

# BIOSTEV: PEMANFAATAN AMPAS TEBU MENJADI BIOFERTILIZER, BIOETANOL, BIOGAS DENGAN METODE FERMENTASI PORTABLE MENUJU SUSTAINABLE ENERGY

Stevany Apricilia Yunizar<sup>1)</sup>, Jefri Pandu Hidayat<sup>1)</sup>, Rosa Amalia Aghata<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknologi Industri dan Proses, Teknik Kimia, Institut Teknologi Kalimantan

E-mail: [stevanyapricilia12@gmail.com](mailto:stevanyapricilia12@gmail.com)

## ABSTRAK

Bioetanol merupakan produk energi terbarukan dari reaksi fermentasi biokimia hayati yang mengandung pati, gula, selulosa, dan senyawa organik lainnya. Adapun menurut International Energy Agency (IEA) mengatakan bahwasanya pemanfaatan bioetanol sebagai bioenergi berpotensi mengurangi emisi CO<sub>2</sub> hingga 2,1 gigaton per tahun 2050, dengan catatan terus diterapkan serta dikembangkan secara stabil dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk memproduksi bioetanol dengan mengolah limbah ampas tebu kaya selulosa dengan reaksi fermentasi menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* 8%. Diawali dengan proses hidrolisis bersama larutan asam sulfat 1%, kemudian lanjut pada proses fermentasi dengan lama waktu 7 dan 14 di dalam reaktor fermentasi portable (RFP). Hasil penelitian didapatkan perolehan biofertilizer terbaik dengan nilai unsur NPK 0.47%, 0.13%, dan 0.27%, serta pH sebesar 6.3 dengan waktu fermentasi selama 14 hari. Adapun perolehan bioetanol terbaik dengan nilai etanol sebesar 22%. Perlakuan dengan variasi komposisi bahan baku dan waktu proses hingga dapat diketahui produk optimalnya secara lebih spesifik merupakan topik yang hangat untuk dilanjutkan. Implementasi pupuk organik cair hasil penelitian agar dapat dikembangkan lebih lanjut dengan respon tumbuh kembang tanaman.

Kata Kunci: ampas tebu, biofertilizer, bioetanol, energi baru terbarukan

## ABSTRACT

*Bioethanol is a renewable energy product from biochemical fermentation reactions containing starch, sugar, cellulose, and other organic compounds. According to the International Energy Agency (IEA), the use of bioethanol as bioenergy has the potential to reduce CO<sub>2</sub> emissions by up to 2.1 gigatons per year in 2050, provided that it continues to be implemented and developed in a stable and sustainable manner. This study aims to produce bioethanol by processing cellulose-rich bagasse waste with a fermentation reaction using 8% *Saccharomyces cerevisiae* bacteria. It begins with a hydrolysis process with a 1% sulfuric acid solution, then continues with a fermentation process with a duration of 7 and 14 in a portable fermentation reactor (RFP). The results of the study obtained the best biofertilizer with NPK content of 0.47%, 0.13%, and 0.27%, and a pH of 6.3 with a fermentation time of 14 days. The best bioethanol yield was obtained with an ethanol content of 22%. Treatment with variations in the composition of raw materials and processing time until the optimal product can be known more specifically is a hot topic to continue. Implementation of liquid organic fertilizer from research results so that it can be further developed with the response of plant growth and development.*

*Keyword: Bagase, biofertilizer, bioetanol, renewable energy*

## 1. Pendahuluan

Ketidakseimbangan antara penanganan limbah rumah tangga dengan jumlah timbunan di Indonesia merupakan permasalahan lingkungan yang harus segera diselesaikan. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan di sepanjang tahun 2022 Indonesia menghasilkan sekitar 19,45 juta ton timbunan sampah dengan hanya 9,06 juta ton yang dapat ditangani dan 10,39 sisanya masih tertimbun yang akan menjadi isu permasalahan lingkungan yang cukup serius. Salah satu komponen terbesar timbunan sampah yang dihasilkan yaitu limbah rumah tangga sebesar 39,63% yang didominasi oleh sampah organik, khususnya sampah sisa makanan yang mencapai 41,27%. Limbah rumah tangga termasuk jenis sampah yang cukup berbahaya jika dibuang tanpa proses pengolahan. Peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan kebutuhan hidupnya. Adapun menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2021, peningkatan jumlah penduduk sangat berbanding lurus dengan konsumsi energi di Indonesia di mana total konsumsi energi mencapai 909,24 juta barel (BOE) pada 2021. Berdasarkan sektornya, konsumsi energi untuk

transportasi menjadi yang terbesar, yakni 388,42 juta barel pada 2021 yang kemudian diikuti oleh sektor industri sebesar 317,57 juta barel dan pengguna energi untuk rumah tangga sebesar 148,99 juta barel.

Berdasarkan jenis energi, BBM (Bahan Bakar Minyak) masih merupakan sumber energi fosil yang penting bagi Indonesia dan pangsaannya semakin meningkat dari 43% pada tahun 2010 menjadi 62% pada tahun 2014. Etanol ( $C_2H_5OH$ ) merupakan salah satu alternatif sumber energi yang dapat menggantikan gasolin atau bensin ( $C_7H_{17}$ ) karena mempunyai beberapa kelebihan. Etanol mengandung angka oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin yaitu 106-111, sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan oktan bensin menjadi 91-96 (Agency, 2023). Etanol juga dapat digunakan untuk mengurangi *knocking* atau ketukan pada mesin selama proses pembakaran. Nilai entalpi penguapan pada etanol 1177 kJ/kg pada suhu 60°C, sedangkan bensin 348 kJ/kg pada suhu 60°C. Bioetanol juga lebih ramah lingkungan karena mengandung 34,7% oksigen yang tidak terdapat pada bensin, sehingga efisiensi pembakaran bioetanol 15% lebih tinggi dibandingkan dengan bensin.

Adapun limbah rumah tangga yang berasal dari hasil pertanian dan dapat diolah menjadi bioetanol adalah pelepah kelapa sawit, ampas sagu, batang jagung, ampas tebu, dan limbah tanaman hortikultura. Salah satunya limbah ampas tebu umumnya berasal dari pengolahan industri yang terdiri dari selulosa 40,3%, hemiselulosa 33,2%, dan lignin 11,2% (Hanifah, Evy and, Dra. Titik Suryani, 2016). Ketersediaan limbah pertanian yang tinggi memiliki potensi yang tinggi juga sebagai bahan baku bioetanol. Salah satunya di daerah Kalimantan Timur, produksi ampas tebu dapat mencapai 431 ton/hari (Wahyudi et al., 2021). Hal ini diketahui tingkat produksi tanaman pertanian yang tinggi sehingga dapat diperkirakan beberapa limbah yang dapat diolah menjadi biofertilizer dan bioetanol sebagai salah satu energi alternatif terbarukan. Ampas tebu pada umumnya mengandung 48% serat yang menjadikan salah satu limbah organik yang banyak digunakan pada sektor rumah tangga dengan sumber serat alam terbanyak yang terdapat di Indonesia. Selain ketersediannya yang melimpah, ampas tebu berpotensi karena memiliki sifat yang tahan kelembapan, tahan terhadap jamur, awet dan memiliki rasa manis. Dalam sebuah penelitian, hasil fermentasi ampas tebu terbukti dapat memproduksi pupuk organik cair dan bioetanol dalam suhu ruang (Amie & Nugraha, 2014).

Kajian inovasi ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan serta menemukan siklus kondisi operasi terbaik dari pengolahan dan produksi bioenergi yang bersumber dari limbah organik dengan proses fermentasi portable. Metode yang digunakan yaitu pembuatan prototipe portabel proses dan pengujian metode fermentasi dengan memasukkan limbah organik. Prinsip kerja reaktor fermentasi portable (RFP) adalah konsumen dapat memasukkan limbah organik dengan kotoran hewan ke dalam RFP melalui bak saluran masuk. Sistem ini akan menguraikan limbah dan mengubahnya menjadi biogas terbarukan, pupuk organik cair (POC), dan bioetanol. Limbah organik yang ada di Indonesia saat ini telah menjadi topik permasalahan yang cukup serius dan dapat mencemari lingkungan baik air, tanah, maupun udara. Tumpukan sampah yang mengganggu kesehatan dan juga keindahan lingkungan merupakan jenis pencemaran yang dapat digolongkan dalam degradasi lingkungan yang bersifat sosial. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan adalah masalah pembuangan dan juga pengelolaan dari sampah tersebut. Sampah merupakan bahan buangan dari aktivitas manusia yang merupakan bahan yang sudah tidak dapat digunakan lagi (Nazurahani et al., 2022). Sampah dan pengolahannya kini menjadi masalah yang semakin mendesak di kota maupun pedesaan, sebab apabila tidak dilakukan penanganan yang baik akan mengakibatkan terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan yang tidak diharapkan sehingga dapat mencari lingkungan. Menurut Keputusan Dirjen Cipta Karya, nomor 07/KPTS/CK/1999: Juknis Perencanaan, Pembangunan dan Pengelolaan Bidang Ke-PLP-an Perkotaan dan Perdesaan, sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan zat anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan.

Terkait dengan permasalahan energi serta juga permasalahan emisi gas rumah kaca, pengembangan bioenergi dapat menjadi alternatif solusinya. Keuntungan dari penggunaan bioenergi dapat mengurangi emisi  $CO_2$  yang dapat mengakibatkan gas rumah kaca di seluruh siklus hidup bioenergi. Adapun menurut International Energy Agency (IEA) mengatakan bahwasanya penggunaan bioetanol sebagai bioenergi dapat mengurangi emisi  $CO_2$  hingga 2,1 gigaton per tahun 2050 yang akan mendatang, namun jika dikonsumsi dan terus dikembangkan secara stabil (Brinkman et al., 2019). Sehingga dari permasalahan tersebut, pengembangan tentang bioenergi sangat besar memiliki peluang dalam menurunkan permasalahan tersebut, mulai dari pencemaran lingkungan, emisi  $CO_2$ , gas rumah kaca, bahkan pengembangan bioenergi juga dapat memberikan keuntungan lain dimana bahan utamanya adalah sampah organik yang berasal dari sisa aktivitas manusia dapat diproses menjadi biofertilizer dan bioetanol yang bermanfaat bagi kelangsungan hidup manusia.

## 2. Metode Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu yang merupakan komoditi pertanian paling banyak dikembangkan di Indonesia sebagai sumber pangan maupun industri. Bahan baku tersebut akan difermentasikan dengan beberapa bahan tambahan seperti ragi tape, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ),  $H_2O$  (Aquadest), dan EM4. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah digester, labu ukur, npk meter, gelas ukur, pH meter, dan spektrofotometer.

Menurut Anisah (2014) jumlah limbah organik dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

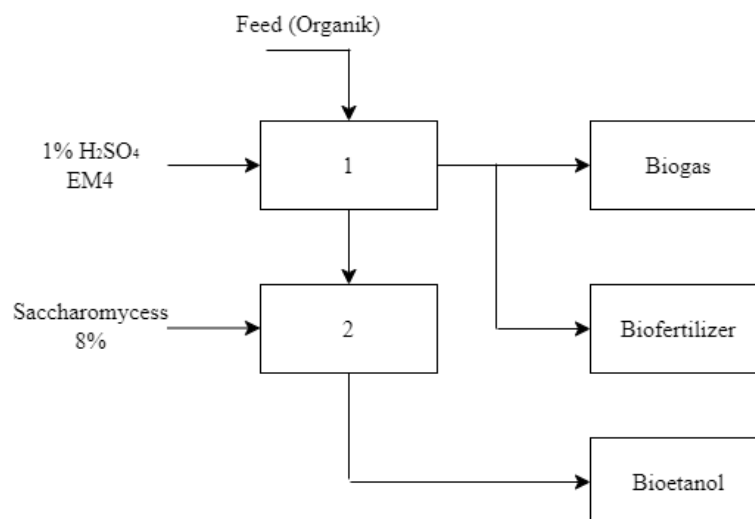
Jumlah limbah organik =  $65\% \times$  jumlah limbah yang ada. Sedangkan potensi bioetanol dari limbah organik adalah:

$$\text{Jumlah bioetanol} = \% \text{Potensi bioetanol} \times \text{Jumlah limbah organik.}$$

Tahap preparasi ampas tebu dilakukan dengan dikeringkan dalam suhu  $105^\circ C$  selama 1 jam kemudian ampas tebu dihancurkan sampai berbentuk kecil-kecil dan setelah itu disimpan dalam plastik kedap udara agar tidak mempengaruhi kandungan air dan komposisi senyawa di dalamnya. Ampas tebu sebanyak 1 kg dimasukkan kedalam digester atau RFP (Reaktor Fermentasi Portable) kemudian ditambahkan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 1% untuk media proses hidrolisis. Selanjutnya digester berisi sampel dibiarkan selama 1 jam dengan suhu ruang. Setelah itu campuran limbah kotoran (EM4) ke dalam RFP. Sistem ini akan menguraikan limbah dan mengubahnya menjadi biogas terbarukan yang dapat digunakan untuk memasak. Selain hasil dari penguraian atau fermentasi dari limbah tersebut menjadi biogas, pencampuran limbah cair yang diproses sekitar 1 hingga 4 minggu tersebut juga dapat digunakan menjadi pupuk organik cair (POC) yang kaya mengandung semua elemen penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat. Bioetanol didapatkan dari filtrat hasil dari fermentasi limbah organik yang kemudian direaksikan dengan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* 8%. Bioetanol hasil fermentasi kemudian dipisahkan dari padatan sehingga didapatkan bioetanol. Proses ini dilakukan dengan difermentasikan dalam keadaan anaerob dengan variasi waktu 1 sampai 14 hari pada suhu  $30^\circ C$ . Adapun variabel terikat berupa nilai bioetanol, unsur NPK, dan pH

### A. Teknologi Pengolahan Biofertilizer dan Bioetanol

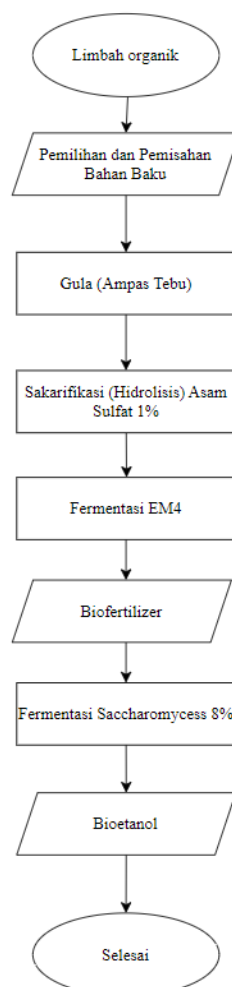
Metode yang digunakan adalah pembuatan prototipe reaktor fermentasi portable dengan memasukkan limbah ampas tebu untuk dilakukan uji proses fermentasi. RFP terdiri dari site penampungan hasil limbah biogas, filtrat biofuel biogas, pupuk organik cair (POC), saluran masuk dan keluar limbah, serta saluran pembersihan reaktor terhadap tiga jenis bioenergi yang dihasilkan. Prinsip kerja reaktor fermentasi portable (RFP) adalah konsumen dapat memasukkan limbah organik kedalam RFP kedalam bak saluran masuk. Setelah itu, masukkan kembali campuran asam sulfat encer ( $H_2SO_4$ ) 1% dengan tujuan mempercepat proses hidrolisis. Setelah itu campuran limbah kotoran (EM4) ke dalam RFP. Sistem ini akan menguraikan limbah dan mengubahnya menjadi biogas terbarukan yang dapat digunakan untuk memasak. Selain hasil dari penguraian atau fermentasi dari limbah tersebut menjadi biogas, pencampuran limbah cair yang diproses sekitar 1 hingga 2 minggu tersebut juga dapat digunakan menjadi pupuk organik cair (POC) yang kaya mengandung semua elemen penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat. Bioetanol didapatkan dari filtrat hasil dari fermentasi limbah organik yang kemudian direaksikan dengan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* 8% Bioetanol hasil fermentasi kemudian dipisahkan dari padatan sehingga didapatkan bioetanol.



Gambar 1 Proses Flow Diagram

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dampak pengembangan bioetanol dari limbah organik terhadap lingkungan hidup dapat dianalisis dengan menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)*. LCA adalah metode pengukuran dampak suatu produk terhadap ekosistem yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi, mengukur, menganalisis dan menakar besarnya konsumsi energi dan bahan baku, emisi serta faktor-faktor lainnya yang berkaitan dengan produk sepanjang siklus hidupnya.



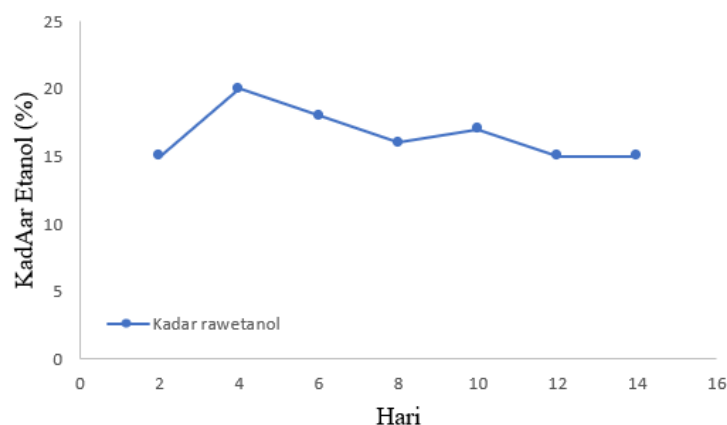
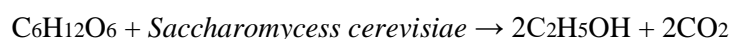
Gambar 2 Alur Proses

Analisis efek penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif terhadap lingkungan, salah satunya dilakukan oleh Guerrero dan Munoz (2018) yaitu LCA pada penggunaan campuran bensin dan bioetanol dari limbah pisang sebagai bahan bakar dibandingkan dengan bensin murni. Adapun dibawah ini adalah tahapan proses awal pengolahan limbah organik hingga menjadi bioetanol.

Dalam pengaruh perubahan lingkungan, penggunaan 1 MJ bioetanol menghasilkan 0,031 kg CO<sub>2</sub>, berbeda dengan 1 MJ bensin biasa yang menghasilkan 0,072 kg CO<sub>2</sub> (Agency, 2023). Berdasarkan temuan analisis, penggunaan bioetanol tidak hanya dapat mengurangi perubahan iklim, pembentukan oksidan, pembentukan materi partikulat, dan penipisan fosil, tetapi meningkatkan pengasaman terestrial dan eutrofikasi air tawar (Susmiati, 2018).

### A. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Nilai Bioetanol

Proses fermentasi suatu bioetanol dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain waktu fermentasi dan jumlah konsentrasi *Saccharomyces* yang tambahkan. Proses fermentasi merupakan proses penguraian glukosa menjadi etanol dan karbondioksida secara anaerob menggunakan bantuan mikroba pada *Saccharomyces cerevisiae*. Sehingga terdapat reaksi yang terjadi pada proses fermentasi bioetanol tersebut.



Gambar 3 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Nilai Bioetanol

Dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi selama rentang waktu 2-14 hari. Secara umum mengalami peningkatan pada hari ke-4, penurunan pada hari ke-8, peningkatan kembali pada hari ke-10 dan terakhir penurunan pada hari ke-14. Nilai etanol terbaik diperoleh pada waktu 4 hari sebesar 20%. Hal ini sesuai dengan teori (Susmiati, 2018) bahwa semakin lama waktu fermentasi maka jumlah mikroba yang dibutuhkan semakin tinggi. Meningkatnya jumlah mikroba akan berdampak pada jumlah polisakarida (karbohidrat) yang akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Contohnya yaitu yield alkohol yang dihasilkan semakin tinggi. Proses ini akan berhenti jika nilai alkohol sudah meningkat drastis hingga tidak dapat diterima lagi oleh mikroba. Disisi lain menurut Sari et al (2008), menyatakan bahwa lama fermentasi yang paling optimal untuk proses pembuatan bioetanol adalah 3 hari. Jika fermentasi dilakukan lebih dari 3 hari, maka nilai alkoholnya akan berkurang signifikan. Berkurangnya nilai alkohol disebabkan karena perubahannya menjadi senyawa organik lain contohnya ester.

### B. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Unsur NPK Biofertilizer

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan nilai NPK yang terdapat didalam biofertilizer yang dihasilkan terhadap lama waktu fermentasi yakni 7 sampai 14 hari. Dalam proses fermentasi pupuk organik cair menggunakan larutan EM<sub>4</sub> yang kaya mengandung banyak nutrisi. Gambar 4 menunjukkan perolehan nilai unsur NPK terhadap lama waktu fermentasi.

Dari rentang waktu 2 sampai 6 hari hasil fermentasi EM<sub>4</sub> terhadap limbah organik menghasilkan unsur nitrogen terbaik di hari ke-6 sebesar 0.48%, unsur kalium sebesar 0.27%, dan unsur posfor sebesar 0.17%. Sesuai dengan pendapat (Ali, Farida et al., 2018) yang menyatakan bahwa larutan EM<sub>4</sub> merupakan jenis bakteri yang telah diseleksi sebelumnya untuk tujuan komersil. Larutan EM<sub>4</sub> yang dipilih memiliki

kemampuan memfermentasi gula dengan baik di dalam sampel dan dapat tumbuh dengan cepat. Sehingga dengan menggunakan larutan EM4 hasil pupuk organik cair yang dihasilkan dapat dilakukan dengan waktu yang optimal. Namun, pupuk organik cair dari limbah organik yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan minimal nilai NPK yakni 3-6% sesuai dengan Peraturan Menteri Pertanian N0.70 Tahun 2011.

Tabel 1 Nilai Unsur NPK (%) Terhadap Waktu 1 Minggu

Sampel	Nilai Unsur NPK (%) Dalam Biofertilizer		
	N	P	K
1	0.45	0.16	0.26
2	0.45	0.16	0.28
3	0.45	0.16	0.28
4	0.45	0.16	0.28
5	0.46	0.17	0.28
6	0.46	0.17	0.27
Jumlah	2.72	0.98	1.65
Rerata	0.45	0.16	0.28

Tabel 2 Nilai Unsur NPK (%) Terhadap Waktu 4 Minggu

Sampel	Nilai Unsur NPK (%) Dalam Biofertilizer		
	N	P	K
1	0.47	0.13	0.26
2	0.47	0.13	0.26
3	0.47	0.13	0.28
4	0.48	0.13	0.28
5	0.48	0.12	0.27
6	0.48	0.12	0.27
Jumlah	2.85	0.76	1.62
Rerata	0.47	0.13	0.27

### C. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Nilai pH Biofertilizer

Adapun hasil penelitian pembuatan biofertilizer dari limbah organik dengan menggunakan hidrolisis termal dengan variasi waktu fermentasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3 Hasil Pengukuran pH

Sampel	Nilai pH Dalam Biofertilizer		Standar Kualitas
	1 Minggu	4 Minggu	
1	6	6.5	4 – 9
2	6	6.5	
3	6.5	6	
4	6.5	7	
5	7	6	
6	7	6	
Jumlah	39	38	
Rerata	6.5	6.3	

Dari rentang waktu 1-3 hari larutan EM4 menghasilkan nilai pH yang lebih tinggi, hal ini sesuai dengan pendapat (Hermiati et al., 2016) yang menyatakan bahwa larutan EM4 yang dipilih memiliki kemampuan memfermentasi gula dengan baik di dalam sampel dan dapat tumbuh dengan cepat. Sehingga dengan menggunakan larutan EM4 hasil pupuk organik cair yang dihasilkan dapat dilakukan dengan waktu yang optimal. Namun, setelah waktu ke-6 hari nilai pH mengalami penurunan, hal ini sesuai dengan (Kurniawan et al., 2017) bahwa pH yang dihasilkan dari pupuk cair cenderung asam, sedangkan pH yang basa dapat menyebabkan kandungan nitrogen menurun. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan nitrogen yang meningkat disebabkan oleh pH yang bersifat asam.

## 4. Kesimpulan

Ketersediaan limbah organik di beberapa kota besar di Indonesia pada tahun 2015 sebanyak 1.035.889,2-ton dan dapat dikonversi menjadi bioetanol sebanyak 72.511,2 kiloliter. Teknologi pengolahan bioetanol dari limbah pertanian dan sampah organik tersebut dipilih berdasarkan jenis bahannya (bergula, berpati atau berlignoselulosa). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 1% dan lama perendaman fermentasi 10 hari mampu menghasilkan biofertilizer terdelignifikasi terbaik dengan nilai nitrogen, posfor, dan kalium berturut-turut adalah 0.47%, 0.17%, dan 0.28%. Serta nilai pH terbaik sebesar 7 pada hari ke-10 fermentasi. Perlakuan ini dapat melonggarkan beberapa struktur berkas selulosa ditunjukkan dengan terlepasnya lignin dan hemiselulosa, ampas tebu terdelignifi delignifikasi dengan perlakuan terbaik sebanyak 1 kg selama kurang lebih 14 hari. Jumlah nilai rawetanol terbaik yang diperoleh pada penelitian ini menggunakan bakteri *Saccharomyces* dengan waktu fermentasi 4 hari, sebesar 20%. Disarankan untuk dapat memanfaatkan sampah buah maupun sampah organik yang ada di pasar menjadi pupuk organik cair sebagai alternatif dalam menyusun sistem pengelolaan sampah terintegrasi sehingga dapat meminimalkan jumlah sampah pasar yang dihasilkan dan menambah penghasilan rakyat yang berkonsep *circular economy*. Bagi peneliti yang tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan yaitu dengan menambahkan variasi komposisi bahan baku dan variasi waktu perlakuan sehingga dapat diketahui waktu optimal yang diperlukan untuk proses fermentasi pupuk secara lebih spesifik dan dapat mengaplikasikan pupuk organik cair hasil penelitian tersebut pada tanaman.

## 5. Daftar Pustaka

Agency, E. P. (2023). *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator*. July 21, 2023. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

Ali, Farida, Utami, D. P., & Komala, N. A. (2018). Pengaruh penambahan EM4 dan larutan gula pada pembuatan pupuk kompos dari limbah industri crumb rubber. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(2), 47–55. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/191/148>

Amie, N. L. L., & Nugraha, A. (2014). Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Melalui Desain Produk Perlengkapan Rumah. *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa Dan Desain*, 1, 1–7.

Brinkman, M. L. J., Wicke, B., Faaij, A. P. C., & Van Der Hilst, F. (2019). *Projecting socio-economic impacts of bioenergy: Current status and limitations of ex-ante quantification methods*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109352>

Hanifah, Evy and , Dra. Titik Suryani, M. S. (2016). Pertumbuhan Dan Hasil Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Pada Komposisi Media Tanam Serbuk Gergaji, Ampas Tebu Dan Jantung Pisang Yang Berbeda. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 01, 1–23. <https://eprints.ums.ac.id/29663/>

Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Candra Sunarti, T., & Suparno, O. (2016). Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol. *Technology*, 29(January 2015), 121–130.

Kurniawan, E., Ginting, Z., & Nurjannah, P. (2017). Pemanfaatan Urine Kambing Pada Pembuatan Pupuk Organik Cair Terhadap Kualitas Unsur Hara Makro (npk). *Jurnal UMJ*, 1(2), 1-10. [jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek](http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek)

Nazurahani, A., Pasaribu, R. N. C., Ningsih, A. P., & Medan, U. N. (2022). Pembuatan Eco-enzym Sebagai Upaya Pengolahan Limbah rumah Tangga. *Jurnal Pendidikan Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Indonesia (JPPIPAI)*, 2(1), 16–22. <http://jurnal.unimed.ac.id>

Susmiati, Y. (2018). The Prospect of Bioethanol Production from Agricultural Waste and Organic Waste. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 67–80. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2018.007.02.1>

Wahyudi, R., Ivanto, M., & Juliandari, M. (2021). Potensi Nilai Kalor Biomassa Dari Ampas Tebu (Bagasse) Yang Bersumber Dari Penjual Minuman Sari Tebu Di Kota Pontianak. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(1), 1639–1646. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i1.2654>