

**PENGARUH NUTRISI MIKROORGANISME PADA PROSES FERMENTASI
TERHADAP KONSENTRASI BIOETANOL DARI BATANG TEMBAKAU**
**THE EFFECT OF MICROORGANISM NUTRITION ON THE
FERMENTATION PROCESS ON BIOETHANOL CONCENTRATION FROM
TOBACCO STALKS**

**Bekti Palupi^{1,2,*}, Boy Arief Fachri^{1,2}, Istiqomah Rahmawati^{1,2}, Meta Fitri Rizkiana^{1,2},
Helda Wika Amini^{1,2}, Nikita Meidi¹, Dini Rahmawaty¹**

¹ Teknik Kimia Universitas Jember

² Research Center fo Biobased Chemical Product

*Corresponding author's email: bekti.palupi@unej.ac.id

ABSTRACT

*Tobacco is one of the abundant biomass resources, especially in Jember Regency. Tobacco stalk has potential as a raw material for bioethanol and has more economic value than just being used as firewood. One of the new renewable energy that comes from biomass is biofuel. The currently developed biofuels are biodiesel and bioethanol. Compared to fuel oil, bioethanol's advantages include having a high octane number (106-110), increasing combustion efficiency, and reducing pollutant emissions. Besides being used to fulfill energy needs, bioethanol can also be used as a raw material in the pharmaceutical, cosmetic, and various alcohol derivatives industries. The Covid-19 pandemic has also made the need for ethanol increase. The scarcity of hand sanitizer products has made the price soar. The raw material for the hand sanitizer is ethanol, so the need for ethanol also increases. Bioethanol production, in general, has a 4-step process. The processes are pretreatment, hydrolysis, fermentation, and distillation. This study focused on the fermentation process with the aim of knowing the effect of microorganism nutrition on the concentration of bioethanol from tobacco stalks. Fermentation is done with the yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. The addition of nutrients in the fermentation process greatly affects the concentration of ethanol that will be produced. The addition of optimal nutrients in this study was shown in the addition of 1.3% of the total initial volume of the sample or 0.325gram with a concentration result of 23.9%.*

Keywords: bioethanol, microorganism nutrition, fermentation, tobacco stalks

ABSTRAK

Tembakau merupakan salah satu sumber daya hayati yang melimpah, khususnya di Kabupaten Jember. Bagian dari tanaman tembakau yang sering dimanfaatkan adalah daun sebagai bahan baku pembuatan rokok. Bagian lain seperti batang hanya digunakan sebagai kayu bakar atau dibiarkan di pinggir sawah karena masyarakat sekarang ini sudah jarang yang menggunakan kayu bakar. Padahal batang tembakau ini memiliki potensi sebagai bahan baku bioetanol dan memiliki nilai ekonomi lebih daripada hanya digunakan sebagai kayu bakar. Salah satu energi baru terbarukan yang berasal dari biomassa adalah biofuel. Biofuel yang saat ini dikembangkan adalah biodiesel dan bioetanol. Kelebihan bioetanol dibandingkan dengan bahan bakar minyak diantaranya adalah memiliki bilangan oktan yang tinggi (106-110), efisiensi pembakaran akan meningkat, dan mengurangi emisi polutan. Selain digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan energi, bioetanol juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri farmasi, kosmetika, dan berbagai turunan alkohol. Adanya pandemik Covid-19 juga membuat kebutuhan etanol semakin meningkat. Kelangkaan produk hand sanitizer membuat harganya semakin melambung tinggi. Bahan baku hand sanitizer tersebut adalah etanol sehingga kebutuhan etanol pun meningkat. Produksi bioetanol secara umum memiliki 4 tahapan proses yaitu pretreatment, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Penelitian ini difokuskan pada proses fermentasi dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh nutrisi mikroorganisme terhadap konsentrasi bioetanol dari batang tembakau.

Fermentasi dilakukan dengan yeast Saccharomyces Cerevisiae. Penambahan nutrisi pada proses fermentasi sangat mempengaruhi konsentrasi etanol yang akan dihasilkan. Penambahan nutrisi optimal pada penelitian ini ditunjukkan pada penambahan nutrisi sebanyak 1,3% dari total volume awal sampel atau sebanyak 0,325gram dengan hasil konsentrasi sebesar 23,9%.

Keywords: batang tembakau, bioetanol, fermentasi, nutrisi mikroorganisme

PENDAHULUAN

Tembakau merupakan salah satu sumber daya hayati yang melimpah, khususnya di Kabupaten Jember. Berdasarkan data Statistik Perkebunan Indonesia [1], luas lahan tanaman tembakau di Kabupaten Jember 6.078 ha. Bagian dari tanaman tembakau yang sering dimanfaatkan adalah daun sebagai bahan baku pembuatan rokok. Bagian lain seperti batang hanya digunakan sebagai kayu bakar atau dibiarkan di pinggir sawah karena masyarakat sekarang ini sudah jarang yang menggunakan kayu bakar. Padahal batang tembakau ini memiliki potensi sebagai bahan baku bioetanol dan memiliki nilai ekonomi lebih daripada hanya digunakan sebagai kayu bakar. Satu hektar lahan dapat ditanami sekitar 22.000 pohon tembakau. Perkiraan berat batang tembakau adalah 0,5 kg per pohon sehingga tersedia sekitar 66.858 ton limbah batang tembakau di Kabupaten Jember.

Batang tembakau merupakan salah satu limbah lignoselulosa yang berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol. Batang tembakau memiliki kandungan lignin 25,2%, selulosa 44,6%, dan hemiselulosa 30,2% [2]. Menurut Liu dkk. [3], batang tembakau memiliki kadar lignin 15,11%, selulosa 56,10%, dan nikotin sebesar 0,26%.

Bahan Bakar Nabati (BBN) mendapat perhatian yang serius dari Pemerintah Indonesia sebagai bahan bakar alternatif karena cadangan minyak bumi di Indonesia mengalami penurunan. Berdasarkan data dari Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional [4], cadangan minyak bumi di Indonesia mengalami penurunan sebesar 1,2%. Kondisi inilah yang mendorong pemerintah untuk mengembangkan bahan bakar alternatif sehingga pasokan bahan bakar dalam negeri dapat terpenuhi. Keseriusan pemerintah dalam mengembangkan BBN dilakukan dengan menerbitkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Peraturan tersebut menjelaskan bahwa konsumsi energi baru terbarukan (EBT) pada 2025 sebesar 23%. Salah satu EBT yang berasal dari biomassa adalah biofuel. Biofuel yang saat ini dikembangkan adalah biodiesel dan bioetanol. Kelebihan bioetanol dibandingkan dengan bahan bakar minyak (BBM) diantaranya adalah memiliki bilangan oktan yang tinggi (106-110), efisiensi pembakaran akan meningkat, dan mengurangi emisi polutan [5].

Selain digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan energi, bioetanol juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri farmasi, kosmetika, dan berbagai turunan alkohol [6]. Adanya pandemik Covid-19 juga membuat kebutuhan etanol semakin meningkat. Kelangkaan produk *hand sanitizer* membuat harganya semakin melambung tinggi. Untuk mengatasi kelangkaan produk *hand sanitizer*, masyarakat dan pemerintah membuat *hand sanitizer* mandiri. Bahan baku *hand sanitizer* tersebut adalah etanol sehingga kebutuhan etanol pun meningkat. Hal tersebut memicu pembatasan pembelian etanol sehingga harga etanol pun meningkat. Pemenuhan kebutuhan etanol dapat dilakukan dengan pembuatan bioetanol dari biomassa yang sesuai dengan potensi daerah. Dengan demikian, maka kebutuhan bioetanol sebagai energi alternatif maupun sebagai bahan baku industri farmasi dapat terpenuhi.

Bioetanol yang diproduksi dari biomasa lignoselulosa termasuk bioetanol generasi dua (G2) [7]. Pengembangan bioetanol G2 ini mendapat sambutan positif karena tidak berkompetisi dengan bahan pangan. Selain itu, apabila limbah lignoselulosa yang melimpah di Indonesia dapat diolah menjadi bioetanol, maka akan memberikan nilai tambah dan sekaligus menyelesaikan

permasalahan lingkungan. Pada penelitian ini menggunakan bahan baku batang tembakau. Batang tembakau untuk penelitian ini diperoleh dari Kelompok Tani Karunia Tembakau, Tamansari, Wuluhan, Jember. Batang tembakau memiliki karakteristik yang berbeda-beda tergantung jenis tanaman tembakaunya. Karakteristik batang tembakau dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Karakteristik batang tembakau dari Tamansari

Bahan Baku	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)	Gula Reduksi (%)	Nikotin (%)
Batang tembakau	6,495	50,320	32,005	3,387	0,417

Produksi bioetanol untuk G2 secara umum memiliki 4 tahapan proses. Proses tersebut adalah *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Proses *pretreatment* merupakan tahapan pertama dalam proses pembuatan bioetanol yang bertujuan untuk memisahkan lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Lignin merupakan polimer dari gugus aromatik yang membungkus selulosa dan hemiselulosa sehingga membentuk ikatan kompleks yang kuat [5]. Pada proses *pretreatment* terdapat kemungkinan terbentuknya inhibitor yang dapat mempengaruhi efektifitas proses hidrolisis sehingga berpengaruh terhadap hasil bioetanol [3]. Hidrolisis merupakan tahapan kedua pada proses produksi bioetanol dari biomassa berbasis lignoselulosa.

Hidrolisis dapat dilakukan dengan metode *microwave-assisted hydrolysis*. *Microwave-assisted hydrolysis* dalam proses pengolahan termal biomassa dapat berlangsung dalam waktu yang cepat dengan tekanan dan suhu rendah [8]. Keuntungan lainnya dari metode *microwave-assisted hydrolysis* adalah proses pemanasan yang cepat dan efisien dalam lingkungan yang terkendali, meningkatkan kecepatan pemrosesan, dan secara substansial mempersingkat waktu reaksi hingga 80% [9].

Fermentasi merupakan proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk (metabolit primer dan sekunder) dalam suatu lingkungan yang terkendali [10]. Ada beberapa jenis mikroorganisme yang digunakan pada proses fermentasi. Pemilihan mikroorganisme ini harus disesuaikan dengan jenis substrat yang digunakan sebagai media. Mikroorganisme yang sering digunakan dalam fermentasi etanol yaitu *Zymomonas mobilis*, *Schizoccharomyces* sp., *Kluyveromyces* sp., dan *Saccharomyces cerevisiae*. Pada penelitian ini akan digunakan *Saccharomyces cerevisiae* karena memiliki daya konversi gula menjadi etanol dengan konsentrasi tinggi, dapat hidup dalam keadaan aerobik maupun anaerobik, dan tumbuh dengan baik pada suhu 30°C, pH 4-5 [10].

Setelah tahap fermentasi, bioetanol yang dihasilkan kemudian dimurnikan agar etanol yang didapatkan mencapai *fuel grade* dengan konsentrasi 99,9%. Kandungan air yang dihasilkan saat tahap fermentasi sangat tinggi. Tahap distilasi kemudian dilakukan untuk memisahkan kandungan air tersebut dengan etanol melalui kondisi optimum yang bisa dicapai. Kondisi optimum tersebut ialah dengan konsentrasi sebesar 97,2% volume atau 95,6% berat, tekanan 1 atm, dan suhu 78,15°C. Saat kondisi optimum ini tercapai, proses distilasi tidak dapat memisahkan air lagi sebab kondisi ini telah ada di titik azeotrop. Azeotrop sendiri mempunyai arti yaitu tidak dapat mendidih walau menggunakan cara apapun. Acuan dari hal ini yaitu kesetimbangan kondisi jika campuran komponen dari komposisi cairan dan komposisi uapnya sudah berada di kondisi yang sama tekanan dan temperaturnya, karena prinsip dasarnya adalah komposisi cairan dan komposisi uap adalah sama [11].

Penelitian ini difokuskan pada proses fermentasi dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh nutrisi mikroorganisme terhadap konsentrasi bioetanol dari batang tembakau. Beberapa penelitian tentang fermentasi yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa proses fermentasi yang sudah dilakukan

No.	Bahan Baku	Yeast	Hasil	Referensi
1.	Jerami Padi	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	○ Kadar etanol tertinggi sebesar 15,35 % pada pengambilan ekstrak setelah 25 jam	[12]
2.	Limbah Tongkol Jagung	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	○ Fermentasi mengubah glukosa menjadi bioetanol dalam waktu 72 jam dengan kadar enzim 11% yang mana didapatkan hasil konsentrasi etanol sebesar 8%	[13]
3.	Kulit Pepaya	<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	○ Hasil penelitian didapatkan bahwa volume bioetanol tertinggi 31,17 ml didapatkan pada perlakuan waktu fermentasi selama 4 hari dan. Rendemen bioetanol yang paling dengan waktu fermentasi 4 hari yaitu sebesar 6,23%	[14]
4.	Kulit jeruk bali	<i>Sacharomyces cereviceae</i>	○ Hasil penelitian menunjukkan kadar etanol yang dihasilkan 40.3%	[15]
5.	Limbah pabrik gula(Blotong)	<i>Saccharomyces cereviceae</i>	○ kadar bioetanol yang paling optimal yaitu 7%. Dengan perbandingan 250 gr limbah pabrik gula (blotong), volume air 1000 ml, ragi 10 gr dan lama fermentasi 6 hari	[16]
6.	Kulit Singkong	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	○ Fermentasi kulit singkong menghasilkan etanol tertinggi sebesar 6,00% pada waktu fermentasi 8 hari	[17]
7.	Kulit Kentang	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	○ Fermentasi menggunakan ragi tape merk NKL sebagai sumber <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , dengan kadar etanol paling besar yang dihasilkan dari 5 gram kupasan kentang kering dengan proses	[18]

No.	Bahan Baku	Yeast	Hasil	Referensi
			fermentasi selama 7 hari adalah 6,15%	
8.	Nira Nipah	<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	○ Fermentasi nira nipah dengan menggunakan dosis ragi <i>Saccharomyces Cerevisiae</i> 8,4gr, NPK 4,2gr dan Urea 21gr pada hari ke enam memperoleh kadar etanol sebesar 5,77%	[19]
9.	Batang Tembakau	<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	○ Fermentasi yang diperoleh menghasilkan 0,06 hingga 0,19 g etanol per 1 g batang tembakau yang digiling dan dikeringkan	[20]
10.	Batang tembakau	<i>Saccharomyces cereviceae</i>	○ Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi ini masih mengandung gas CO ₂ . Hasil akhir yang diperoleh dengan rendemen bioetanol 6,061% yaitu kandungan gula hidrolisis batang tembakau tertinggi sebesar 13,66g/L	[21]

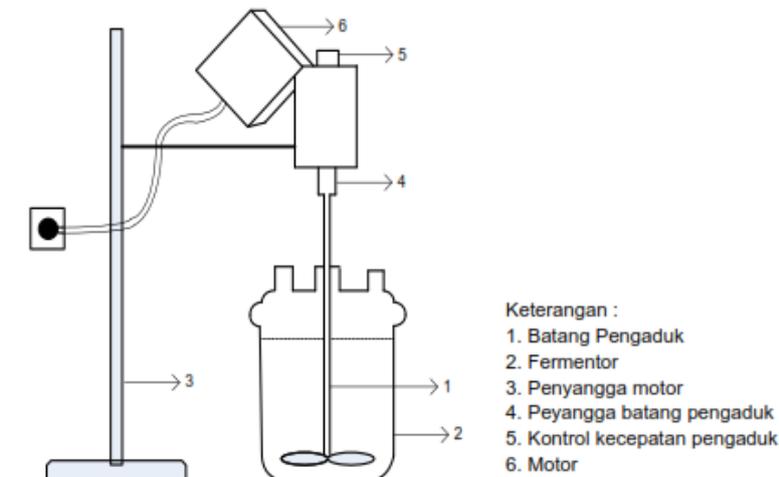
METODE PENELITIAN

Bahan

Penelitian ini membutuhkan bahan diantaranya yaitu batang tembakau, H₂SO₄ 4%, H₂SO₄ 1%, akuades, NaOH, alkohol, urea dan starter *Saccaromyces Cerevisiae*.

Alat

Rangkaian alat untuk proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi [22]

Preparasi Sampel

Limbah batang tembakau awal mula dicuci terlebih dahulu sampai bersih, kemudian batang tembakau yang sudah bersih dipotong kecil-kecil. Selanjutnya sampel batang tembakau dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air yang dimiliki sampai $\pm 5\%$. Setelah kering, batang tembakau kemudian diblender sampai menjadi serbuk. Kemudian sampel diayak dengan ukuran 140 mesh.

Pre-treatment

Sampel yang telah diayak dengan ukuran 140 mesh kemudian di-*pre-treatment*, Sampel dimasukkan ke dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan dengan larutan asam H_2SO_4 4% dengan perbandingan 1g sampel:10 mL, lalu sampel dipanaskan pada suhu $100^\circ C$ selama 60 menit. Selanjutnya sampel disaring dan dicuci menggunakan akuades sebanyak 3 kali dan dikeringkan di dalam oven. Setelah dikeringkan, sampel kemudian didinginkan pada suhu kamar.

Hidrolisis

Setelah melalui tahap *pre-treatment*, sampel kemudian dihidrolisis dengan alat *microwave* selama 15 menit dan daya sebesar 450 watt dengan menggunakan asam H_2SO_4 1%. Dengan perbandingan sampel dan H_2SO_4 1g: 25mL. Variabel waktu dan daya diperoleh berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [23].

Fermentasi

Setelah dihidrolisis kemudian dilakukan fermentasi. Hasil dari proses hidrolisis, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan residu dari bahan. Filtrat dari hasil penyaringan kemudian diukur pHnya menggunakan pH meter. pH diatur hingga mencapai pH hidup optimal dari *yeast*, yaitu pada pH 4,5-5. Variabel penambahan nutrisi pada proses fermentasi dilakukan dengan variasi sampel 0%; 1,3%; 2,3%; 3,3%; dan 4,3% dari total volume filtrat. Pada proses fermentasi, sampel yang sudah ada di botol sampel ditambahkan dengan yeast *Saccharomyces Cerevisiae* dan nutrisi urea.

Distilasi

Setelah fermentasi selesai, maka dilakukan proses distilasi. Proses distilasi dilakukan untuk memisahkan alkohol yang dihasilkan dengan hasil fermentasi yang lainnya berdasarkan titik didihnya. Distilasi dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat distilasi yaitu terdiri dari

kondensor, *erlenmayer*, *boiling flash*, dan konektor. Kemudian alkohol atau bioetanol yang dihasilkan diuji konsentrasi dan pH-nya.

Analisis Hasil

Konsentrasi dari berbagai perlakuan masing-masing hasil distilasi diukur untuk didapatkan data dari hasil penelitian ini. Konsentrasi dari masing-masing hasil distilasi ditentukan dengan cara mengukur volume hasil distilat kemudian dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$\% \text{Konsentrasi} = \frac{\text{volume hasil distilasi}}{\text{volume awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Setelah semua data terkumpul, kemudian digunakan metode regresi linier untuk mengetahui pengaruh penambahan nutrisi yang digunakan terhadap konsentrasi bioetanol dari proses fermentasi pembuatan bioetanol ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses fermentasi pada penelitian ini menggunakan ragi roti atau fermipan yang mengandung *yeast Saccharomyces Cerevisiae* di dalamnya. *Saccharomyces Cerevisiae* dipilih karena merupakan *yeast* yang dapat tumbuh dengan baik, mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol serta mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang besar. Pada proses fermentasi ini menggunakan variabel bebas penambahan nutrisi. Variabel penambahan nutrisi dilakukan dengan variasi 0%, 1,3%, 2,3%, 3,3%, 4,3% dari volume sampel. Sampel yang difermentasikan adalah 25 mL, sehingga nutrisi yang ditambahkan adalah 0 gram, 0,325 gram, 0,575 gram, 0,825 gram, dan 1,075 gram. Untuk nutrisi dari khamir *Saccharomyces Cerevisiae* digunakan jenis nutrisi berupa urea. Penambahan nutrisi dilakukan untuk memenuhi kebutuhan mikroba dalam beraktivitas. Unsur-unsur yang dibutuhkan mikroba diantaranya adalah karbon, hidrogen, nitrogen, fosfor, dan magnesium. Untuk itu digunakan urea sebagai sumber nitrogen dan fosfor bagi mikroba. Hasil konsentrasi bioetanol pada berbagai variasi penambahan nutrisi dari tiap-tiap sampel ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi bioetanol pada beragam massa nutrisi

Massa (gram)	Konsentrasi (%)
0	13,1
0,325	23,9
0,575	13,0
0,825	10,1
1,075	7,9

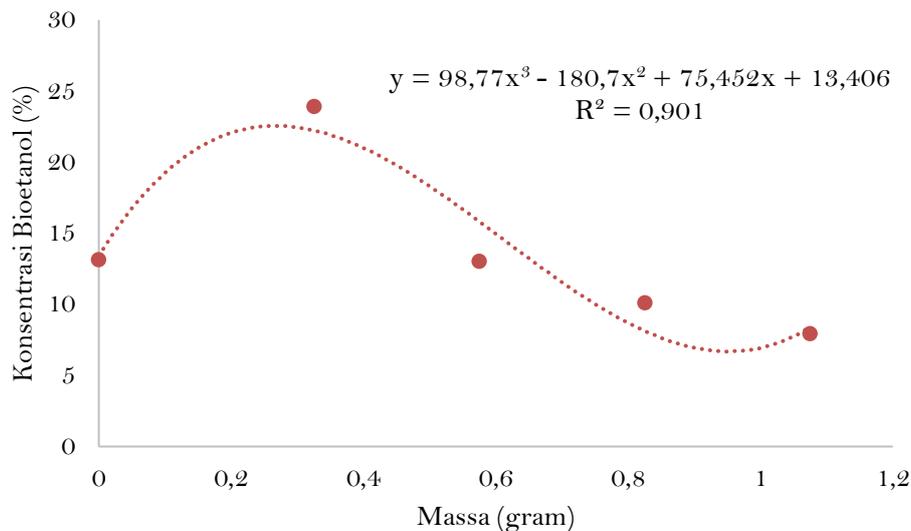
Konsentrasi bioetanol pada beragam massa nutrisi di Tabel 3 kemudian diplot dalam bentuk grafik sesuai Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, menunjukkan bahwa penambahan nutrisi urea sebanyak 0,325 gram meningkatkan konsentrasi. Konsentrasi yang meningkat ini disebabkan karena penambahan nutrisi urea tersebut membantu *yeast* untuk hidup sehingga *yeast* dapat menguraikan glukosa menjadi etanol dengan baik. Konsentrasi yang meningkat disebabkan pula karena kandungan nitrogen yang ada pada urea mencukupi jumlah nutrisi yang dibutuhkan oleh *yeast* untuk hidup. Pada penambahan nutrisi urea 0,575 gram; 0,825 gram; dan 1,075 gram terjadi penurunan nilai konsentrasi. Hal ini dikarenakan penambahan nutrisi urea yang berlebih dapat menyebabkan terbentuknya *pseudohifa* yang dapat menghambat kerja dari *yeast* itu sendiri

yang tidak dapat mengonsumsi gula sehingga *yeast* tidak dapat menguraikan glukosa menjadi etanol. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah nutrisi urea yang optimum pada penelitian ini untuk fermentasi larutan hasil hidrolisis sebanyak 25mL adalah sebanyak 0,325 gram dengan konsentrasi yang dihasilkan adalah sebesar 23,9%.

Persamaan garis y menunjukkan bahwa penambahan nutrisi pada proses fermentasi membantu konsentrasi yang dihasilkan semakin tinggi. Akan tetapi, proses fermentasi mempunyai penambahan nutrisi yang paling optimal untuk menghasilkan konsentrasi, jika penambahan nutrisi berlebih, maka akan menyebabkan penurunan konsentrasi. Berdasarkan hasil estimasi koefisien korelasi (r) diperoleh nilai positif yaitu $r = 0,9010$. Nilai korelasi $r = 0,9010$ juga memberikan arti bahwa kedua variabel tersebut mempunyai hubungan ikatan yang kuat. Nilai korelasi $r = 0,9010$ berarti menunjukkan konsentrasi etanol yang dihasilkan dipengaruhi oleh penambahan nutrisi sebesar 90,1% dan sisanya 8,9% oleh variabel lainnya. Nilai konsentrasi bioetanol (%) dapat dihitung dengan Persamaan 2.

$$y = 98,77x^3 - 180,7x^2 + 75,452x + 13,406 \quad (2)$$

dengan y adalah konsentrasi bioetanol (%) dan x adalah massa nutrisi (gram). Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan nutrisi pada proses fermentasi menaikkan konsentrasi etanol yang dihasilkan, tetapi jika nutrisi berlebih maka akan menghambat kerja dari *Saccharomyces Cerevisiae* sehingga konsentrasi yang dihasilkan akan turun [24]. Hasil penelitian ini menghasilkan konsentrasi yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yaitu 23,9%, sedangkan penelitian sebelumnya 6,061% [21].



Gambar 2. Kurva Perbandingan Konsentrasi dan Penambahan Nutrisi

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penambahan nutrisi pada proses fermentasi sangat mempengaruhi konsentrasi bioetanol yang akan dihasilkan. Penambahan nutrisi meningkatkan konsentrasi bioetanol yang dihasilkan. Akan tetapi jika terlalu banyak nutrisi yang ditambahkan, maka konsentrasi bioetanol akan mengalami penurunan. Penambahan nutrisi optimal pada penelitian ini ditunjukkan pada penambahan nutrisi sebanyak 1,3% dari total volume awal sampel atau sebanyak 0,325 gram dengan hasil konsentrasi bioetanol sebesar 23,9%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dirjen Perkebunan. 2018. Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Tembakau 2016-2018. Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta.
- [2] Garcia, A., Gandini, A., Labidi, J., Belgacem, N., Bras, J. 2016. Industrial and Crop Wastes: A New Source for Nanocellulose Biorefinery. *Industrial Crops and Products*. 1-13.
- [3] Liu, Y., Dong, J., Liu, G., Yang, H., Liu, W., Wang, L., Kong, C., Zheng, D., Yang, J., Deng, L., and Wang, S. 2015. Co-Digestion of Tobacco Waste with Different Biocultural Biomass Feedstocks and The Inhibition of Tobacco Viruses by Anaerobic Digestion. *Bioresources Technology Journal*. 189: 210-216.
- [4] Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. 2018. Outlook Energi Indonesia 2018.
- [5] Sudiyani, Y., Sembiring, C. K., Barlianti, V., Badria, I., Muryanto, M. 2014. The opportunity of bioethanol production from lignocellulosic agricultural waste in Indonesia. *Bioenergy of the Series "Energy & Technology"*. 7: 1-23.
- [6] Hendrawati, T.Y., Ramadhan, A.I., Siswahyu, A. 2018. Pemetaan Bahan Baku dan Analisis Bioetanol dari Singkong (Manihot Utilissima) di Indonesia. *Jurnal Teknologi*. 11 (1): 37-46.
- [7] Gozan, M. 2014. Teknologi Bioetanol Generasi-Kedua. PT Gelora Aksara Pratama. Jakarta.
- [8] Chen, Z., & Wan, C. 2018. Ultrafast fractionation of lignocellulosic biomass by microwave-assisted deep eutectic solvent pretreatment. *Bioresource Technology*. 250: 532-537.
- [9] Kostas, E.T., Beneroso, D., Robinson, J.P. 2017. The application of microwave heating in bioenergy: A review on the microwave pre-treatment and upgrading technologies for biomass. *Renew. Sust. Energy Rev.* 77: 12-27.
- [10] Sudiyani, Y., Aiman, S., Mansur, D. 2019. Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif. Jakarta: LIPI Press.
- [11] Sari, A.A., Putri, A.M.H., Dahnum, D., Burhani, D., Mansur, D., Triwahyuni, E., Amriani, F., Abimanyu, H., Laksmono, J.A., Waluyo, J., Muryanto., Simanungkalit, S.P., Aiman, S., Irawan, Y., dan Sudiyani, Y. 2019. Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Prespektif. Jakarta: LIPI Press.
- [12] Robitoh, M., F. 2015. Kombinasi Iradiasi Gelombang Mikro dan Fermentasi Ekstraktif Guna Optimasi Produksi Bioetanol dari Jerami Padi. Prosiding Seminar Nasional Kimia "Peran Ilmu Kimia dalam Pengembangan Industri Kimia yang Ramah Lingkungan.
- [13] Khaira, Z. F., Yenie, E., & Muria, S. R. 2015. Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Sacharificatian and Fermentation (Ssf) Dengan Variasi Konsentrasi Enzim Dan Waktu Fermentasi. *JOM FT Universitas Riau*. 2(2): 1-8.
- [14] Nasrun, N., Jalaluddin, J., & Mahfuddhah, M. (2017). Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 4(2): 1-10.
- [15] Megawati dan Ciptasari, R. 2015. Pembuatan Etanol Dari Limbah Kulit Jeruk Bali: Hidrolisis Menggunakan Selulase Dan Fermentasi Dengan Yeast. Prosiding SNST ke-6. 1 (1): 77-81.
- [16] Abidin, Z. 2016. Bahan Bakar Bioetanol Dari Limbah Pabrik Gula (Blotong). *JTM*. 4 (2): 147-153.
- [17] Erna, E., Said, I., & Abram, P. H. 2017. Bioetanol dari Limbah Kulit Singkong (Manihot

- Esculenta Crantz) Melalui Proses Fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*. 5(3): 121-126.
- [18] Purba, H.D., Suprihatin, I., & Laksmiwati, A. 2016. Pembuatan Bioetanol Dari Kupasan Kentang (*Solanum Tuberosum L.*) Dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Kimia*. 10(1): 155-160.
- [19] Saputra, R., Irawan, H., & Fadhliyah, I. 2016. Pemanfaatan Nira Nipah (*Nypa fruticosa*) Menjadi Bioethanol Menggunakan Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dengan Lama Waktu Fermentasi Yang Berbeda. Skripsi. Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang.
- [20] Schneider, R., Anacker, L., Szarblewski, M., Silva, L., Moraes, M., & Corbellini, V. (2017). Bioethanol Production from Residual Tobacco Stalks. *Current Journal of Applied Science and Technology*. 24(6): 1-9.
- [21] Handayani, S.S., Tarnanda, R., Rahayu, B.A., Amrullah. 2018. Proses Degradasi Lignin pada Limbah Batang Tembakau sebagai Persiapan Produksi Bioetanol. *Jurnal Pijar MIPA*. 13 (2): 140-146.
- [22] Akhir, Y.M., Chairul, Dratinawati. 2015. Pembuatan Bioetanol Dari Fermentasi Nira Aren (*Arenga Pinnata*) Menggunakan Yeast *Saccharomyces cerevisiae* dengan Pengaruh Variasi Konsentrasi Nutrisi dan Waktu Fermentasi. *JOM FTEKNIK*. 2(1):1-5.
- [23] Sudiana, I.N., Sutiari, D.K., Endang, P. 2016. Karakteristik Awal Pembuatan Glukosa dari Ampas Kayu dengan Microwave. *Jurnal Aplikasi Fisika*. 12(2): 49-54.
- [24] Anggorowati, D.A., Purwati, dan Sulis, D.D.P. 2015. Pengaruh Suhu dan Penambahan Nutrisi Pada Proses Fermentasi Untuk Pembuatan Bioethanol Dari Sabut Kelapa. *Jurnal Media Informasi Teknik Sipil UNIJA*, 3, 13-20.