbon jenuh (sp³). Etanol biasanya digunakan sebagai pelarut dalam industri dan laboratorium, bahan bakar alternatif, minuman beralkohol, dan digunakan sebagai disinfektan atau antiseptik.

3. Metode Penelitian

3.1 Peralatan dan Material Penelitian

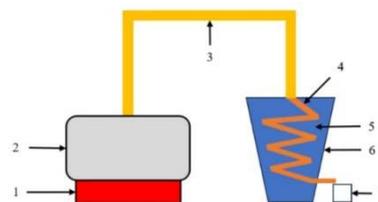
Pembuatan bioetanol membutuhkan buah mangrove jenis *Bruguiera gymnorrhiza* sebanyak 15 kg, air bersih 15 liter, air gula 3 liter (18% larutan), dan 0,42 kg ragi. Alat-alat yang digunakan meliputi baskom, timbangan digital, blender, panci, timbangan digital, toples fermentasi, dan alat destilasi.

3.2 Prosedur Pembuatan Bioetanol

1. Buah mangrove dicuci bersih, dihaluskan, kemudian dikukus
2. Setelah didinginkan pada suhu ruangan, buah dimasukkan kedalam toples fermentasi
3. Tambahkan air bersih, air gula, ragi, dan aduk hingga merata
4. Tutup rapat dan fermentasi dilakukan selama 7 hari
5. Setelah fermentasi selesai, cairan didestilasi untuk meningkatkan kadar alkohol hingga 90%, 93%, dan 95%

3.3 Destilasi

Destilasi adalah proses pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih komponen-komponennya. Campuran cair dimasukkan ke dalam bejana pemanas, lalu dipanaskan. Etanol memiliki titik didih lebih rendah (78,3°C) dibandingkan dengan air (100°C), etanol menguap lebih dahulu. Uap etanol dialirkan melalui pipa menuju kondensor, lalu didinginkan dengan air sehingga mengembun menjadi cairan. Cairan etanol ini kemudian ditampung, sementara air dan komponen lain tertinggal di bejana.



Gambar 2. Alat Destilasi Sederhana

Keterangan:

1. Kompor induksi
2. Panci presto
3. Selang air panas
4. Selang Tembaga
5. Air mengalir

6. Ember
7. Tempat hasil destilasi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kandungan Mangrove

Tabel 1. Kandungan Dalam Buah Mangrove Jenis *Bruguiera gymnorrhiza*

Kandungan Mangrove	Jumlah (%)
Kandungan air	62,9
Kandungan abu	1,3
Kandungan lemak	0,8
Kandungan protein	2,1
Kandungan karbohidrat	32,9

Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa buah dari tanaman mangrove dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* mengandung kandungan protein yang sedikit, namun memiliki kandungan karbohidrat yang cukup tinggi. Bahan baku dengan karbohidrat tinggi sangat cocok digunakan sebagai pembuatan bioethanol, karena karbohidrat dapat langsung difermentasi menjadi etanol oleh mikroorganisme. Fermentasi buah dari tanaman mangrove dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* dilakukan untuk mengubah kandungan gula pereduksi (diperoleh dari karbohidrat) menjadi etanol oleh mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* yang terkandung didalam ragi.

Untuk meningkatkan kadar alkohol didalam larutan, maka diperlukan proses destilasi berlanjut. Proses destilasi merupakan proses yang mengekstrasi etanol dari campuran yang terbentuk setelah fermentasi, sehingga mendapatkan etanol murni. Proses destilasi menggunakan kontrol suhu 78–80°C, hal ini bertujuan untuk menguapkan etanol tanpa menguapkan air yang terkandung didalam larutan fermentasi.

4.2 Hasil Pembuatan Bioetanol

Dari hasil fermentasi selama 7 hari buah tanaman mangrove dengan jenis *Bruguiera gymnorrhiza* bisa menghasilkan etanol dengan kadar alkohol awal 10% sebanyak 15.000 ml. Hasil fermentasi selanjutnya dilakukan destilasi berlanjut untuk meningkatkan kadar alkohol menjadi 90% sebanyak 600 ml, 93% sebanyak 450 ml, dan 95% sebanyak 270 ml.

Tabel 2. Hasil Proses Fermentasi dan Destilasi Etanol dari Buah Mangrove

Kadar alkohol awal 10%	Kadar Alkohol 90%	Kadar Alkohol 93%	Kadar Alkohol 95%
15.000 ml	600 ml	450 ml	270 ml

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai proses pembuatan bioetanol dengan buah mangrove, dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Buah tanaman mangrove dari jenis *Bruguiera gymnorrhiza* dapat digunakan sebagai sumber pembuatan bioethanol, sehingga bisa digunakan sebagai pertimbangan energi yang ramah

lingkungan dimasa depan tanpa mengganggu produksi pangan.

2. Kadar alkohol awal yang dihasilkan 10% sebanyak 15.000 ml, didestilasi menjadi 90% sebanyak 600 ml, 93% sebanyak 450, dan 95% sebanyak 270 ml. Semakin tinggi kadar alkohol, makan semakin efektif dan efisien etanol tersebut digunakan sebagai campuran bahan bakar, karena kandungan air yang lebih rendah memungkinkan proses pembakaran berlangsung lebih sempurna, menghasilkan energi panas yang lebih tinggi, serta mengurangi risiko korosi atau kerusakan pada komponen mesin. Etanol berkadar tinggi juga lebih mudah bercampur dengan bensin, membentuk campuran bahan bakar yang stabil dan ramah lingkungan, sehingga meningkatkan performa mesin sekaligus mengurangi emisi gas buang.

Daftar Pustaka

- [1] H. Tjiwidjaja dan R. Salima, “Dampak Energi Fosil Terhadap Perubahan Iklim Dan Solusi Berbasis Energi Hijau,” *Jurnal Wilayah, Kota dan Lingkungan Berkelanjutan*, vol. 2, no. 2, pp. 166–172, 2023.
- [2] M. N. Nasir and K. S. Bengi, “The energy mix dilemma in Indonesia in achieving net zero emissions by 2060,” *ASEAN Natural Disaster Mitigation and Educatio Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 99–113, 2024.
- [3] I. P. G. K. Y. Yasa, A. D. Dwipayana, and I. G. B. W. Kusuma, “Analysis of motor vehicle performance by using bioethanol from sorghum,” *AIP Publishing*.
- [4] U. Amalia, Y. S. Darmanto, and L. Rianingsih, “Chemical Characteristics of Fish Nugget with Mangrove Fruit Flour Substitution,” *Aquatic Procedia*, vol. 7, pp. 265–270, 2016.
- [5] Helmy, A. M. Jacob, dan P. Suptijah, “Analisis jaringan tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dan pemanfaatannya sebagai bahan baku pembuatan bioetanol,” *Bonorowo Wetlands*, vol. 2, no. 2, pp. 66–73, December 2012.
- [6] S. Tanprasert, C. Kamsuwan, P. Nimmanterdwong, R. Piemjaiswang, K. Saencharee, T. Pumchupol, and B. Chalermainsuwan, “Effect of raw material structural composition on the fermentation process of ethanol production,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 174–179, 2023.
- [7] M. Kumar, D. Prasad, B. S. Giri, and R. S.

Singh, “Temperature control of fermentation bioreactor for ethanol production using IMC-PID controller,” *Biotechnology Reports*, vol. 22, p. e00319, 2019.

- [8] J. D. Duncan, H. Devillers, C. Camarasa, M. E. Setati, and B. Divol, “Oxygen alters redox cofactor dynamics and induces metabolic shifts in *Saccharomyces cerevisiae* during alcoholic fermentation,” *Food Microbiology*, vol. 124, p. 104624, 2024.
- [9] M. B. Kongkeitkajorn, R. Yaemdeeka, I. Chaiyota, K. Hamsupo, A. Oraintara, and A. Reungsang, “Bioethanol from Napier grass employing different fermentation strategies to evaluate a suitable operation for batch bioethanol production,” *Energy Conversion and Management: X*, vol. 12, p. 100143, 2021.
- [10] M. H. Hwang, N. J. Jang, S. H. Hyun, and I. S. Kim, “Anaerobic bio-hydrogen production from ethanol fermentation: the role of pH,” *Journal of Biotechnology*, vol. 111, pp. 297–309, 2004.
- [11] C. A. Frohman and R. M. De Orduña, “Cellular viability and kinetics of osmotic stress associated metabolites of *Saccharomyces cerevisiae* during traditional batch and fed-batch alcoholic fermentations at constant sugar concentrations,” *Food Research International*, vol. 53, pp. 551–555, 2013.
- [12] D. Stanley, A. Bandara, S. Fraser, P. J. Chambers, and G. A. Stanley, “The ethanol stress response and ethanol tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*,” *Journal of Applied Microbiology*, vol. 109, no. 1, pp. 13–24, 2010.
- [13] M. Gonchikzhapov and T. Kasper, “Thermal and chemical structure of ethanol and 2-ethylhexanoic acid/ethanol SpraySyn flames,” *Applications in Energy and Combustion Science*, vol. 15, p. 100174, 2023.
- [14] B. Waluyo, I. N. G. Wardana, L. Yuliati, and M. N. Sasongko, “The role of molecule cluster on the azeotrope and boiling points of isooctane-ethanol blend,” *Fuel*, vol. 215, pp. 178–186, 2018.



Kadek Agus Dwicahyana, Singaraja, 01 Juli 2003, menyelesaikan studi SMA di SMAN 2 Kuta pada tahun 2021, kemudian melanjutkan program sarjana di Universitas Udayana Program Studi Teknik Mesin angkatan 2021 dan mengambil bidang ilmu Konversi energi