



## Pembuatan Bioetanol dari Limbah Batang Tembakau Menggunakan Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)

Pinky Fantika Wulandari, Zustah Damul Ma'rifah, Sani<sup>\*</sup>, dan Dwi Hery Astuti

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

<sup>\*</sup>Penulis korespondensi : [sani.tk@upnjatim.ac.id](mailto:sani.tk@upnjatim.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.rbaet.2023.007.02.01>

### Abstract

#### Article History

Submitted:  
February 23, 2023  
Accepted:  
June 14, 2023  
Published:  
October 31, 2023

© 2023 Universitas  
Brawijaya

*Bioethanol Production from Tobacco Sticks Waste Using Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) Processes. The abundance of tobacco stem waste causes environmental problems such as soil and air pollution due to the high levels of nicotine contained in tobacco stems. Therefore, it is necessary to utilize tobacco stem waste to reduce environmental pollution. One way is to use it as a raw material for making bioethanol. The purpose of this study was to determine the effect of fermentation time and cellulase enzyme volume on the level of bioethanol produced. This research uses the process Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) where in this process hydrolysis and fermentation are carried out in one reactor. Process Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) was carried out with variations in fermentation time for 24 hours, 48 hours, 72 hours, 96 hours, and 120 hours and variations of cellulase enzymes as much as 6 ml, 7 ml, 8 ml, 9 ml, and 10 ml. The fermented product was tested for density and ethanol content. From the research results, the best bioethanol content was obtained during fermentation for 72 hours with the addition of 10 ml of cellulase enzyme volume which resulted in a bioethanol density of 0.99569 gr/ml and an ethanol content of 18%.*

**Keywords:** bioethanol; density; enzyme; fermentation; tobacco

### Abstrak

Melimpahnya limbah batang tembakau menyebabkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran tanah dan udara karena tingginya kadar nikotin yang terkandung oleh batang tembakau. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemanfaatan limbah batang tembakau untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Salah satunya adalah dengan dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan bioetanol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi dan penambahan volume enzim selulase terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) dimana pada proses ini hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor. Proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) dilakukan dengan variasi waktu fermentasi selama 24, 48, 72, 96, dan 120 jam serta variasi penambahan enzim selulase sebanyak 6, 7, 8, 9, dan 10 ml. Produk hasil fermentasi kemudian dilakukan pengujian kadar etanol. Dari hasil penelitian didapatkan kadar bioetanol terbaik pada waktu fermentasi selama 72 jam dengan penambahan volume enzim selulase sebanyak 10 ml yang menghasilkan kadar etanol sebesar 18%.

**Kata kunci:** bioetanol; densitas; enzim; fermentasi; tembakau



## PENDAHULUAN

Tanaman tembakau merupakan salah satu komoditas perkebunan yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan, estimasi luas area tanam tembakau pada tahun 2021 diperkirakan sekitar 236.687 Ha dengan total produksi sebesar 261.011 ton per tahun [1]. Selain memiliki dampak positif sebagai sumber pendapatan bagi banyak penduduk, tembakau juga memiliki dampak negatif berupa limbah yang dihasilkan, salah satunya adalah batang tembakau. Limbah batang tembakau di Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 336.000.000 batang atau setara dengan 42 ribu ton/tahun. Keberadaan limbah batang tembakau ini sangat mengganggu keseimbangan ekosistem tanah dan lingkungan karena adanya kandungan nikotin dalam batang tembakau yang meresap ke tanah.

Batang tembakau memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Menurut Handayani, dkk, jenis batang tembakau yang ada di Nusa Tenggara memiliki kandungan hemiselulosa sebesar 22,6%, selulosa dan lignin berturut-turut sebesar 50% dan 17% [2]. Dilihat dari selulosa yang cukup tinggi, maka batang tembakau berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme [3]. Bioetanol atau etil alkohol ( $C_2H_5OH$ ) merupakan cairan bening yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzene, dan semua pelarut organik, memiliki bau khas alkohol serta terurai secara biologis (*biodegradable*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Bioetanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida ( $CO_2$ ) dan air. Sifat-sifat kimia dan fisis bioetanol sangat tergantung pada gugus hidroksil. Pada tekanan  $>0,114$  bar (11,5 kPa) etanol dan air dapat membentuk larutan azeotrop. Bioetanol secara umum banyak digunakan sebagai pelarut, germisida, minuman, bahan anti beku, bahan bakar, dan senyawa antara untuk sintesis senyawa-senyawa organik lainnya. Bioetanol sebagai pelarut banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetika, dan resin maupun laboratorium [4]. Bioetanol

merupakan bahan bakar oksigenat yang mengandung 35% oksigen yang dapat mereduksi partikulat dan emisi  $NO_x$  dari hasil pembakaran. Bioetanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah [5].

Tahapan proses pembuatan bioetanol terdiri dari proses delignifikasi, proses hidrolisis, dan proses fermentasi. Pada umumnya, proses delignifikasi dilakukan pada bahan baku yang berasal polisakarida. Tahap degradasi lignin (delignifikasi) bertujuan untuk mengurangi jumlah lignin supaya tidak mengganggu proses hidrolisis yang merupakan rangkaian pada pembuatan bioetanol. Degradasi lignin dilakukan untuk mengondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur dan ukuran dengan memecah dan menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan [2]. Proses delignifikasi dapat meningkatkan jumlah selulosa yang dikonversi menjadi glukosa, sehingga turut meningkatkan jumlah bioetanol yang diperoleh [6]. Tahap selanjutnya adalah hidrolisis. Proses hidrolisis merupakan tahap penting dalam pembuatan bioetanol, karena proses hidrolisis ini menentukan jumlah glukosa yang dihasilkan untuk kemudian dilakukan fermentasi menjadi bioetanol.

Prinsip hidrolisis pati adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa atau monosakarida yaitu glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ). Hidrolisis dengan air murni berlangsung lambat dan hasil reaksi tidak komplit, maka perlu ditambahkan katalis untuk memperbesar kereaktifan air sehingga mempercepat reaksi dan meningkatkan selektivitas. Katalisator ini bisa berupa asam (kimia) maupun enzim (enzimatik) [4]. Setelah tahapan hidrolisis pati, pembuatan bioethanol biasanya dilanjutkan dengan proses fermentasi. Dalam proses ini terjadi perombakan molekul-molekul glukosa menjadi alkohol dan  $CO_2$  dengan bantuan mikroba. Prinsip dasar fermentasi adalah mengaktifkan kegiatan mikroba tertentu untuk tujuan mengubah sifat bahan, agar dapat dihasilkan sesuatu yang bermanfaat [7]. *Saccharomyces cereviceae* mampu menghasilkan enzim zimase dan intervas. Enzim zimase berfungsi memecahkan selulosa yang masih terdapat saat

proses hidrolisis untuk mengubah menjadi glukosa, sedangkan enzim intervase yang mengubah glukosa menjadi alkohol dengan proses fermentasi [8].

Beberapa faktor harus diperhatikan selama proses fermentasi yaitu kadar enzim yang digunakan pada proses hidrolisis dan lama fermentasi. Menurut Nugrahini (2016), Penambahan jumlah dosis enzim ke dalam proses hidrolisis dapat meningkatkan hasil dan laju hidrolisis [9]. Sedangkan menurut Fitria dan Lindasari, pada proses fermentasi, waktu fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan [10]. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Namun apabila terlalu lama nutrisi di dalam substrat akan habis sehingga *Saccharomyces cereviceae* tidak dapat memproduksi alkohol.

Proses pembuatan bioetanol dengan metode SSF adalah kombinasi antara proses hidrolisis menggunakan enzim selulase dan yeast *Saccharomyces cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan. Pada proses SSF hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu reaktor [6]. Penggunaan metode SSF dapat mencegah terhambatnya kerja enzim oleh produk glukosa dan selobiosa yang selama ini menjadi kelemahan dari metode pembuatan etanol secara SHF (*Separated Hydrolysis Fermentation*). Hasil penelitian oleh Jayus, dkk tentang perbandingan pembuatan bioetanol dari kulit ubi kayu dengan proses SHF dan proses SSF, menunjukkan bahwa hasil menggunakan metode SSF mampu menghasilkan etanol lebih tinggi yaitu sebesar 2,93 g/l dengan penambahan suspensi *Aspergillus Niger* 10% v/v dan *Trichoderma Viride* 10% v/v dan waktu fermentasi lebih singkat yaitu 18 jam. Sedangkan metode SHF yang menghasilkan etanol sebesar 2,58 g/l dengan penambahan suspensi *Aspergillus Niger* 10% v/v dan *Trichoderma Viride* 10% v/v waktu fermentasi lebih lama yaitu 48 jam [11], [12]. Sehingga proses SSF lebih baik dibandingkan dengan proses SHF.

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa pemanfaatan batang tembakau sebagai bahan baku pembuatan etanol masih terbatas. Dari hasil penelitian terdahulu, waktu fermentasi dan penambahan enzim sangat mempengaruhi hasil perolehan bioetanol pada proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*). Sehingga penelitian ini berfokus pada pengaruh waktu fermentasi dan volume enzim selulase terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai

pengaruh waktu fermentasi dan volume enzim selulase terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan.

## MATERIAL DAN METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan yaitu batang tembakau varietas jinten diambil dari perkebunan di Dusun Jatisari, Lengkon, Kabupaten Nganjuk, natrium hidroksida sebagai agen pendelignifikasi, enzim selulase sebagai agen penghidrolisa, *turbo yeast* sebagai mikroorganisme yang membantu proses fermentasi, dan aquadest.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serangkaian alat delignifikasi yang terdiri dari motor pengaduk, *beaker glass*, dan *hotplate* **Gambar 1**, serta serangkaian alat fermentasi yang terdiri dari fermentor dan *orbital shaker* **Gambar 2**.

### Metode

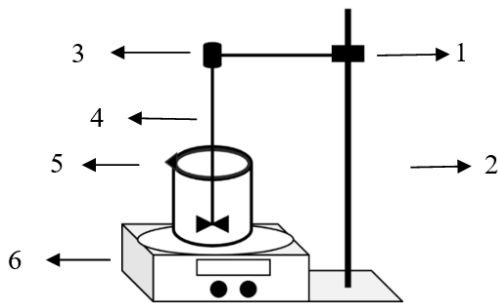
Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian skala laboratorium dengan menggunakan proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Data penelitian berupa kadar selulosa batang tembakau dan hasil analisis kadar bioetanol. Adapun tahapan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Preparasi Bahan Baku

Pada penelitian ini digunakan bahan baku berupa batang tembakau kering. Preparasi sampel batang tembakau pada penelitian ini dimulai dengan memotong batang tembakau hingga berukuran 4–6 cm. Kemudian batang tembakau dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan pengotornya. Selanjutnya batang tembakau diberi perlakuan pengeringan dengan bantuan sinar matahari selama 3 hari. Setelah itu, batang tembakau dihaluskan dengan *disk mill*. Batang tembakau yang telah dihaluskan dilakukan pengayakan dengan ayakan 60 mesh hingga didapatkan partikel yang lebih kecil [13].

#### 2. Proses Delignifikasi

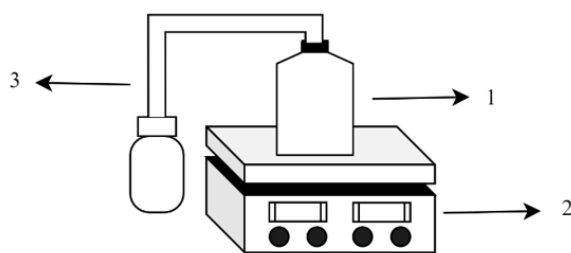
Serbuk batang tembakau sebanyak 100 gram ditambahkan 1000 ml NaOH dengan konsentrasi 20% lalu dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 105° C selama waktu 60 menit. Sebelum disaring, sampel didinginkan terlebih dahulu sampai suhu 30°C. Selulosa yang diperoleh kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral (pH 7).



**Gambar 1.** Rangkaian Alat Delignifikasi

Keterangan :

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| (1) Klem           | (4) Batang pengaduk |
| (2) Statif         | (5) Beaker Glass    |
| (3) Motor pengaduk | (6) Kompur          |



**Gambar 2.** Rangkaian Alat SSF

Keterangan :

- |                    |            |
|--------------------|------------|
| (1) Fermentor      | (3) Selang |
| (2) Orbital Shaker |            |

### 3. Proses SSF

Selulosa batang tembakau ditimbang sebanyak 15 gram, kemudian dilarutkan dalam aquadest 150 ml. Kemudian dilakukan pengukuran pH filtrat hingga didapatkan pH asam (4–5) dan dilanjutkan dengan penambahan enzim selulase dengan variasi volume enzim sebanyak 6, 7, 8, 9, dan 10 ml lalu dilakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan penambahan *Turbo Yeast* sebanyak 3 gram dan dilanjutkan proses fermentasi, dilakukan secara anaerob dengan variasi waktu fermentasi selama 24, 48, 72, 96, dan 120 jam. Hasil fermentasi dilakukan filtrasi menggunakan kertas saring. Proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan pada suhu 30°C.

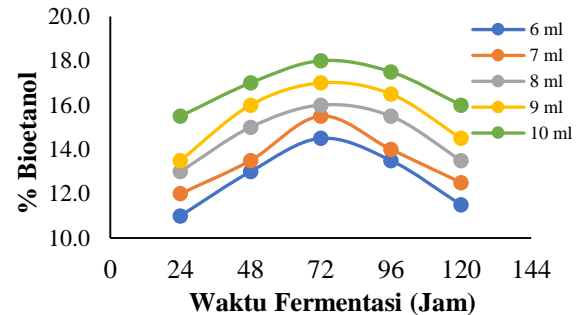
### 4. Analisis Kadar Bioetanol

Untuk mengetahui kadar bioetanol pada hasil fermentasi dilakukan pengujian kadar menggunakan refraktometer alkohol. Pengujian kadar bioetanol dilakukan dengan meneteskan sebanyak 1-2 tetes hasil fermentasi yang telah disaring pada bagian prisma biru dan di atasnya diletakkan prisma kotak serta plat penutup. Nilai kadar bioetanol dapat diketahui dengan membaca ketinggian lapisan putih

pada lensa refraktometer yang sejajar dengan skala satuan %Brix.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

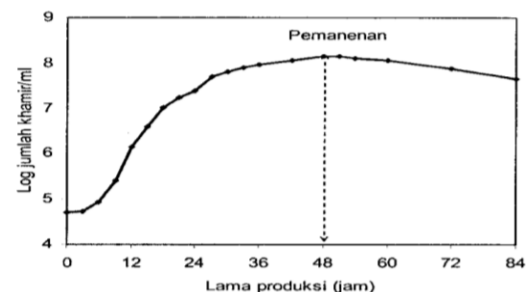
Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil yang ditunjukkan oleh **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol pada berbagai volume enzim selulase.

### Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol

Pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi 72 jam dengan volume enzim selulase sebanyak 10 ml. Selama waktu fermentasi 24 jam, 48 jam, hingga 72 jam kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami peningkatan karena *yeast* berada pada fase lag, dimana *yeast* baru mulai beradaptasi. Setelah melewati fase lag, *yeast* memasuki fase eksponensial yang mengakibatkan *yeast* mengalami pertumbuhan yang sangat cepat dan memperbanyak diri dengan memanfaatkan glukosa dari hasil sakarifikasi. Di dalam fase ini terjadi perubahan glukosa menjadi bioetanol hingga diperoleh kadar bioetanol yang tertinggi. Menurut Novelina, dkk, kurva pertumbuhan *yeast* ditunjukkan pada **Gambar 4** [14].



**Gambar 4.** Kurva pertumbuhan *yeast* [14]

Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh [15], yang menyatakan bahwa pada proses fermentasi, waktu fermentasi mempengaruhi kadar bioetanol yang

dihasilkan. Lamanya waktu fermentasi pada proses produksi bioetanol sangat mempengaruhi kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan [16].

Tetapi setelah waktu fermentasi 72 jam terjadi penurunan kadar etanol karena *yeast* mulai memasuki fase kematian, dimana nutrisi yang dibutuhkan *yeast* mulai berkurang sehingga kadar bioetanol yang diperoleh mulai menurun. Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh Mayzuhroh, yang menjelaskan bahwa terjadinya penurunan kadar bioetanol ini disebabkan oleh nutrisi yang merupakan sumber makanan mikroba mulai habis dan kemampuan dalam mengonversi glukosa menjadi bioetanol menurun [17].

### **Pengaruh volume enzim selulase terhadap kadar bioetanol**

Kadar bioetanol yang dihasilkan pada proses fermentasi juga dipengaruhi oleh volume enzim selulase. Semakin besar volume enzim selulase yang digunakan pada proses SSF maka semakin tinggi pula kadar bioetanol yang didapatkan, dimana peningkatan glukosa yang diurai menjadi bioetanol oleh *yeast* ini terjadi jika volume enzim selulase yang digunakan semakin besar. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh [6], yang menyatakan bahwa penambahan enzim dapat mempengaruhi kadar bioetanol yang diperoleh. Semakin banyak enzim yang ditambahkan maka kadar bioetanol yang dihasilkan semakin besar karena semakin banyak glukosa yang dikonversi menjadi bioetanol.

Pada hasil penelitian fermentasi bioetanol dari batang tembakau varietas jinten ini diperoleh kadar bioetanol tertinggi adalah 18% pada lama waktu fermentasi 72 jam dan volume enzim selulase 10 ml. Sedangkan kadar bioetanol terendah yang diperoleh adalah 11% pada lama waktu fermentasi 24 jam dan volume enzim selulase 6 ml. Berdasarkan hasil penelitian ini, proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) dengan bahan baku batang tembakau diperoleh kadar bioetanol yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian oleh Fitria dan Lindasari (2020) yang juga menggunakan proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) dengan bahan baku tongkol jagung [10]. Pada penelitian sebelumnya diperoleh kadar bioetanol sebesar 8% pada waktu fermentasi 72 jam dan volume enzim sebesar 11% substrat. Hal ini disebabkan karena kandungan selulosa yang terdapat pada batang

tembakau lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan selulosa pada tongkol jagung sehingga glukosa dan kadar bioetanol yang diperoleh dengan proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) juga lebih besar

### **KESIMPULAN**

Hasil terbaik pada penelitian fermentasi batang tembakau varietas Jinten melalui proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) diperoleh pada waktu fermentasi selama 72 jam dengan penambahan volume enzim selulase sebanyak 10 ml yang menghasilkan kadar etanol sebesar 18%. Pada penelitian ini diperoleh kadar bioetanol dari batang tembakau melalui proses SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan bahan baku tongkol jagung dengan kadar bioetanol yang diperoleh sebesar 8%.

### **ACKNOWLEDGMENTS**

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Direktorat Jendral Perkebunan, "Statistik Perkebunan Indonesia 2018-2021," *Secretariate of Directorate General of Estates*, 2019.
- [2] S. S. Handayani, A. Amrullah, R. Tarnanda, and B. A. Rahayu, "Proses Degradasi Lignin Pada Limbah Batang Tembakau sebagai Persiapan Produksi Bioetanol," *Jurnal Pijar Mipa*, vol. 13, pp. 140, 2018
- [3] A. Y. M. Simanjuntak and R. Subagyo, "Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dengan Variasi Waktu Menggunakan Bahan (Singkong, Beras Ketan Hitam dan Beras Ketan Putih)," *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, vol. 4, no. 2, pp. 79-90, 2019.
- [4] S. Bahri, A. Aji, and F. Yani, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 7, no. 2, pp. 85-100, 2019,
- [5] F. H. Moede, S. T. Gonggo, and R. Ratman, "Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Pati Ubi

- Jalar Kuning (*Ipomea batata* L),” *Jurnal Akademika Kimia*, vol. 6, no. 2, pp. 86-91, 2017
- [6] Z. Fadly Khaira, E. Yenie, and S. Rezeki Muria, “Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Sacharificatian and Fermentation (SSF) Dengan Variasi Konsentrasi Enzim Dan Waktu Fermentasi,” 2015.
- [7] G. P. Adi Wira Kusuma, K. Ayu Nocianitri, and I. D. P. Kartika Pratiwi, “Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fermented Rice Drink Sebagai Minuman Probiotik Dengan Isolat *Lactobacillus* sp. F213,” *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, vol. 9, no. 2, pp. 181, 2020.
- [8] T. Maryana, D. Silsia, and Budiyanto, “Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Ragi Pada Produksi Bioetanol dari Ampas Tebu,” *Jurnal Agroindustri*, vol. 10, no. 1, pp. 47-56 2020.
- [9] F. P. Nugrahini, H. Sitompul, and D. R. Putra, “Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Enzim Selulase Pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa,” *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, vol. 1, no. 1, pp. 8-16, 2016.
- [10] N. Fitria and E. Lindasari, “Optimasi Perolehan Bioetanol dari Kulit Nanas (*Ananas cosmosus*) dengan Penambahan Urea, Variasi Konsentrasi Inokulasi Starter dan Waktu Fermentasi,” *Jurnal Reka Lingkungan*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [11] J. Jayus, S. Suwasono, and I. Wijayanti, “Produksi Bioetanol Secara SHF dan SSF Menggunakan *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* dan New Aule Instant Dry Yeast pada Media Kulit Ubi Kayu,” *Jurnal Agroteknologi*, vol. 11, no. 01, pp. 61-68, 2017.
- [12] J. Jayus, A. Nafi’, and A. S. Hanifa, “Degradasi Komponen Selulosa, Hemiselulosa, dan Pati Tepung Kulit Ubi Kayu Menjadi Gula Reduksi oleh *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride*, dan *Acremonium* sp. IMI 383068,” *Jurnal Agroteknologi*, vol. 13, no. 01, pp. 34-41, 2019.
- [13] Suprihatin, Yuni K. Nur Aisyah, and Ardika N., “Isolasi Alfa Selulosa dari Limbah Batang Tembakau sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol,” *Jurnal Teknik Kimia*, 2021.
- [14] Novelina, S. T. Soekarto, B. S. L. Jenie, S. Saono, and M. T. Suhartono, “Pengeringan kemoreaksi kultur *Saccharomyces cerevisiae* dengan CaO serta pengaruh sorpsi kadar air terhadap stres dan kematian kultur kering,” *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, vol. 16, no. 1, pp. 71–81, 2005, Accessed: Oct. 27, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jtip/article/view/473>
- [15] N. Azizah, A. Al-bAARI, and S. Mulyani, “Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, pH, dan Produksi Gas pada Proses Fermentasi Bioetanol dari Whey dengan Substitusi Kulit Nanas,” *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, vol. 1, no. 2, pp. 72-77, 2012.
- [16] S. Khodijah and A. Abtokhi, “Analisis Pengaruh Variasi Persentase Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Waktu pada Proses Fermentasi Dalam Pemanfaatan Duckweed (*Lemna minor*) Sebagai Bioetanol,” *Jurnal Neutrino*, vol. 7, no. 2, pp. 71-76, 2015.
- [17] A. Mayzuhroh, “Produksi Bioetanol Menggunakan Ragi Alkohol Instan (Angel Alkohol Active Dry Yeast dan New Aule Alkohol Yeast) dengan dan Tanpa Pemberian Aerasi dan Agitasi Pada Media Molasses,” Jember, 2015.

#### **AUTHOR’S DECLARATION**

##### **Authors’ contributions and responsibilities**

All authors contribute equally.

##### **Funding**

No funding.

##### **Availability of data and materials**

All data are available from the authors.

##### **Competing interests**

The authors declare no competing interest.

**Additional information**

No additional information from the authors.