

Pengaruh Jenis Asam Hidrolisis terhadap Karakteristik Bioetanol dari Ubi Gadung (*Dioscorea hispida Dennst*) (Effect of Acid Type in the Hydrolysis Process on the Characteristics of Bioethanol from Yam Tuber (*Dioscorea hispida Dennst*))

Dwi Kurniyawan¹⁾, Sigit Mujiarto^{2)*}, Nur Hayati³⁾.

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tidar
E-mail: ¹⁾dwikurniyawan14@gmail.com, ²⁾sigitmujiarto@untidar.ac.id,
³⁾nurhayati@untidar.ac.id

Abstrak

Bioetanol, bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari energi terbarukan, dibuat dari biomassa berpati, termasuk ubi gadung (*Dioscorea hispida Dennst*). Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana jenis asam mempengaruhi proses hidrolisis terhadap sifat bioetanol yang dihasilkan dari ubi gadung. Produksi bioetanol terdiri dari tahap persiapan, hidrolisis asam dengan H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl dalam konsentrasi 1 M, fermentasi dengan ragi tape, destilasi, dan dehidrasi dengan zeolit alam. Karakteristik bioetanol yang dianalisis termasuk kadar etanol, densitas, viskositas, dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis asam hidrolisis yang berbeda memengaruhi sifat bioetanol yang dihasilkan. Dengan hidrolisis asam H_2SO_4 , bioetanol memiliki karakteristik terbaik dibandingkan HNO_3 dan HCl . Ini ditunjukkan oleh kadar etanol tertinggi sebesar 43%, densitas terendah sebesar 0,9363 g/ml, nilai kalor tertinggi sebesar 1577 kcal/kg, dan viskositas tertinggi sebesar 1,973 cSt. Namun, untuk meningkatkan kualitas produk, proses harus dioptimalkan lebih lanjut.

Kata Kunci: bioetanol, ubi gadung, hidrolisis asam, energi terbarukan, karakteristik bioetanol

Abstract

Bioethanol, an alternative fuel produced from renewable energy, is made from starchy biomass, including yam (*Dioscorea hispida Dennst*). The purpose of this study was to see how the type of acid affects the hydrolysis process on the properties of bioethanol produced from yam. Bioethanol production consists of preparation stages, acid hydrolysis with H_2SO_4 , HNO_3 , and HCl in 1 M concentration, fermentation with yeast tape, distillation, and dehydration with natural zeolite. The characteristics of bioethanol analyzed include ethanol content, density, viscosity, and calorific value. The results showed that different types of hydrolysis acids affect the properties of the produced bioethanol. With H_2SO_4 acid hydrolysis, bioethanol has the best characteristics compared to HNO_3 and HCl . This is indicated by the highest ethanol content of 43%, the lowest density of 0.9363 g/ml, the highest calorific value of 1577 kcal/kg, and the highest viscosity of 1.973 cSt. However, to improve product quality, the process must be further optimized.

Keywords: bioethanol, yam, acid hydrolysis, renewable energy, bioethanol characteristics

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi rumah tangga, transportasi, dan ketenagalistrikan terus meningkat secara signifikan seiring pertumbuhan ekonomi Indonesia [1]. Untuk menjamin ketahanan energi nasional, pengembangan energi terbarukan harus segera dimulai karena ketersediaan sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui dan terus menurun [2]. Untuk mengatasi masalah ini, Pemerintah Indonesia membuat Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi yang mendorong penggunaan sumber energi terbarukan di dalam negeri untuk mengurangi ketergantungan negara pada sumber energi tak terbarukan [3].

Energi terbarukan adalah jenis energi yang dapat diperbarui secara alami dalam waktu yang lebih singkat daripada sumber energi fosil [4]. Bioetanol, yang dibuat melalui fermentasi gula sederhana adalah salah satu jenis energi terbarukan yang banyak dikembangkan sebagai bahan bakar. Negara-negara ini termasuk Brazil, yang menghasilkan bioetanol dari tebu dan Amerika Serikat, yang menghasilkan bioetanol dari jagung [1].

Ubi gadung (*Dioscorea hispida Dennst*) adalah salah satu jenis umbi-umbian yang secara alami mengandung karbohidrat dalam bentuk pati. Meskipun kadar pati ubi gadung lebih rendah daripada jenis umbi lain seperti ubi jalar atau singkong, ubi gadung memiliki keunggulan karena biasanya tidak dikonsumsi sebagai makanan, sehingga potensinya sebagai sumber bioetanol tidak sebanding dengan kebutuhan makanan. Ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa pati umbi lokal dapat digunakan sebagai sumber gula fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dari hidrolisat pati. Namun, metode yang digunakan (enzimatik atau asam) mempengaruhi jumlah bioetanol yang dihasilkan [5][6].

Proses hidrolisis biasanya digunakan untuk menghasilkan bioetanol dari bahan berpati. Tahap ini mengubah pati menjadi gula sederhana yang mikroba dapat difermentasi. Dengan menggunakan asam mineral seperti asam sulfurik dan asam hidrochlorik, hidrolisis dapat dilakukan secara kimia [7]. Setelah pH diatur, gula terlarut yang siap difermentasi dihasilkan. Beberapa penelitian ilmiah telah menyelidiki perbandingan metode hidrolisis, yang menunjukkan bahwa kondisi hidrolisis yang dipilih mempengaruhi jumlah gula terlarut dan produk samping yang terbentuk [8].

Studi yang dilakukan pada berbagai jenis biomassa, seperti tandan kosong kelapa sawit, menunjukkan bahwa kondisi hidrolisis dan variasi konsentrasi asam memengaruhi jumlah gula yang tersedia untuk fermentasi bioetanol. Ini menunjukkan betapa pentingnya memaksimalkan proses hidrolisis untuk membuat bioetanol [9]. Selain itu, penelitian eksperimental tentang hidrolisis asam pati mikroalga menunjukkan bahwa hidrolisis bersamaan dengan fermentasi yang efektif dapat menghasilkan bioetanol dari biomassa yang tidak tradisional. Ini menunjukkan betapa pentingnya penelitian tentang pengaruh jenis asam hidrolisis terhadap karakteristik produk etanol [10].

Berbagai penelitian telah membahas bagaimana metode hidrolisis asam dapat digunakan untuk membuat bioetanol dari bahan berpati, tetapi penelitian masih sedikit yang membahas bagaimana jenis asam hidrolisis memengaruhi sifat bioetanol yang dihasilkan dari ubi gadung. Selain itu, sebagian besar penelitian lebih berkonsentrasi pada mengoptimalkan kondisi proses daripada membandingkan pengaruh jenis asam terhadap sifat fisik dan energi bioetanol. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat bagaimana beberapa jenis asam hidrolisis (H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl) mempengaruhi sifat bioetanol yang dibuat dari ubi gadung (*Dioscorea hispida Dennst*), termasuk kadar etanol, densitas, viskositas, dan nilai kalor.

2. METODE PENELITIAN

a. Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ubi gadung (*Dioscorea hispida Dennst*), akuades, ragi tape, asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3), dan asam klorida (HCl) masing-masing dengan konsentrasi 1 M, natrium hidroksida ($NaOH$) 1 M, serta zeolit alam. Peralatan utama yang digunakan meliputi fermentor, alat distilasi, pH meter, termometer, timbangan analitik, piknometer, viskosimeter, dan alat uji nilai kalor.

b. Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis asam hidrolisis (H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl). Variabel terikat meliputi kadar etanol, densitas, viskositas, dan nilai kalor bioetanol. Variabel kontrol meliputi massa pati ubi gadung (300 g), volume akuades

(3000 mL), suhu dan waktu hidrolisis (80 °C selama 60 menit), pH (4–5), jumlah ragi (15 g), waktu fermentasi (7 hari), dan suhu distilasi (78 °C).

c. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental dengan satu faktor perlakuan, yaitu jenis asam pada proses hidrolisis (H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl). Setiap perlakuan dilakukan dengan kondisi operasi yang sama untuk mengevaluasi pengaruh jenis asam terhadap karakteristik bioetanol yang dihasilkan.

d. Prosedur Penelitian

Ubi gadung diproses melalui tahap pra-perlakuan untuk memperoleh pati. Pati ubi gadung selanjutnya dihidrolisis menggunakan larutan asam H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl dengan konsentrasi 1 M pada suhu 80 °C selama 60 menit. Hasil hidrolisis disesuaikan pH-nya pada kisaran 4–5, kemudian difermentasi menggunakan ragi tape selama 7 hari dalam kondisi anaerob. Larutan hasil fermentasi didistilasi pada suhu 78 °C untuk memisahkan etanol, kemudian dilakukan proses dehidrasi menggunakan zeolit alam guna menurunkan kadar air. Bioetanol yang diperoleh selanjutnya diuji karakteristiknya meliputi kadar etanol, densitas, viskositas, dan nilai kalor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

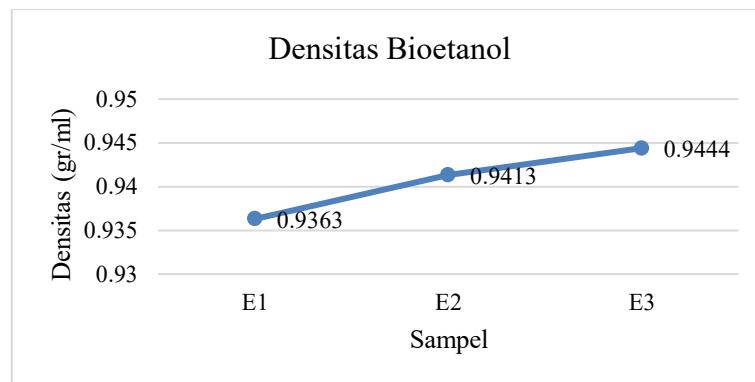
a. Hasil Produksi Bioetanol

Bioetanol dari ubi gadung (*Dioscorea hispida Dennst*) dibuat dengan menggunakan zeolit melalui proses hidrolisis asam, fermentasi, distilasi, dan dehidrasi. Volume akhir bioetanol berbeda berdasarkan jenis asam hidrolisis yang berbeda. Hasil hidrolisis H_2SO_4 (E1) menghasilkan volume bioetanol tertinggi sebesar 241 mL, diikuti oleh volume 193 mL HNO_3 (E2) dan 172 mL HCl (E3). Perbedaan volume ini menunjukkan bahwa jenis asam yang digunakan memengaruhi efektivitas proses hidrolisis pati, yang kemudian berdampak pada jumlah gula fermentabel yang tersedia selama tahap fermentasi.

b. Nilai Densitas

Gambar 1 menunjukkan nilai densitas bioetanol dari penelitian. Sampel E1 memiliki densitas terendah sebesar 0,9363 g/mL, dan sampel E3 memiliki densitas tertinggi sebesar 0,9444 g/mL. Perbedaan densitas ini terkait erat dengan kadar

etanol dan kandungan air dalam bioetanol.

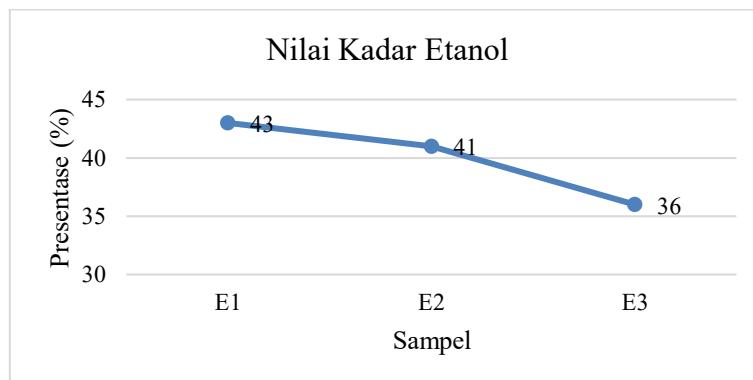


Gambar 1. Densitas Bioetanol

Densitas bioetanol dihasilkan lebih tinggi daripada bioetanol murni ($\pm 0,772$ g/mL), menunjukkan bahwa kandungan air dalam produk masih tinggi. Sampel E1 dengan densitas terendah menunjukkan kandungan etanol yang lebih tinggi daripada sampel lainnya. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa densitas bioetanol lebih tinggi dengan kandungan air tetapi kemurniannya lebih rendah. Penemuan ini sejalan dengan temuan ini [11].

c. Nilai Kadar Etanol

Hasil pengujian kadar etanol menunjukkan bahwa jenis asam hidrolisis yang berbeda memengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan. Kadar etanol paling tinggi dihasilkan oleh sampel E1 sebesar 43%, diikuti oleh sampel E2 sebesar 41% dan sampel E3 sebesar 36%. Kadar etanol yang relatif rendah dibandingkan dengan standar bioetanol bahan bakar (sekurang-kurangnya 99,5%) menunjukkan bahwa proses pemurnian masih belum mencapai tingkat yang ideal.

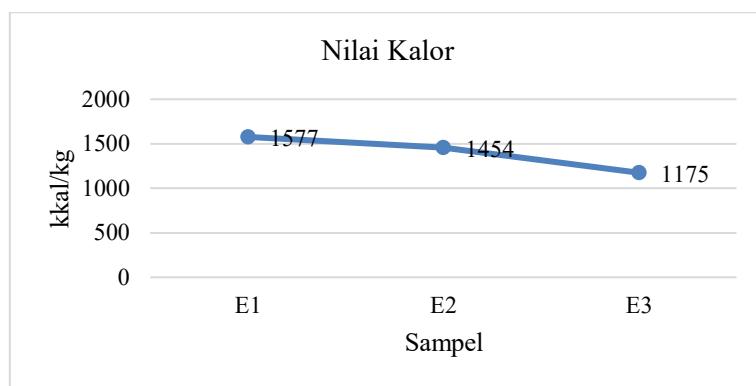


Gambar 2. Nilai Kadar Etanol

Perbedaan kadar etanol antara sampel menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan HNO_3 dan HCl , hidrolisis dengan H_2SO_4 menghasilkan gula fermentabel yang lebih tinggi. Jika suhu tidak stabil selama proses distilasi, air dapat tercampur dengan uap etanol, menurunkan kadar etanol produk. Penelitian lain juga menemukan hal yang sama. Mereka menemukan bahwa kontrol suhu distilasi adalah komponen penting dalam meningkatkan kemurnian bioetanol [12].

d. Nilai Kalor

Nilai kalor yang dihasilkan dari bioetanol menunjukkan tren yang sejalan dengan kadar etanol. Nilai kalor sampel E1 tertinggi adalah 1577 kkal/kg, diikuti oleh E2 dengan 1454 kkal/kg dan E3 dengan 1175 kkal/kg. Nilai kalor bioetanol murni dilaporkan sekitar 6380 kkal/kg, jadi nilai kalor yang diperoleh dalam penelitian ini masih agak rendah.

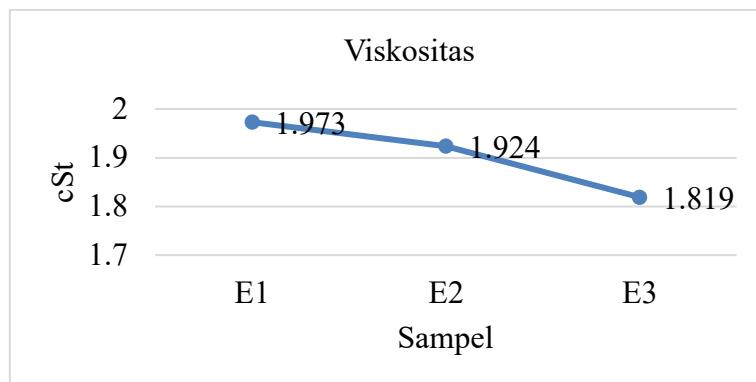


Gambar 3. Nilai Kalor

Kandungan air dalam bioetanol menurunkan nilai kalornya. Karena air tidak melepaskan energi selama pembakaran, kandungan air menurunkan nilai kalor bioetanol. Menurut hubungan linier yang ditemukan dalam penelitian ini antara kadar etanol dan nilai kalor, peningkatan efisiensi hidrolisis dan pemurnian akan berdampak langsung pada peningkatan kualitas energi bioetanol [13].

e. Nilai Viskositas

Viskositas bioetanol hasil penelitian masih lebih tinggi dari viskositas bioetanol murni ($\pm 1,523$ cSt). Sampel E1 memiliki viskositas tertinggi, sedangkan sampel E3 memiliki viskositas terendah. Nilai viskositas bioetanol yang diperoleh berkisar antara 1,819 dan 1,973 cSt.



Gambar 4. Nilai Viskositas Bioetanol Ubi Gadung

Ada hubungan antara kadar etanol dan campuran air; sampel E1 dengan kadar etanol lebih tinggi menunjukkan nilai viskositas yang lebih tinggi. Parameter viskositas sangat penting karena mempengaruhi sifat aliran bahan bakar dan kinerja sistem injeksi dalam hal penggunaan energi [14].

f. Pengaruh Jenis Asam yang Berpengaruh pada Hidrolisis

Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan bahwa jenis asam hidrolisis sangat memengaruhi sifat bioetanol yang dibuat. Jika dibandingkan dengan asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl), asam sulfat (H_2SO_4) menghasilkan bioetanol dengan lebih baik. Ini memiliki volume, kadar etanol, nilai kalor, dan karakteristik fisik yang lebih baik. Ini mungkin karena H_2SO_4 dapat memecah ikatan glikosidik pati dengan lebih baik, menghasilkan lebih banyak gula fermentabel.

4. SIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa jenis asam yang digunakan dalam proses hidrolisis memengaruhi karakteristik bioetanol yang dibuat dari ubi gadung (*Dioscorea hispida Dennst*). Proses hidrolisis yang menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) menghasilkan bioetanol dengan kualitas terbaik dibandingkan dengan asam nitrat (HNO_3) dan asam klorida (HCl). Karakteristik ini ditunjukkan oleh volume bioetanol yang lebih tinggi, densitas yang lebih rendah, kadar etanol yang lebih tinggi, nilai kalor yang lebih tinggi,

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis asam yang berperan dalam menentukan jumlah gula fermentabel dan kualitas bioetanol yang dihasilkan sangat memengaruhi seberapa efektif proses hidrolisis pati. Temuan ini memberikan dasar

ilmiah awal untuk penggunaan ubi gadung sebagai bahan baku bioetanol berbasis sumber daya lokal. Namun, karakteristik bioetanol yang diperoleh belum memenuhi standar bioetanol bahan bakar.

5. SARAN

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengoptimasi kondisi hidrolisis, membandingkan metode hidrolisis asam dan enzimatik, serta meningkatkan proses pemurnian bioetanol guna memperoleh kadar etanol yang lebih tinggi. Selain itu, analisis gula hasil hidrolisis dan penerapan replikasi serta uji statistik diperlukan untuk memperkuat validitas hasil penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Firdhaus, B. Yunianto, and Muchammad, “Analisis Karakteristik Pelet Biomassa Berbahan Dasar Kayu Dengan Campuran Zat Perekat Anorganik,” *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 187–190, 2023.
- [2] L. Arlianti, “Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial Di Indonesia,” *UNISTEK J. Keilmuan dan Apl. Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 16–22, 2018.
- [3] R. Ridlo and A. Hakim, “Model Energi Indonesia , Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia : Literatur Review,” *ANDASIH J. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2020.
- [4] M. Azhar and D. A. Satriawan, “Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional,” *Administrative Law Gov. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 398–412, 2018.
- [5] D. Maulidya and N. Khamidah, “PERBANDINGAN HIDROLISIS UBI NAGARA (IPOMEA BATATAS L) MENGGUNAKAN METODE ASAM-ENZIM DAN ENZIM-ENZIM,” *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [6] T. J. Tse and D. J. Wiens, “Production of Bioethanol — A Review of Factors Affecting Ethanol Yield,” *Fermentation*, vol. 1, pp. 1–18, 2021.
- [7] A. Kazmi, T. Sultana, A. Ali, A. Nijabat, G. Li, and H. Hou, “Innovations in bioethanol production : A comprehensive review of feedstock generations and technology advances,” *Energy Strateg. Rev.*, vol. 57, no. November 2024, p. 101634, 2025, doi: 10.1016/j.esr.2024.101634.
- [8] A. Kardiana, *Pestisida Nabati Ramuan Dan Aplikasi*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2004.
- [9] A. Ahmad, Rahmad, N. Rita, and L. Noorjannah, “Effect of acid hydrolysis on bioethanol production from oil palm fruit bunches,” *Mater. Today Proc.*, Pengaruh Jenis Asam Hidrolisis terhadap Karakteristik Bioetanol dari Ubi Gadung (*Dioscorea hispida Dennst*) (Dwi Kurniyawan, Sigit Mujiarto, Nur Hayati)

- vol. 63, pp. S276–S281, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.461>.
- [10] M. J. Scholz, M. R. Riley, and J. L. Cuello, “Acid hydrolysis and fermentation of microalgal starches to ethanol by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 48, pp. 59–65, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.10.026>.
 - [11] N. P. Putri, D. W. Ningrum, N. E. Prahana, and F. D. Oktavia, “Pemanfaatan Batang Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L.) Sebagai Bioetanol,” *J. Integr. Proses*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2018.
 - [12] W. Sehwantoro, F. Hidarti, and M. Oktivina, “Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Destilator Elektrik Sebagai Alat Destilasi Pada Proses Pembuatan Bioethanol,” *J. Sainstech*, vol. 31, no. 2, 2021.
 - [13] Egamiati, T. Rachmanto, and I. M. Mara, “Pengaruh ph dan Putaran Pengadukan Pada Fermentasi Molase Terhadap Hasil Akhir Produksi Bioetanol,” *Energy, Mater. Prod. Des.*, vol. 1, no. 2, pp. 64–71, 2022.
 - [14] H. S. Tira, I. M. Mara, Z. Zulfitri, and M. Mirmanto, “Uji Sifat Fisik Dan Kimia Bioetanol Dari Jagung (*Zea Mays L.*),” *Din. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 77–82, 2018.