

PEMBUATAN BIOETANOL DARI SARI TEBU (*Saccharum Officinarum*) DENGAN PROSES FERMENTASI

Mohammad Dimiyati dan Eko Naryono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
mohdimiyati09@gmail.com ; eko.naryono@polinema.ac.id

ABSTRAK

Bioetanol adalah bahan bakar alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan yang dapat mengurangi emisi gas hidrokarbon. Salah satu bahan baku potensial untuk produksi bioetanol adalah sari tebu. Pembuatan bioetanol dari sari tebu memiliki potensi yang tinggi, karena ketersediaan bahan baku yang melimpah. Proses produksi bioetanol dari sari tebu melalui tahapan hidrolisis dan fermentasi sukrosa menjadi glukosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh lama hidrolisis terhadap konsentrasi glukosa dan lama fermentasi terhadap konsentrasi etanol. Dalam penelitian ini, dilakukan serangkaian tahapan mulai dari proses hidrolisis sari tebu, yang diterapkan dengan variasi waktu 60, 90, dan 120 menit. Setelah proses hidrolisis selesai, sari tebu yang telah dihidrolisis menjalani fermentasi selama 60 menit, dengan dua variasi waktu fermentasi, yaitu selama 3 hari dan 7 hari. Tahap terakhir dari penelitian ini adalah proses distilasi untuk mendapatkan hasil etanol. Berdasarkan hasil penelitian, kadar glukosa dari sari tebu setelah proses hidrolisis adalah 9,5%, 4,5%, dan 3,7% pada variasi waktu 60, 90 dan 120 menit. Proses fermentasi glukosa hasil hidrolisis sari tebu dengan konsentrasi 9,5%, menghasilkan etanol dengan konsentrasi sebesar 6,66%, dan 5,89% setelah fermentasi selama 3 hari, dan 7 hari.

Kata kunci: Bioetanol, Etanol, Glukosa, Hidrolisis, Sari Tebu

ABSTRACT

Bioethanol is a renewable and environmentally friendly alternative fuel that can reduce hydrocarbon emissions. One potential raw material for bioethanol production is sugarcane juice, which holds high potential due to its abundant availability. The production of bioethanol from sugarcane juice involves stages of hydrolysis and fermentation, where sucrose is converted into glucose. This study aims to evaluate the effect of hydrolysis duration on glucose concentration and fermentation duration on ethanol concentration. In this research, a series of steps were undertaken, starting with the hydrolysis of sugarcane juice with varying durations of 60, 90, and 120 minutes. Once hydrolysis was completed, the hydrolyzed sugarcane juice underwent fermentation for 60 minutes, with two fermentation durations of 3 and 7 days. The final stage of the study involved distillation to obtain ethanol. Based on the results, the glucose content of the hydrolyzed sugarcane juice was 9.5%, 4.5%, and 3.7% for the hydrolysis times of 60, 90, and 120 minutes, respectively. The fermentation of the hydrolyzed sugarcane juice with a glucose concentration of 9.5% produced ethanol concentrations of 6.66% and 5.89% after 3 and 7 days of fermentation, respectively.

Keywords: Bioethanol, Ethanol, Glucose, Hydrolysis, Sugarcane Juice

1. PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif terbarukan. Bioetanol dapat diproduksi dari biomassa, seperti bahan limbah organik, tetes tebu, ampas tebu, kentang, singkong dan sebagainya. Bahan bakar dari bioetanol dianggap ramah lingkungan karena dapat

mengurangi emisi gas hidrokarbon [1]. Produksi bioetanol di seluruh dunia mencapai 130 miliar liter per tahun, dengan Amerika Serikat dan Brazil sebagai produsen terbesar. Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dari karbohidrat tumbuhan atau alga, seperti jagung, tebu, gandum, biomassa dengan ligno selulosa dan yang lainnya melalui fermentasi dengan bantuan mikroorganisme [2]. Bioetanol dapat diproduksi dengan mengonversi sukrosa atau monosakarida khususnya glukosa menjadi etanol dengan fermentasi menggunakan mikroorganisme. Sari tebu, *sweet sorghum*, buah bit, dan buah yang lainnya adalah sumber gula yang baik untuk digunakan sebagai bahan untuk produksi etanol [3].

Pembuatan bioetanol dari bahan baku sari tebu memiliki potensi yang sangat tinggi, terutama karena ketersediaan bahan baku yang melimpah. Produksi bioetanol dari sari tebu dapat menjadi sumber pendapatan tambahan bagi petani tebu dan masyarakat pedesaan di sekitar area pertanian tebu. Dengan demikian, pemanfaatan sari tebu sebagai bahan baku untuk produksi bioetanol tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi, tetapi juga memberikan dampak sosial yang positif bagi masyarakat pedesaan. Menurut Jingbo Li, dkk. (2012) bioetanol dari tebu menguntungkan karena memiliki potensi untuk mengurangi emisi karbon jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Pembuatan bioetanol dari sari tebu juga memiliki manfaat besar dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Tanaman tebu secara alami dapat menyerap karbon dioksida dari udara selama proses fotosintesis. Penggunaan sebagai bahan bakar menghasilkan emisi karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer jauh lebih rendah daripada bahan bakar fosil seperti bensin atau diesel. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022 luas lahan pertanian tebu di Indonesia sebesar 488.900 hektar. Selain itu Indonesia memiliki lahan yang tidak produktif atau lahan kritis dengan luas 14.006.450 hektar. Lahan ini dapat digunakan untuk budidaya tanaman tebu sehingga mencukupi selain untuk kebutuhan makanan juga bisa digunakan sebagai bahan baku etanol [4].

Proses pembuatan bioetanol terdiri dari dua tahap utama yaitu hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fermentasi glukosa menjadi etanol. Dalam pembuatan bioetanol karbohidrat berfungsi sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol karena mereka membantu proses fermentasi, yang didasarkan pada pemisahan bahan pati oleh enzim [5]. Sukrosa adalah gula yang kita kenal sehari-hari dari tebu dan tanaman lainnya. Dengan proses hidrolisis, sukrosa terurai dan menghasilkan glukosa dan fruktosa. Reaksi hidrolisis dari golongan karbohidrat, yaitu dari golongan disakarida dan polisakarida, dapat menghasilkan monosakarida. Sukrosa adalah suatu disakarida yang dapat dihidrolisis menjadi satu satuan glukosa dan satu satuan fruktosa [6]. Reaksi hidrolisis sukrosa berlangsung menurut persamaan reaksi sebagai berikut:



Reaksi antara sukrosa dan air sangat lambat. Penambahan katalis diperlukan untuk meningkatkan laju reaksi. Penambahan katalis ini meningkatkan aktivitas air, sehingga reaksi hidrolisis terjadi lebih cepat. Katalisator yang sering digunakan adalah asam sulfat, asam nitrat, dan asam klorida. Jumlah glukosa yang dihasilkan selama proses hidrolisis menentukan jumlah hasil dari etanol yang didapatkan setelah proses fermentasi [7]. Glukosa yang dihasilkan dalam proses hidrolisis kemudian difermentasi oleh ragi *Sacharomyces cerevisiae* untuk menghasilkan etanol dan CO_2 [8]. Berkat kandungan glukosanya, dapat

digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol melalui proses fermentasi. Fermentasi karbohidrat oleh ragi merupakan proses anaerob yang menghasilkan etanol dan karbon dioksida [9]. Perubahan yang terjadi selama proses fermentasi adalah:



Proses fermentasi anaerobik pada pH 4-5 menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme yang memecah glukosa menjadi etanol. Untuk memaksimalkan pertumbuhan dan reproduksi ragi, ditambahkan urea 0,5% ke dalam media sebagai nutrisi. Proses fermentasi dengan bantuan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) bertujuan untuk mengubah gula tereduksi yang terbentuk pada proses hidrolisis menjadi etanol dengan waktu fermentasi beberapa hari [10]. Penelitian ini dilakukan dengan variasi lama waktu fermentasi, yaitu 3 dan 7 hari, untuk menentukan pengaruhnya terhadap konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Dengan membandingkan hasil fermentasi pada dua durasi waktu tersebut, dapat ditentukan lama waktu fermentasi yang paling efektif untuk menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi tertinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh lama hidrolisis terhadap kadar glukosa dan lama fermentasi terhadap konsentrasi etanol. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk acuan mengembangkan proses produksi etanol dari sari tebu pada kapasitas besar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

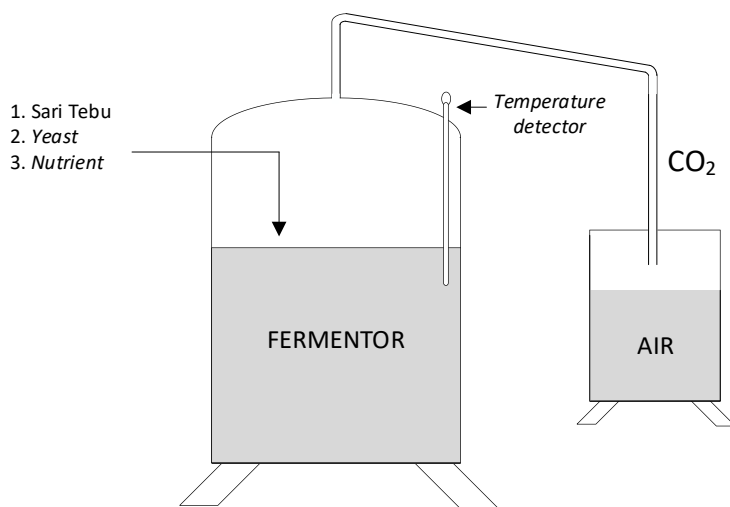
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Riset 2 dan Analisis Instrumentasi Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Eksperimen yang dilakukan terdiri dari proses hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Pada penelitian ini yang dipelajari adalah variabel waktu proses hidrolisis dan proses fermentasi sari tebu terhadap kadar glukosa dan etanol.

2.1. Tahapan Percobaan

Tahap pertama dalam pembuatan bioetanol dari sari tebu adalah proses hidrolisis, untuk mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Tebu digiling untuk memperoleh sari tebu kemudian diambil 8 liter untuk dipanaskan. Proses pemanasan dilakukan pada temperatur 90°C dan tekanan 1 atm untuk mengkondisikan reaksi hidrolisis sari tebu. Selanjutnya, ditambahkan enzim intervas yang bekerja dengan mengikat molekul sukrosa pada situs aktifnya dan memecah ikatan glikosidik yang menghubungkan glukosa dan fruktosa. Pada proses ini ditambahkan HCl 2,5 N hingga pH bahan mencapai pH 4 untuk mengatur kondisi optimal hidrolisis. Selama proses hidrolisis dilakukan pengadukan manual dengan variasi waktu lama hidrolisis selama 60, 90, dan 120 menit. Sari tebu sebelum dan sesudah hidrolisis dianalisis kandungan sukrosa dan glukosa menggunakan *hand refractometer* dan spektrofotometer UV-VIS.

Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui konsentrasi glukosa masing masing sebesar 9,5; 4,5; dan 3,7%. Sari tebu dengan kadar glukosa tertinggi digunakan untuk variasi fermentasi dengan waktu selama 3 dan 7 hari. Tahap selanjutnya ditentukan hasil proses hidrolisis dengan kadar glukosa tertinggi yaitu 9,5% dan waktu hidrolisis selama 60 menit sebagai umpan proses fermentasi. Proses fermentasi dilakukan di dalam tangki fermentor pada kondisi operasi dengan temperatur 25-30°C dan tekanan 1 atm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sebelum dilakukan fermentasi sari tebu hasil hidrolisis, di

dalam tangki fermentor dipanaskan pada 99°C pada tekanan atmosferik selama 15-30 menit untuk sterilisasi. Sebelum ditambahkan ragi *Saccharomyces cerevisiae*, sari tebu didinginkan sampai suhu 25°C agar ragi tidak mati atau kehilangan aktivitasnya dalam proses fermentasi. Tahap selanjutnya adalah menambahkan 0,2% ragi dan 0,5% *nutrient* (urea) ke dalam sari tebu umpan. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* berperan dalam penguraian glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida pada proses fermentasi sari tebu menjadi bioetanol. Urea membantu pertumbuhan dan aktivitas ragi dengan menghasilkan nitrogen dari fermentasi sari tebu menjadi bioetanol. Setelah proses fermentasi selesai selama variasi fermentasi 3 dan 7 hari, bioetanol dipisahkan menggunakan proses distilasi.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi

2.2. Tahapan Analisis

Analisa dalam pembuatan bioetanol sari tebu dilakukan dari proses awal sebelum sari tebu dilakukan proses hidrolisis, menggunakan alat *hand refractometer*. Setelah dilakukan proses hidrolisis, kandungan sukrosa dalam sari tebu akan terkonversi menjadi glukosa. Konsentrasi glukosa dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Tahap selanjutnya fermentasi untuk mengubah glukosa menjadi etanol. Kadar etanol hasil proses fermentasi dianalisa menggunakan gas kromatografi. Kondisi larutan hasil fermentasi masih keruh sehingga tidak dapat dianalisa menggunakan gas kromatografi. Untuk memisahkan etanol dari pengotor, dilakukan proses distilasi. Dari 8 liter hasil fermentasi, diambil sebanyak 400 mL untuk didistilasi. Hasil distilasi tersebut menghasilkan volume distilat sebesar 310 mL. Etanol hasil distilasi kemudian diuji menggunakan gas kromatografi untuk mengetahui konsentrasi etanol yang terbentuk dari proses fermentasi. Dalam analisa gas kromatografi dibutuhkan larutan internal standar untuk membantu pembacaan puncak kromatografi, asetonitril bertujuan untuk mengkompensasi variabilitas dalam kondisi analisis dan memungkinkan koreksi yang lebih akurat terhadap hasil akhir analisis. Persentase kadar etanol yang tertera dalam grafik gas kromatografi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi Etanol (\%)} = \frac{\% \text{ Area etanol}}{\% \text{ Area asetonitril}} \times \frac{\text{Massa asetonitril}}{\text{Massa sampel}} \times 100\% \quad (3)$$

Hasil volume distilasi diambil sampel sebanyak 0,1250 mL dan dicampurkan dengan 0,0117 mL asetonitril, kemudian dicampur hingga homogen. Larutan sampel tersebut kemudian diinjeksikan ke dalam gas kromatografi untuk analisis. Konsentrasi etanol yang hasil analisa gas kromatografi pada fermentasi selama 3 hari 6,6% dan 5,89% selama 7 hari fermentasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

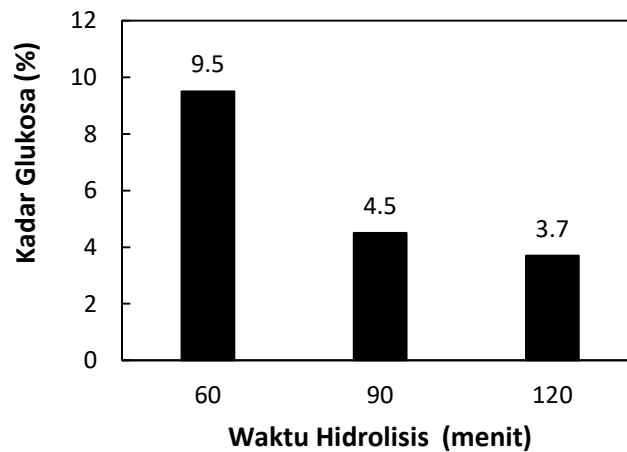
Pembuatan bioetanol dari sari tebu dengan proses fermentasi merupakan metode yang efisien dan berkelanjutan untuk menghasilkan bahan bakar alternatif. Dalam proses ini, gula dalam sari tebu diubah menjadi etanol oleh mikroorganisme seperti ragi. Tahapannya mencakup hidrolisis untuk memecah sukrosa menjadi glukosa, fermentasi untuk mengubah glukosa menjadi etanol, dan distilasi untuk memurnikan etanol yang dihasilkan. Proses hidrolisis dilakukan selama 60, 90, dan 120 menit. Hasil hidrolisis selama 60 menit menghasilkan glukosa tertinggi yaitu 9,5%, yang selanjutnya digunakan sebagai umpan fermentasi dengan variabel waktu fermentasi masing-masing selama 3 dan 7 hari.

3.1 Pengaruh Waktu Hidrolisis terhadap Pembentukan Glukosa dalam Sari Tebu

Hidrolisis asam adalah proses pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana, seperti glukosa, dengan menggunakan asam sebagai katalis. Asam kuat seperti asam sulfat dan asam klorida digunakan dalam proses ini untuk menguraikan polisakarida, seperti pati dan selulosa, menjadi gula sederhana. Proses hidrolisis asam melibatkan pemutusan ikatan karbon dalam molekul pati dan selulosa oleh asam, sehingga menghasilkan glukosa. Hidrolisis asam memiliki kelebihan dalam menghasilkan rendemen glukosa yang tinggi. Namun demikian memiliki kekurangan dalam pemakaian asam yang berbahaya bagi lingkungan [11]. Penambahan asam dapat digunakan sebagai katalisator yang berfungsi untuk mempercepat reaksi. Efektivitas hidrolisis menggunakan asam dipengaruhi oleh beberapa variabel yaitu ukuran bahan, konsentrasi asam, suhu dan waktu hidrolisis, rasio asam terhadap bahan dan pengadukan [12].

Lama waktu hidrolisis terhadap pembentukan glukosa dalam air tebu merupakan salah satu variabel yang berpengaruh pada pembentukan kadar glukosa. Semakin lama waktu hidrolisis, glukosa yang terbentuk dalam larutan semakin menurun [13]. Pada penelitian ini dipelajari variasi waktu selama 60, 90 dan 120 menit dengan temperatur 90°C dan tekanan atmosferik. Hasil analisa kadar glukosa proses hidrolisis pada variasi ketiga waktu tersebut ditunjukkan Gambar 2.

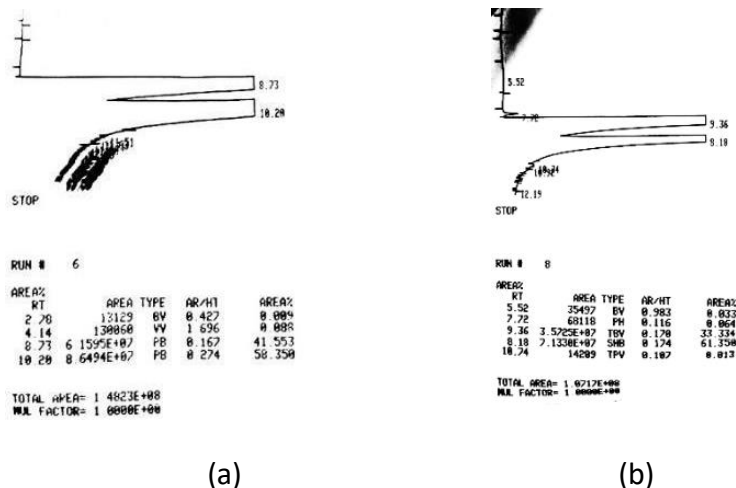
Berdasarkan Gambar 2, ditunjukkan semakin lama waktu hidrolisis, maka konsentrasi glukosa yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh degradasi glukosa menjadi dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga kadar glukosa semakin berkurang [14]. Dalam Wahyudi (2011) juga menyebutkan bahwa waktu hidrolisis yang terlalu lama menyebabkan penurunan kadar glukosa yang terbentuk [15]. Waktu hidrolisis 60 menit menghasilkan konversi sari tebu menjadi glukosa tertinggi yang mencapai 9,5%. Hal ini menunjukkan bahwa hidrolisis selama 60 menit adalah kondisi terbaik untuk memaksimalkan konversi sari tebu menjadi glukosa sebelum terdegradasi menjadi *hydroxymethyl furfural*.



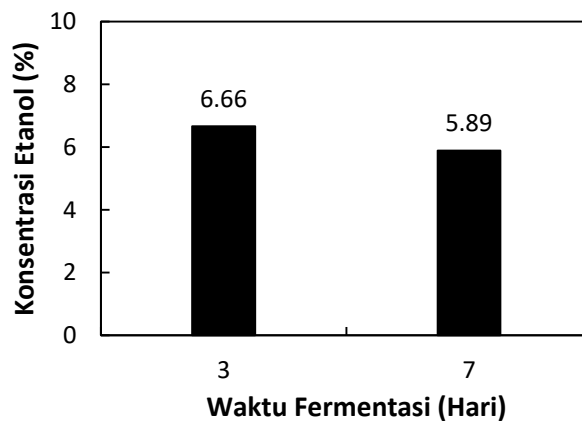
Gambar 2. Kadar glukosa pada variasi waktu hidrolisis 60, 90 dan 120 menit

3.2 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Pembentukan Etanol

Pada pembuatan bioetanol dari sari tebu, proses fermentasi yang efektif diperlukan untuk memperoleh kadar bioetanol yang tinggi. Hal utama yang dapat menghasilkan kadar etanol tinggi adalah kadar glukosa yang tinggi. Untuk itu pada penelitian ini digunakan sari tebu hasil hidrolisis selama 60 menit dengan konsentrasi glukosa 9,5% sebagai umpan proses fermentasi. Sari tebu ini kemudian dilakukan proses fermentasi dengan variasi waktu 3 dan 7 hari. Hasil analisa konsentrasi etanol proses fermentasi menggunakan GC dan perbandingan konsentrasi kedua variasi waktu fermentasi ditunjukkan Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Kadar Etanol Hasil Uji Gas Kromatografi (a) 3 hari, dan (b) 7 hari



Gambar 4. Konsentrasi etanol pada variasi waktu fermentasi 3 dan 7 hari

Berdasarkan Gambar 4, dapat ditunjukkan lama waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Pada fermentasi selama 3 hari, kadar etanol yang dihasilkan relatif tinggi, dengan konsentrasi etanol mencapai 6,66%. Hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang waktu tersebut, yeast berhasil mengonversi glukosa menjadi etanol dengan lebih baik. Pada fermentasi selama 7 hari, kadar etanol yang dihasilkan hanya mencapai 5,89%, yang menunjukkan penurunan konsentrasi etanol. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor, penurunan aktivitas yeast, akumulasi produk samping yang menghambat proses fermentasi, atau degradasi etanol oleh proses fermentasi sekunder [16]. Hasil ini mengindikasikan bahwa fermentasi yang lebih lama tidak selalu meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan, dan dalam penelitian ini, fermentasi selama 3 hari memberikan hasil yang lebih baik.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh durasi hidrolisis terhadap konsentrasi glukosa dan durasi fermentasi terhadap konsentrasi etanol dalam produksi bioetanol dari sari tebu. Hasil analisis menunjukkan bahwa hidrolisis selama 60 menit menghasilkan konsentrasi glukosa tertinggi sebesar 9,5%. Pada tahap fermentasi, durasi 3 hari memberikan hasil terbaik dengan konsentrasi etanol sebesar 6,66%, lebih tinggi dibandingkan dengan fermentasi selama 7 hari yang menghasilkan etanol sebesar 5,89%.

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mempelajari variabel temperatur dan tekanan dalam proses hidrolisis, karena hal ini dapat meningkatkan konsentrasi glukosa pada sari tebu. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diperoleh, waktu hidrolisis selama 60 menit memberikan konsentrasi glukosa optimal sebesar 9,5%, sehingga pengujian pada variasi waktu yang lebih spesifik di sekitar durasi ini bisa lebih mendalam. Selain itu, variabel waktu fermentasi yang lebih tepat perlu diteliti agar terbentuk konsentrasi etanol yang lebih tinggi, mengingat fermentasi selama 3 hari menghasilkan etanol sebesar 6,66%. Penelitian lanjutan juga dapat mengkaji potensi penggunaan bahan baku alternatif yang tersedia melimpah dan lebih ramah lingkungan untuk produksi bioetanol.

REFERENSI

- [1] L. Arlianti, "Bioetanol Sebagai Sumber Green Energy Alternatif yang Potensial di Indonesia," *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, vol. 5, no. 1, hal. 16–22, 2018.
- [2] T. J. Tse, D. J. Wiens, dan M. J. T. Reaney, "Production of bioethanol a review of factors affecting ethanol yield," *Journal Fermentation*, vol. 7, no. 4, 2021.
- [3] H. Zabed, G. Faruq, J. N. Sahu, M. S. Azirun, R. Hashim, dan A. Nasrulhaq Boyce, "Bioethanol production from fermentable sugar juice," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, hal. 2–11, 2014.
- [4] Jingbo Li, Lei Liang, Jingrong Cheng, Yunan Huang, Mingjun Zhu, dan Shizhong Liang, "Extraction of pigment from sugarcane juice alcohol wastewater and evaluation of its antioxidant and free radical scavenging activities," *Food Sci Biotechnol*, vol. 21, hal. 1489–1496, 2012.
- [5] A. Yeremia Marchelino Simanjuntak dan R. Subagyo, "Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol dengan Variasi Waktu Menggunakan Bahan (Singkong, Beras Ketan Hitam dan Beras Ketan Putih)," *Jurnal Kinematika*, vol. 4, no. 2, hal. 79–90, 2019.
- [6] G. Andaka, "Kinetika Reaksi Hidrolisis Gula dari Tetes Tebu menjadi Asam Oksalat," *Teknologi Technoscientia*, vol. 2, no. 2, hal. 1, 2010.
- [7] P. Fantika Wulandari, Z. Damul Ma, dan Dwi Hery Astuti, "Pembuatan Bioetanol dari Limbah Batang Tembakau Menggunakan Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)," *Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, vol. 07, no. 2, hal. 1–7, 2023.
- [8] D. T. Retno dan W. Nuri, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang," *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, hal. 1693–4393, 2011.
- [9] F. H. Moede, S. T. Gonggo, dan Ratman, "Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Pati Ubi Jalar Kuning," *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 6, no. 2, hal. 86–91, 2017.
- [10] S. Soeprijanto, A. Pashadiera Mellina, dan R. Fauzia, "Pemanfaatan Sari Tebu (*Saccharum officinarum*) dalam Menghasilkan Bioetanol Melalui Proses Fermentasi Utilization Of Sugarcane Juice (*Saccharum officinarum*) In Producing Bioethanol Through Fermentation," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 16, no. 2, hal. 67-72, 2022.
- [11] A. Fuadi, K. Harismah, dan A. Setiawan, "Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Banyaknya Yield (Kadar Glukosa) yang Dihasilkan Pada Proses Hidrolisis Enzimatis Dari Limbah Kertas," *Simposium Nasional*, hal. 179–185, 2015.
- [12] M. Saputra dan D. Irawan, "Pengaruh Temperatur Hidrolisis Asam dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Tetets Tebu," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 1, hal. 87–92, 2018.
- [13] W. U. Fibarzi, R. Nurlaila, F. Sirait, Sulhatun, I. Ibrahim, dan L. Hakin, "Produksi Glukosa Cair Menggunakan Metode Hidrolisis Asam Klorida dari Bahan Dasar Singkong," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 12, no. 1, hal. 49, 2023.
- [14] L. M. Shitophyta, B. S. Den Ardiansyah, dan M. R. Nendanov, "Pemanfaatan ubi jalar (*Ipomoea Babatas L.*) menjadi sirup glukosa dengan hidrolisis asam," *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 22, no. 1, hal. 45–49, 2020.

- [15] Wahyudi Jatmiko, A. W. Wibowo, Y. Rais A, dan A. Kusumawardani, "Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Glukosa Terbentuk dan Konstanta Kecepatan Reaksi pada Hidrolisa Kulit Pisang," *Universitas Pembangunan Nasional*, hal. 91–95, 2011.
- [16] S. Bahri, A. Aji, dan F. Yani, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti," *Jurnal Teknologi Kimia*, vol. 7, no. 2, hal. 85–100, 2018.