

Optimasi Pembuatan Bioetanol dari Limbah Bonggol Jagung Berdasarkan Beda Waktu Fermentasi dan Berat Ragi

Firda Mahira Alfiata Chusna^{1*}, Sinta Cahaya², Siti Aprianita³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

*Koresponden email: firda.chusna@che.uad.ac.id

Diterima: 10 Januari 2024

Disetujui: 16 Januari 2024

Abstract

Corn cobs are a waste that is rarely used and their presence continues to increase with increasing corn production capacity. The starch and carbohydrate content in corn has the potential to be used as bioethanol. This also answers the problem regarding the availability of fossil fuels in Indonesia which is starting to run low, so the presence of biomass-based fuel is the right solution. Bioethanol is a biochemical liquid obtained from the fermentation of sugar from carbohydrates with the help of microorganisms. Corn cobs have a high cellulose content so they have great potential as raw material for making bioethanol. Using corn cobs as the main ingredient in making bioethanol can reduce agricultural waste, preserve nature and increase economic value. This research aims to obtain the optimal yeast weight and fermentation time to produce the highest levels of bioethanol. The process of making bioethanol generally goes through three processes, starting from the hydrolysis process with 0.5 N sulfuric acid, the fermentation process with yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), and the distillation process at a temperature of 100 °C. The fermentation process with the addition of yeast was varied by 1 gram and 3 grams with 0.09 grams of urea. Fermentation time was 1 day, 2 days and 3 days. The results of the research obtained the highest ethanol content, namely 11% on day 1 with the addition of 1 gram of yeast.

Keywords: *bioethanol, corn cobs, hydrolysis, fermentation*

Abstrak

Bonggol jagung merupakan salah satu limbah yang jarang dimanfaatkan dan keberadaannya terus meningkat dengan bertambahnya kapasitas produksi jagung. Kandungan pati dan karbohidrat pada jagung sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol. Hal ini sekaligus menjawab permasalahan mengenai ketersediaan bahan bakar fosil di Indonesia yang mulai menipis, sehingga keberadaan bahan bakar berbasis biomassa menjadi solusi yang tepat. Bioetanol merupakan cairan biokimia yang diperoleh dari hasil fermentasi gula dari karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bonggol jagung mempunyai kandungan selulosa yang tinggi sehingga berpotensi besar sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Penggunaan bonggol jagung sebagai bahan utama dalam pembuatan bioetanol dapat mengurangi limbah pertanian, melestarikan alam, dan meningkatkan nilai ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan berat ragi dan waktu fermentasi yang optimal untuk memproduksi bioetanol dengan kadar yang tertinggi. Proses pembuatan bioetanol pada umumnya melalui tiga proses, mulai dari proses hidrolisis dengan asam sulfat 0.5 N, proses fermentasi dengan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), dan proses distilasi dengan suhu 100 °C. Proses fermentasi dengan penambahan ragi divariasikan sebesar 1 gram dan 3 gram dengan urea 0.09 gram. Waktu fermentasi dilakukan selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari. Hasil penelitian mendapatkan kadar etanol paling tinggi yaitu sebesar 11% pada hari ke 1 dengan penambahan ragi 1 gram.

Kata Kunci: *bioetanol, bonggol jagung, hidrolisis, fermentasi*

1. Pendahuluan

Untuk mengantisipasi kelangkaan bahan bakar di dunia maka energi biomassa mampu untuk menggantikan bahan bakar menjadi bahan aditif [1]. Biomassa mempunyai potensi yang tinggi menjadi sumber energi terbarukan dan sebagai bahan bakar organik hasil dari proses fotosintesis berupa produk maupun buangan. Bioetanol didapatkan dari konversi biomassa secara efisien, bioetanol yang dicampur dengan bahan bakar dapat berpotensi menjadi biofuel. Bioetanol merupakan cairan biokimia hasil fermentasi gula dari karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Bahan baku utama bioetanol didapatkan dari tanaman yang mempunyai kandungan pati maupun karbohidrat. Sebab bahan baku tersebut biasanya diperoleh dari tanaman pangan, seperti jagung, tebu, singkong dll. Di sisi lain, penggunaan bahan baku tersebut dengan skala besar akan mengganggu kebutuhan pangan. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan baku

alternatif dan tidak bersaing dengan bahan pangan sehingga mendapatkan nilai tambah serta lebih efisien. Salah satunya dari bonggol jagung.

Bonggol jagung adalah salah satu bahan khusus yang mengandung banyak senyawa kimia. Menurut Ditjen PKH pada tahun 2020 hasil panen jagung di Indonesia mencapai 21,53 juta ton, naik sekitar 5% dibandingkan pada tahun 2019 yaitu 20,5 juta ton. Bonggol jagung merupakan biomassa mengandung selulosa 48%, pentosan 36%, lignin 10%, abu 4% dan air 2%. Dari kandungan tersebut bonggol jagung mempunyai kandungan selulosa yang tinggi sehingga berpotensi besar sebagai bahan baku bioetanol [2]. Selulosa merupakan zat terbesar yang terkandung pada bonggol jagung dan juga sebagai hasil samping hemiselulosa yang belum dimanfaatkan. Apabila ada pengolahan lebih lanjut dengan proses hidrolisa baik secara asam maupun enzimatik dapat menghasilkan gula-gula sederhana dan dilanjutkan proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme yang berasal dari ragi roti sehingga akan menghasilkan etanol [3]. Setiap pemanenan jagung diperkirakan menghasilkan sekitar 70% jagung dan 30% berupa limbah bonggol jagung. Salah satu cara agar limbah ini berguna dan bernilai adalah dengan menjadikannya ke dalam bentuk produk bioetanol. Penggunaan bonggol jagung sebagai bahan utama dalam pembuatan bioetanol akan mengurangi limbah pertanian, melestarikan alam, mengatasi permasalahan tentang cadangan minyak bumi, mengurangi *global warming* dan meningkatkan nilai ekonomi limbah.

Salah satu keuntungan dalam menggunakan bahan bakar alternatif seperti bioetanol yaitu dapat meningkatkan berat bersih karbondioksida yang dihasilkan ke lingkungan. Karbondioksida yang dihasilkan dapat digunakan pada proses fotosintesis tumbuhan dengan bantuan sinar matahari. Selain itu bahan bakar bioetanol mempunyai nilai oktan yang tinggi dan mempunyai tujuan mengurangi dampak buruk ke lingkungan. Kandungan bahan peningkat nilai oktan menggunakan ketukan atau anti-knocking seperti senyawa eter dan logam berat (Pb). Karena adanya kandungan alkohol yang tinggi, etanol sebagai alternatif dalam pembuatan bahan bakar yang menghasilkan nilai oktan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bensin (gasoline) sehingga proses pembakarannya sempurna dan mengurangi emisi *global warming* [4].

Penelitian menunjukkan bahwa pertalite yang dicampur dengan bioetanol, daya dan torsi yang dihasilkan oleh mesin meningkat seiring meningkatnya kadar bioetanol yang ditambahkan dalam campuran bahan bakar pertalite tersebut. Campuran bahan bakar bioetanol 30% membuat konsumsi bahan bakar pertalite semakin hemat hal ini didapatkan berdasarkan dari jarak tempuh yang memakai campuran 30% bahan bakar bioetanol lebih jauh dari pada menggunakan bahan bakar pertalite 100%. Dengan persentase bioetanol 99,7% hasil yang terbaik ditunjukkan pada campuran bioetanol 30% kadar CO dan HC pada putaran 1500 rpm. Sedangkan campuran bioetanol menghasilkan emisi gas buang yang menurun seiring meningkatnya kadar bioetanol dari pada emisi gas yang dihasilkan dari bahan bakar pertalite 100% [5]. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat bioetanol yang berbahan dasar bonggol jagung yang dapat menghasilkan pati yang dikonversikan ke glukosa sehingga menghasilkan hasil akhir berupa bioetanol. Variabel yang digunakan adalah berat ragi dan waktu fermentasi untuk melihat kondisi operasi optimum.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian pembuatan bioetanol adalah bonggol jagung yang diambil dari daerah Klaten dan Banjarnegara. Selain bonggol jagung bahan-bahan lain yang digunakan adalah aquades, H_2SO_4 , NaOH, ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan urea.

Alat yang digunakan diantaranya erlenmeyer 500 ml, erlenmeyer 100 ml, mortar, timbangan digital, propipet, pipet volume 100 ml, kompor listrik, statif dan klem, alkoholmeter, gelas beker 500 ml, gelas beker 100 ml, pipet ukur 20 ml, labu takar 500 ml, spatula, kertas pH, peralatan destilasi, kertas saring, gelas ukur 250 ml, magnetic stirrer, pisau, chopper, termometer, botol kaca, sendok, pengaduk kaca, screen (ayakan 40 mesh), gelas arloji, gelas ukur.

Proses Hidrolisis

Tahapan utama pembuatan bioetanol dari bonggol jagung yang digunakan pada penelitian ini adalah proses hidrolisis asam, proses fermentasi dan yang terakhir adalah proses distilasi. Hidrolisis asam merupakan suatu hidrolisis yang mampu mengubah polisakarida menjadi glukosa menggunakan larutan asam tertentu. Biasanya larutan asam yang digunakan dalam hidrolisis asam seperti larutan asam klorida (HCl) maupun asam sulfat (H_2SO_4). Pada penelitian kali ini digunakan asam sulfat pada proses hidrolisis. Larutan asam sulfat digunakan sebagai katalisator yang dapat memecahkan kandungan karbohidrat menjadi gula sederhana [6]. Larutan H_2SO_4 0.5 N sebanyak 300 ml ditambahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi serbuk bonggol jagung sebanyak 40 gram. Proses hidrolisis yang dilakukan dengan suhu $100^\circ C$ selama 2 jam.

Proses Fermentasi

Tahapan yang kedua adalah proses fermentasi, yaitu proses pemecahan gula sederhana menjadi karbondioksida dan alkohol. Proses penguraian ini tidak menimbulkan bau busuk. Apabila ada bau busuk menandakan terjadinya kontaminasi pada proses fermentasi. Dalam pembuatan bioetanol menggunakan proses fermentasi gula sederhana seperti glukosa, sukrosa dan fruktosa dengan bantuan mikroorganisme *Saccharomyces* yang mengonversi gula menjadi etanol dan gas karbondioksida [7]. Sebelum tahap fermentasi diperlukan adanya starter yang terbuat dari *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil proses hidrolisis diukur kadar keasamannya (pH) dan ditambahkan NaOH sedikit demi sedikit untuk mencapai pH larutan 4,5-5,5. Sebanyak 20 ml hasil hidrolisis diambil dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan urea 0,01 gram. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* ditambahkan dalam larutan dengan variasi 1 gram dan 3 gram. Larutan didiamkan dalam keadaan tertutup selama 24 jam. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan kertas saring dan starter siap digunakan. Proses fermentasi menggunakan 280 ml hasil hidrolisis yang ditambah dengan starter dan urea sebanyak 0,09 gram. Fermentasi dilakukan pada suhu ruang (30°C) dengan variasi waktu 1 hari, 2 hari, dan 3 hari.

Proses Distilasi

Distilasi merupakan proses pemanasan atau penguapan dan pengembunan untuk memisahkan air dari bioetanol karena perbedaan titik didihnya sehingga mendapatkan bioetanol dengan konsentrasi dan kemurnian tinggi. Hasil proses fermentasi yang telah disaring dimasukkan ke dalam alat distilasi dan dipanaskan hingga suhu 100°C. Proses distilasi dilakukan hingga tersisa residu. Pengukuran kadar alkohol yang dihasilkan menggunakan alkoholometer. Variabel penelitian yang digunakan tersaji dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan					
	1	2	3	1	2	3
Waktu fermentasi (hari)						
Berat ragi (gram)		1			3	

3. Hasil dan Pembahasan

Setiap tahapan dalam proses pembuatan bioetanol dari bonggol jagung memiliki peranan yang penting sehingga pemilihan bahan dan kondisi operasi sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pada proses hidrolisis (**Gambar 1**), bahan asam yang dipilih yaitu asam sulfat 0,5 N merupakan kadar yang paling sesuai. Karena pada temperatur dan kadar asam sulfat yang cukup tinggi, hemiselulosa yang berasal dari biomassa akan terhidrolisis menjadi furfural dan hidroksifurfural yang akan menghambat kerja enzim selulase pada proses hidrolisis yang mengakibatkan berkurangnya kadar glukosa yang dihasilkan [8] [9]. Peningkatan kadar asam sulfat menyebabkan kadar gula reduksi yang dihasilkan akan semakin menurun.



Gambar 1. Proses hidrolisis

Penambahan NaOH digunakan sebagai pendegradasi lignin yang diharapkan hanya mendegradasi lignin dan tidak secara simultan mendegradasi selulosa, sehingga residu hasil degradasi dapat mengandung selulosa cukup tinggi dan lignin yang cukup rendah [10]. Degradasi lignin diperlukan karena bonggol jagung merupakan salah satu jenis tanaman yang mengandung cukup banyak lignin. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan ragi atau jenis khamir yang dapat memfermentasikan alkohol dengan konsentrasi tinggi secara spontan dan juga mempunyai daya yang tinggi dalam mengonversikan gula menjadi etanol.

Ragi ini telah banyak digunakan dalam dunia industri fermentasi. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* disebut dengan mikroorganisme yang aman karena kemampuannya membuat alkohol dan dipakai secara komersial.

Selain *Saccharomyces cerevisiae* pembuatan bioetanol juga dapat menggunakan mikroorganisme *Zymomonas mobilis* untuk memfermentasi gula sederhana menjadi etanol. Keunggulan *Zymomonas mobilis* adalah dapat memproduksi bioetanol lebih cepat daripada *Saccharomyces cerevisiae*. Tetapi kekurangan dari *Zymomonas mobilis* yaitu kisaran substrat terbatas pada fruktosa, glukosa, dan sukrosa, tidak dapat memfermentasi gula C5, dan juga tidak dapat menolerir adanya inhibitor beracun yang terdapat dalam hidrolisat lignoselulosa. Oleh karena itu, untuk pemakaian komersialnya untuk pembuatan bioetanol digunakan *Saccharomyces cerevisiae* karena dapat berfungsi sebagai fermentatif kuat [11]. Penggunaan urea yang memiliki kandungan nitrogen yang tinggi yaitu 46% [12] berfungsi sebagai nutrisi pertumbuhan sel mikroorganisme. Fungsi lain penambahan urea adalah sebagai penyedia asam nukleat dan asam amino tunggal serta vitamin yang dibutuhkan mikroorganisme untuk tetap hidup [13]. **Gambar 2** dan **Gambar 3** menyajikan foto proses fermentasi dengan alat tertutup beserta hasilnya.

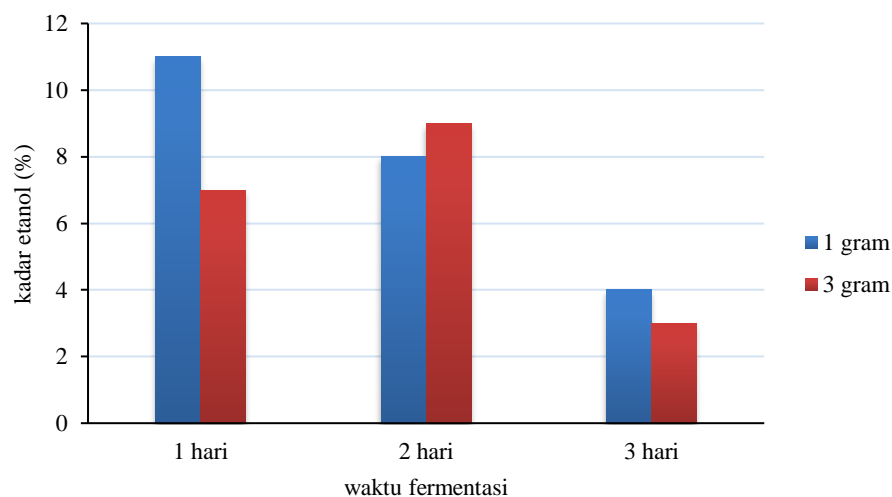


Gambar 2. Proses Fermentasi



Gambar 3. Hasil Fermentasi

Hasil analisa kadar bioetanol yang dihasilkan penelitian kali ini disajikan pada **Gambar 4**. Terlihat bahwa kadar maksimal etanol yang dihasilkan adalah 11%, dari penambahan ragi 1 gram dan waktu fermentasi 1 hari. Jika dibandingkan dengan hasil dari penelitian lain dengan proses yang serupa yaitu penggunaan substrat bonggol jagung dan *Saccharomyces cerevisiae* (**Tabel 2**), kadar 11% merupakan hasil yang tertinggi. Waktu fermentasi yang singkat dan persen ragi yang kecil terhadap jumlah substrat menjadi poin positif yang dihasilkan dari penelitian kali ini. Sehingga waktu dan biaya yang diperlukan jauh lebih kecil dan hasil yang didapatkan lebih maksimal.



Gambar 4. Grafik Kadar etanol berdasarkan waktu fermentasi dan berat ragi

Tabel 2. Perbandingan hasil kadar bioetanol dengan penelitian serupa

Waktu fermentasi optimal	Kadar ragi terhadap berat substrat (% berat/berat)	Kadar bioetanol	Sumber penelitian
72 jam	11%	8%	[3]
72 jam	15%	8,19%	[14]
168 jam	2%	5,21%	[15]
72	30%	1,023%	[16]
24 jam	2,5%	11%	Penelitian saat ini

Hasil positif ini dikarenakan penggunaan kondisi optimal dari semua aspek seperti konsentrasi asam sulfat yang sesuai pada proses hidrolisis [17], semakin besar konsentrasi katalis (asam sulfat) yang digunakan maka glukosa yang dihasilkan juga akan meningkat [18]. Peran NaOH sebagai pereduksi kadar lignin juga terbukti dapat meningkatkan kadar bioetanol yang dihasilkan. Studi pustaka menunjukkan pre-treatment dengan NaOH sebesar 1M dapat menurunkan kadar lignin dari 22,42% menjadi 1,49% [19], sehingga memperkecil inhibisi pada saat proses fermentasi berlangsung. Kondisi pH yang baik untuk fermentasi glukosa menjadi bioetanol yaitu pada pH 4,5-5,5 apabila terlalu rendah pada keadaan asam dan terlalu tinggi pada keadaan basa maka akan menyebabkan mikroba pada ragi akan mati. Pada penelitian ini pH yang digunakan sudah optimal sehingga kadar etanol yang didapatkan cukup tinggi.

Guna meningkatkan kemurnian dari bioetanol dapat digunakan proses tambahan yaitu proses distilasi dan adsorpsi. Penelitian ini masih digunakan proses distilasi saja sehingga apabila dilanjutkan dengan penambahan proses adsorpsi maka sangat dimungkinkan kadar bioetanol dapat meningkat. Proses adsorpsi menggunakan zeolit yang telah diaktivasi dapat meningkatkan kadar bioetanol sebesar 71,57% [20].

4. Kesimpulan

Bioetanol yang didapatkan dari proses fermentasi selama 1 hari dan penambahan ragi 1 gram mendapatkan kadar tertinggi yaitu 11%. Hasil ini merupakan yang tertinggi bila dibandingkan dengan studi penelitian lain dengan proses yang serupa. Adanya tambahan proses adsorpsi diperlukan untuk meningkatkan kadar bioetanol yang dihasilkan sehingga memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada grup riset Bioenergi Teknik Kimia UAD atas kerjasamanya dalam melakukan penelitian ini.

6. Referensi

- [1] O. A. Chukyuno, M. K. B. Abdul Hameid, S. Syahrullail, A. B. Abd Rahim and C. A. Johnson, "Biomass as a potential source of sustainable fuel, chemical and tribological materials – Overview," in *SIE 2019: Sustainable & Integrated Engineering International Conference*, 2021.
- [2] A. R. Fachry, P. Astuti and T. G. Puspitasari, "Pembuatan Bietanol Dari Limbah Tongkol Jagung Dengan Asam Klorida Dan Waktu Fermentasi," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 19, no. 1, pp. 60-69, 2013.
- [3] Z. F. Khaira, E. Yenie and S. R. Muria, "Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Tongkol Jagung Menggunakan Proses Simultaneous Sacharification And Fermentation (SSF) Dengan Variasi Konsentrasi Enzim Dan Waktu Fermentasi," *JOM FTEKNI*, vol. 2, no. 2, pp. 1-8, 2015.
- [4] T. Y. Hendrawati, A. I. Ramadhan and A. Siswahyu, "Pemetaan Bahan Baku Dan Analisis Teknoekonomi Bioetanol Dari Singkong (Manihot Utilissima) di Indonesia," *Jurnal Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 37-46, 2019.
- [5] I. Prasetyo, S. Sarjito and M. Effendy, "Analisa Performa Mesin Dan Kadar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dengan Memanfaatkan Bioetanol Dari Bahan Baku Singkong Sebagai Bahan Bakar Alternatif Campuran Peralite," *Media Mesin*, vol. 19, no. 2, pp. 43-54, 2018.
- [6] S. M. and M. F. Yanti, "Pengaruh Perlakuan Awal Basa Dan Asam Terhadap Kadar Gula Reduksi Tandan Kosong Kelapa Sawit," *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian*, vol. 20, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [7] L. A. Wijaya, N. S and S. B, "Uji Efektifitas Bioetanol Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Bahan Bakar Campuran Bensin Terhadap Unjuk Kerja Mesin Generator," *JURNAL SAINS DAN SENI ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 13-19, 2018.

- [8] R. Abejon, "A Bibliometric Study of Scientific Publications regarding Hemicellulose Valorization during the 2000–2016 Period: Identification of Alternatives and Hot Topics," *ChemEngineering*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [9] Y. Luo, Z. Li, X. Li, X. Liu, J. Fan, J. H. Clark and C. Hu, "The production of furfural directly from hemicellulose in lignocellulosic biomass: A review," *Catalysis Today*, vol. 319, pp. 14-24, 2019.
- [10] N. Kanani, R. Rahmayetty and E. Y. Wardhono, "Pengaruh Penambahan FeCl₃ dan Al₂O₃ Terhadap Kadar Lignin Pada Delignifikasi Tongkol Jagung Dengan Pelarut NaOH Menggunakan Bantuan Gelombang Ultrasonik," in *Prosiding Semnastek*, Jakarta, 2018.
- [11] W. M. Riswanto, S. R. Yenti and C. , "Pembuatan Bioetanol dari Nira Nipah Menggunakan Bakteri *Zymomonas Mobilis* dengan Variasi Pemekatan Medium dan Waktu Fermentasi," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1-8, 2017.
- [12] D. Amalia and R. Fajri, "Analisis Kadar Nitrogen Dalam Pupuk Urea Prill Dan Granule Menggunakan Metode Kjeldahl di PT Pupuk Iskandar Muda," *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 28-32, 2020.
- [13] S. Muslihah, "Pengaruh penambahan urea dan lama fermentasi yang berbeda terhadap kadar bioetanol dari sampah organik," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2012.
- [14] T. O. Meutia, "Optimasi Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.) Ditinjau dari Nisbah Ko-Kultur Ragi dan Pengadukan," Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana, 2016, 2016.
- [15] H. Iyabu and I. Isa, "Biokonversi Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan," *Jambura Journal of Chemistry*, vol. 1, no. 2, pp. 42-49, 2019.
- [16] U. Kalsum, "Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol," *Distilasi*, vol. 2, no. 1, pp. 46-54, 2017.
- [17] J. W. Harianja, N. Idiawati and R. , "Optimasi Jenis Dan Konsentrasi Asam Pada Hidrolisis Selulosa Dalam Tongkol Jagung," *JKK*, vol. 4, no. 4, pp. 66-71, 2015.
- [18] N. Herawati, D. U. Reynaldi and U. , "Pengaruh Jenis Katalis Asam Dan Waktu Fermentasi Terhadap % Yield Bioetanol Dari Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum Schumach*)," *Distilasi*, vol. 4, no. 2, pp. 19-26, 2019.
- [19] S. M. and M. F. Yanti, "Pengaruh Perlakuan Awal Basa Dan Asam Terhadap Kadar Gula Reduksi Tandan Kosongkelapa Sawit," *Jurnal Teknologi Industri & Hasil Pertanian* , vol. 20, no. 1, pp. 1-10, 2015.
- [20] B. Susilo, D. F. Nurirenia and S. H. Sumarlan, "Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Distilasi Dan Adsorpsi Dengan Penambahan Asam Sulfat (H₂SO₄) Pada Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben," *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, vol. 5, no. 1, pp. 19-26, 2017.