

Bidang: Teknik dan Analisis Kimia Mineral Topik: Rekayasa & Perancangan Proses Teknik Kimia

PROSES HIDROLISIS ENZIMATIK *ECO ENZYM* PADA PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT SINGKONG DENGAN METODE *SIMULTANEOUS SACCARIFICATION FERMENTATION (SSF)*

Marlinda¹, Faisyal², dan Wafiq Azizah³

^{1,3}Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda,

²Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda

marlinda@polnes.ac.id¹, faisyal@polnes.ac.id², wafiq.MY@gmail.com³

ABSTRAK

Kulit Singkong merupakan bagian luar dari umbi singkong dan belum dimanfaatkan dengan baik. Kulit singkong merupakan limbah dari singkong yang memiliki kandungan pati atau amilum sebanyak 10,384%. Bioetanol merupakan cairan hasil fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi *eco enzim* pada proses hidrolisis enzimatik dan pengaruh waktu fermentasi terbaik pada proses fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Variabel penelitian ada 2 yaitu variabel pertama pada proses hidrolisis dengan konsentrasi *eco enzyme* yaitu 30% dan 75% (V/V) dari volume media nutrisi. Variabel kedua pada proses fermentasi dengan variasi waktu fermentasi yaitu 2,3,4,5 dan 6 hari dengan penambahan *saccharomyces cerevisiae* 10% dari substrat dengan menggunakan metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)*. Kulit singkong dijadikan tepung kulit singkong yang sudah diayak dengan ukuran -70+100 mesh dan didelignifikasi dengan NaOH 10%. Tepung kulit singkong sebanyak 25 gr yang telah didelignifikasi dan 250 ml medium nutrisi dengan perbandingan 1:10 digunakan sebagai substrat dihidrolisis selama 2 jam dan fermentasi berlanjut dengan penambahan 10% *Saccharomyces cerevisiae* pada waktu fermentasi 2,3,4,5 dan 6 hari. Hasil yang didapatkan konsentrasi glukosa meningkat dari 3,84% menjadi 15,52% pada konsentrasi *eco enzim* 70%. Waktu fermentasi optimum didapatkan selama 4 hari dan menghasilkan konsentrasi etanol sebesar 422,50 g/L atau 42,25% dan *yield* bioetanol sebesar 40,72% pada konsentrasi *eco enzyme* 70%.

Kata kunci: Bioetanol, *eco enzyme*, fermentasi, kulit singkong, *saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

Cassava skin is the outer part of the cassava tuber and has not been used properly. Cassava peel is waste from cassava which has a starch or starch content of 10.384%. Bioethanol is a liquid resulting from the fermentation of sugar from a carbohydrate source using the help of microorganisms. The aim of the research was to determine the effect of adding *eco enzyme* concentration to the enzymatic hydrolysis process and the effect of the best fermentation time in the fermentation process on the ethanol content produced. There are 2 research variables, namely the first variable in the hydrolysis process with an *eco enzyme* concentration of 30% and 75% (V/V) of the volume of the nutrient media. The second variable in the fermentation process with variations in fermentation time, namely 2,3,4,5 and 6 days with the addition of 10% *saccharomyces cerevisiae* from the substrate using the *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* method. Cassava peel is made into cassava peel flour which has been sieved to a size of -70+100 mesh and delignified with 10% NaOH. 25 grams of delignified cassava peel flour and 250 ml of nutrient medium with a ratio of 1:10 were used as a substrate for hydrolysis for 2 hours and fermentation continued with the addition of 10% *Saccharomyces cerevisiae* at fermentation times of 2, 3, 4, 5 and 6 days. The results obtained glucose concentration increased from 3.84% to 15.52% at an *eco enzyme* concentration of 70%. The optimum fermentation time was found to be 4 days and produced an ethanol concentration of 422.50 g/L or 42.25% and a bioethanol yield of 40.72% at an *eco enzyme* concentration of 70%.

Keywords: bioethanol, cassava peel, *eco enzyme*, fermentation, *saccharomyces cerevisiae*.

PENDAHULUAN

Singkong adalah tanaman rakyat yang telah dikenal di seluruh pelosok Indonesia. Indonesia merupakan salah satu produsen singkong (sebagai salah satu sumber pati) terbesar di Asia dengan total produksi singkong mencapai 21,8 juta ton pada tahun 2015[1]. Pengolahan singkong secara terpadu merupakan upaya memanfaatkan seluruh bagian dari singkong tanpa ada yang terbuang termasuk kulitnya. Kulit singkong merupakan bagian kulit luar dari umbi singkong dan belum dimanfaatkan dengan baik. Persentase jumlah limbah kulit bagian luar sebesar 0,5 – 2 % dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam sebesar 8 – 15 %. Kulit singkong mengandung karbohidrat cukup tinggi mengandung komponen selulosa 43,626%, hemiselulosa 36,58 %, pati atau amilum 10,384%, lignin 7,646% dan 1,764% lainnya [2].

Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula atau glukosa dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatik. Metode hidrolisis secara enzimatik lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam. *Eco Enzyme* merupakan cairan multi fungsi yang mengandung banyak jenis enzim alami yang berasal dari buah dan sayuran, serta yang dihasilkan oleh mikroba dengan [3]. Dengan begitu *Eco Enzyme* dapat digunakan untuk menghidrolisis amilum menjadi glukosa sebagai bahan pembuatan bioetanol.

Eco enzyme merupakan hasil fermentasi dari bahan organik yang kaya akan mikroorganisme. Larutan *eco enzyme* tersusun dari zat organik kompleks hasil fermentasi, memiliki warna cokelat gelap dan aroma yang kuat (Hemalatha and Visantini,2020). *Eco enzyme* mengandung enzim protease, lipase, dan amilase yang dapat membunuh patogen [4]. Mikroorganisme di dalam *eco enzyme* sangat penting untuk membantu proses dekomposisi, transportasi unsur hara, dan mendegradasi polutan tanah termasuk logam berat [5]. Banyak jenis mikroorganisme yang berbeda dihasilkan selama proses fermentasi alami dalam *eco enzyme*, terutama bakteri asam laktat (seperti seperti *Lactobacillus* dan *Leuconostoc*) dan ragi (seperti *Pichia* dan *Candida*). Bakteri asam laktat merupakan mikroorganisme probiotik yang paling dikenal untuk mengurangi biokontaminasi. Proses fermentasi dalam pembuatan larutan *eco enzyme* akan menghasilkan dan melepaskan gas ozon (O₃). Ozon akan bekerja di bawah lapisan stratosfer untuk mengurangi gas rumah kaca dan logam berat yang terkandung di atmosfer [6]. Selama proses fermentasi juga akan menghasilkan gas NO₃ dan CO₃ yang dibutuhkan oleh tanah sebagai nutrisi untuk tanaman. Selain itu, juga dihasilkan asam organik dan alkohol. Keberadaan asam-asam organik inilah yang membuat larutan *eco enzyme* memiliki aktivitas antimikroba [5].

Sri Widyastuti dan Wawan Gunawan (2023) telah menggunakan eco enzim dalam pengolahan limbah air tahu dan fungsi eco enzim sama dengan enzim pada umumnya, yaitu untuk mempercepat degradasi dengan waktu yang singkat. Eco enzim ini dapat berfungsi dalam empat kategori: membusuk, menyusun ulang, mengubah dan katalisis. Eco enzim dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengolahan limbah dengan biaya yang lebih terjangkau dan mempercepat proses degradasi zat organik. Eco enzim juga dapat mengurangi lumpur dan bakteri berbahaya dalam limbah. Dengan demikian eco enzim dapat mendorong proses daur ulang limbah untuk Kembali ke bumi [18].

Proses hidrolisis dan fermentasi ini akan sangat efisien dan efektif jika dilakukan secara berkelanjutan tanpa melalui tenggang waktu yang lama. Hal ini sering dikenal dengan istilah *Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)* atau Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (SFS). Salah satu keuntungan proses SSF ini adalah hidrolisis dan fermentasi dilakukan dalam satu wadah sehingga dapat berlangsung secara efisien [7].

Tahapan produksi bioetanol berbahan lignoselulosa seperti kulit singkong terdiri dari tahapan pretreatment (delignifikasi), hidrolisis dan fermentasi. Proses pretreatment atau delignifikasi biomassa berlignoselulosa bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin yang dapat menghambat kerja enzim [8]. Proses hidrolisis dapat dilakukan secara kimiawi dan enzimatik. Dalam menghasilkan glukosa, hidrolisis secara kimiawi menggunakan larutan asam akan memotong ikatan secara acak. Hidrolisis enzimatik dilakukan dengan menggunakan enzim α -amilase, selulase, dan xilanase yang dapat dihasilkan atau disintesis dari mikroorganisme seperti *Trichoderma viride* dan *Aspergillus niger* [9]. Berdasarkan hal tersebut kedua jenis mikroorganisme tersebut dapat digunakan dalam proses hidrolisis komponen kulit ubi kayu. Metode SSF merupakan kombinasi dari proses hidrolisis selulosa dengan menggunakan enzim selulase dan khamir *Saccharomyces cerevisiae* untuk fermentasi gula menjadi etanol secara simultan atau serentak [10].

Secara umum hidrolisis enzimatik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan hidrolisis asam, tetapi hidrolisis enzimatik juga memiliki beberapa masalah. Seringkali hidrolisis enzimatik memerlukan waktu beberapa hari, sedangkan untuk asam hanya memerlukan waktu beberapa menit saja. Harga enzim cukup mahal dibandingkan dengan asam klorida atau asam sulfat yang murah. Enzim merupakan senyawa protein kompleks yang dihasilkan oleh sel-sel organisme dan berfungsi sebagai katalisator suatu reaksi kimia [11]. Kerja enzim sangat spesifik, karena strukturnya hanya dapat mengkatalisis satu tipe reaksi kimia saja dari suatu substrat, seperti hidrolisis, oksidasi dan reduksi. Ukuran partikel mempengaruhi laju hidrolisis.

Bioetanol adalah etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) yang dihasilkan dari proses fermentasi glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dari bahan baku nabati. Seperti disebutkan dalam PP No 5 Tahun 2006, bioetanol adalah salah satu Bahan Bakar Nabati (BBN), sebagai energi alternatif yang diwajibkan pemakaiannya. Hal ini didasari oleh Produksi BBM Nasional mulai menurun dari tahun ke tahun serta meningkatnya kebutuhan impor BBM nasional setiap tahunnya.

METODE PENELITIAN

Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu tahapan pertama adalah membuat tepung singkong dengan cara mengeringkan hingga kadar airnya sekitar 0,5% setelah itu dihaluskan dengan ukuran sekitar -70+100 mesh atau sekitar 0,308 mm. Tahapan yang kedua adalah proses delignifikasi dengan menggunakan larutan NaOH 10%, dengan ratio 1:12 dan dipanaskan pada suhu $160^{\circ}C$. Tahapan ketiga melakukan proses hidrolisis dengan *eco enzyme* dengan terlebih dahulu mengaktifkan dengan penambahan molase 5% (v/v) kemudian dihidrolisis dengan *eco enzyme* konsentrasi 30% dan 70% (b/v) selama 2 jam. Tahapan Fermentasi dengan mempersiapkan media nutrisi yang terdiri dari KH_2PO_4 , K_2SO_4 dan Urea dan mengaktifkan *saccharomyces cerevisiae* dengan penambahan glukosa dan dibiarkan selama 15 menit. setelah itu mencampurkan dengan substrat kulit singkong yang telah dihidrolisis dan fermentasi dilakukan selama 2, 3,4,5 dan 6 hari. Tahapan Terakhir Destilasi dengan menuangkan hasil fermentasi tepung singkong yang telah diketahui kadar etanol fermentasi dan dilakukan destilasi pada destilasi menggunakan bahan isian dan didestilasi dengan suhu campuran dijaga sekitar $78^{\circ}C - 93^{\circ}C$.

Analisa Kuantitatif untuk glukosa yang terdapat pada tepung kulit singkong yang telah dihidrolisis dengan metode *Luff Scroll* dan Analisa bioetanol dengan Analisa instrument *Gas Chromatography* (GC) serta Analisa aktivitas mikroorganisme dengan cara berat sel kering metode *gravimetri*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kulit singkong merupakan bagian dari yang terbuang dari singkong dan tidak dimanfaatkan lebih lanjut malah akan menjadi sampah yang akan dibuang ke tempat pembuangan sampah. Sehingga sangat memerlukan edukasi untuk pemanfaatannya agar menjadi lebih ekonomis. Kulit singkong dapat digunakan dalam pembuatan bioetanol, akan tetapi harus dilakukan pretreatment terlebih dahulu dengan cara membuat tepung kulit singkong dan proses delignifikasi karena kulit singkong mempunyai kadar lignin sebesar 7,646% sehingga perlu dilakukan delignifikasi terlebih dahulu sebelum proses hidrolisis dan fermentasi. Proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara berkesinambungan tanpa melakukan separasi dan penetralan karena menggunakan metode hidrolisis enzimatis dengan *eco enzyme*. Proses hidrolisis kulit singkong menggunakan *eco enzyme* yang dibuat dari fermentasi sampah kulit buah dan sisa sayuran sehingga akan menghasilkan berbagai enzim yang terdapat pada kulit buah dan sayuran. Proses aktivitas *eco enzyme* dalam menghidrolisis kulit singkong dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil hidrolisis enzimatis kulit singkong

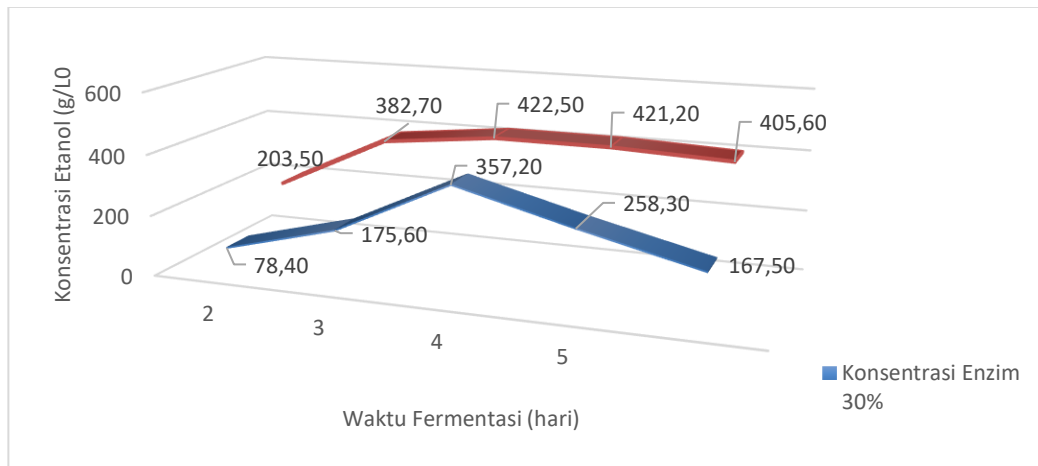
No.	Konsentrasi <i>eco enzyme</i> (%)	Konsentrasi glukosa sebelum hidrolisis	Konsentrasi glukosa setelah hidrolisis	Aktivitas Eco Enzim (unit/ml)
1.	30	3,8	9,34	0,855
2.	75	3,8	15,52	1,806

Hidrolisis dilakukan secara enzimatis dengan menggunakan *eco enzyme* yang merupakan suatu enzim sampah (sampah organik buah dan sayur) yang memainkan peranan penting untuk mencapai degradasi yang mirip dengan kinerja enzim komersial. Variasi konsentrasi *eco enzyme* 30% dan 75% (v/v) dapat menghasilkan konsentrasi glukosa yang meningkat dengan waktu hidrolisis selama 2 jam sebelum menambahkan ragi (*yeast Saccharomyces cerevisiae*). *Eco enzyme* berfungsi sebagai katalis pada proses hidrolisis dalam mengubah amilum menjadi glukosa [12]. Aktivitas *eco enzyme* terlihat aktif secara signifikan pada konsentrasi 30% dan 75%, aktivitas *eco enzyme* yang menyatakan seberapa besar kemampuan dalam menguraikan polisakarida menjadi monosakarida (glukosa) untuk konsentrasi 70% lebih besar dan lebih menghasilkan konsentrasi glukosa yang lebih tinggi. Setelah proses hidrolisis dapat dilanjutkan dengan menambahkan ragi yang telah diinokulasi tanpa harus melakukan penetralan dan pemisahan sehingga akan mengurangi biaya dan waktu proses pembuatan.

Proses dilanjutkan dengan fermentasi dan ditambahkan ragi (*yeast Saccharomyces cerevisiae*) dilakukan untuk mengubah glukosa hasil hidrolisis menjadi etanol dan dengan menggunakan media nutrisi yang terbuat dari urea, KH_2PO_4 dan KH_2SO_4 yang dilarutkan dengan aquadest. Urea berfungsi sebagai sumber nitrogen (N) selama proses fermentasi, KH_2PO_4 berfungsi

sebagai sumber nutrisi yang diperlukan mikroorganisme selama fermentasi dan KH_2SO_4 berfungsi dalam mengatur pertumbuhan mikroorganisme [13]. Fermentasi dilakukan dengan memvariasikan waktu fermentasi agar didapatkan hasil kadar bioetanol yang optimal. Konsentrasi etanol akhir diukur setelah dilakukan proses destilasi sehingga akan menghasilkan volume bioetanol yang akan berkurang setelah proses destilasi karena sebagian akan teruapkan dari campuran tersebut akan tetapi menghasilkan etanol yang mempunyai konsentrasi yang lebih tinggi.

Hasil fermentasi pada variasi konsentrasi *eco enzyme* dan waktu fermentasi dengan bantuan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dalam menghasilkan bioetanol dapat dilihat pada Gambar 1.



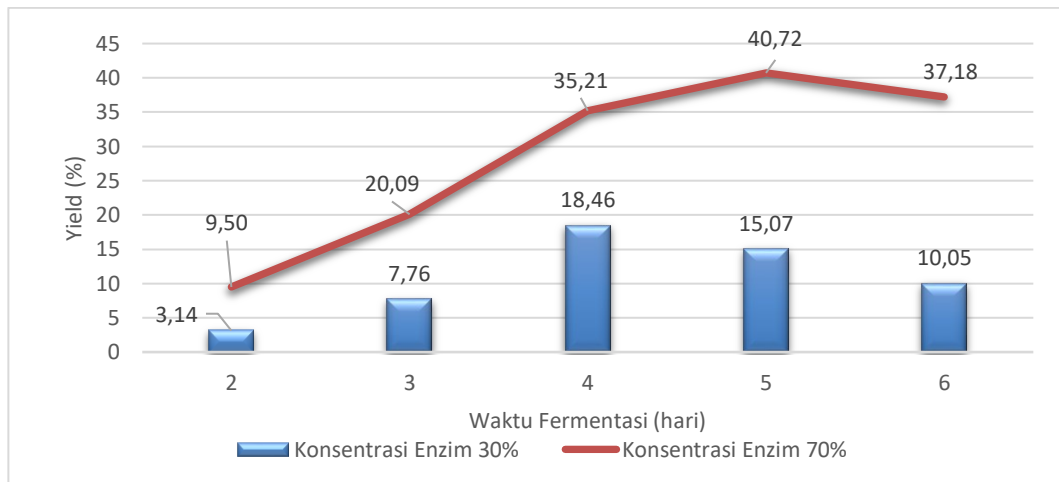
Gambar 1. Grafik hubungan konsentrasi etanol dengan waktu fermentasi

Pada konsentrasi *eco enzyme* 30% dan 70% (v/v) menghasilkan konsentrasi bioetanol yang terus naik. Kenaikan kadar bioetanol dipengaruhi oleh kandungan glukosa dan waktu fermentasi yang dibutuhkan mikroba untuk memanfaatkan nutrisi di dalam medium. Semakin lama fermentasi dan semakin banyak nutrisi yang ada di dalam medium maka kadar etanol juga akan semakin meningkat. Bioetanol terbentuk karena adanya aktivitas ragi *Saccharomyces cerevisiae* dalam memfermentasi glukosa sederhana menjadi etanol. Sehingga aktivitas ragi *Saccharomyces cerevisiae* akan mempengaruhi jumlah kadar etanol. akan tetapi pada waktu fermentasi 6 hari untuk konsentrasi *eco enzyme* 30% dan 70% mengalami penurunan produktivitas etanol hal ini dapat disebabkan reaksi fermentasi berlanjut untuk menghasilkan metabolit sekunder yaitu asam asetat sehingga konsentrasi etanol akan menurun karena akan terurai membentuk asam asetat (14). Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa waktu fermentasi dari kulit singkong mencapai titik optimum pada waktu fermentasi hari empat dengan kadar bioetanol sebesar 357,20 g/L atau 35,72% untuk konsentrasi enzim 30% sedangkan konsentrasi 70% menghasilkan konsentrasi etanol 422,5 g/L atau 42,25%. Hal ini menunjukkan pada waktu fermentasi hari keempat pertumbuhan ragi *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase eksponensial yaitu fase perkembangan ragi yang meningkat sehingga ragi bekerja secara optimum untuk mengubah glukosa menjadi bioetanol. Hal ini mungkin terjadi karena ketersediaan nutrisi yang dihasilkan juga besar. Dengan begitu dapat dilihat dari data tersebut bahwa mikroorganisme menggunakan nutrisi untuk tumbuh dan melakukan metabolisme yang sangat cepat pada hari keempat dengan keaktifan *Saccharomyces cerevisiae* dapat mendegradasi glukosa menjadi etanol.

Semakin meningkatnya konsentrasi *eco enzyme*, dan waktu fermentasi maka kebutuhan nutrisi juga akan meningkat. Namun *yield* bioetanol juga dipengaruhi oleh volume bioetanol yang dihasilkan dari proses pemurnian (destilasi), dapat dilihat pada Gambar 2.

Perolehan *yield* bioetanol cenderung mengalami peningkatan pada variasi waktu fermentasi untuk konsentrasi *eco enzyme* 30% dan 70%. Hasil tersebut menggambarkan perolehan *yield* yang berkaitan dengan pengaruh konsentrasi bioetanol dan volume bioetanol yang dihasilkan cenderung lebih sedikit karena adanya proses destilasi hanya sekitar 40 -110 ml dari 300 ml substrat. Oleh karena itu, *yield* yang diperoleh juga cenderung fluktuatif dan nilainya tergolong kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa kestabilan dan ketahanan sel SC terhadap lingkungan semakin rendah sehingga aktivitas sel dan jumlah sel semakin menurun. Dengan begitu proses fermentasi oleh sel dengan mengkonversi gula menjadi bioetanol semakin menurun. Kecenderungan penurunan konsentrasi bioetanol yang terjadi diduga akibat terjadinya lisis pada sel SC. Autolisis pada sel akan menyebabkan mitokondria mengeluarkan enzim yang dapat menghancurkan membran sel sehingga sel mengalami kerusakan dan komponen sel akan hilang serta terdispersi ke dalam media [8]. Selain itu, penurunan konsentrasi bioetanol pada penambahan konsentrasi immobilisasi sel juga dapat disebabkan karena *Saccharomyces cerevisiae* yang ada lebih banyak menggunakan nutrisi tersebut untuk bertahan hidup sehingga sel SC tidak mampu lagi menghasilkan enzim

zimase, dimana enzim zimase ini yang berperan untuk mengubah glukosa menjadi alkohol. Selain itu juga dapat disebabkan karena berlanjutnya reaksi fermentasi untuk menghasilkan metabolit sekunder yaitu asam asetat.



Gambar 2. Grafik hubungan yield bioetanol dengan waktu fermentasi

KESIMPULAN

Pengaruh konsentrasi eco enzim pada proses hidrolisis memberikan hasil yang signifikan dengan dapat menaikkan konsentrasi glukosa dari 3,82% menjadi 9,34% untuk konsentrasi enzim 30% sedangkan konsentrasi 70% memberikan hasil 15,52%. Dengan begitu aktivitas eco enzim mampu menguraikan polisakarida menjadi monosakarida, pengaruh konsentrasi eco enzim pada proses hidrolisis enzimatis memberikan aktivitas sel atau kinerja eco enzim untuk konsentrasi 70% menghasilkan aktivitas enzim yang lebih besar 1,806 unit/ml sedangkan konsentrasi eco enzim 30% 0,86 unit/ml. Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) tidak memerlukan separasi setelah hidrolisis akan tetapi dapat menambah mikroorganisme yang ikut dalam proses fermentasi bersama dengan *Saccharomyces Cerevisiae* sehingga kinerja mikroorganisme dalam degradasi substrat dapat menghasilkan enzim zimase yang lebih besar untuk membentuk etanol. Metode *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) memberikan hasil yang naik secara signifikan terhadap waktu fermentasi. Semakin lama waktu fermentasi akan menghasilkan konsentrasi etanol yang semakin tinggi, waktu optimum yang terjadi untuk konsentrasi eco enzim 30% waktu optimum 4 hari dengan hasil konsentrasi etanol 18,46% sedangkan konsentrasi 70% waktu optimum 5 hari dengan konsentrasi 42,24%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada Manajemen Politeknik Negeri Samarinda dan Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah banyak membantu dan memfasilitasi pada penelitian ini serta Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artiyani, A And Soedjono, E.S. 'Bioetanol Dari Kulit Limbah Singkong Melalui Proses Hidrolisis dan Fermentasi Dengan *Saccharomyces cerevisiae*', *Journal of Community Engagement in Health*, Pp. 1-8. 2011.
- [2] Anggriani, D., Kalsum, U. And Nurjannah, N. 'Pengaruh Konsentrasi Enzim Silanase Dan *Saccharomyces Cerevisiae* Dalam Pembuatan Bioethanol Dari Limbah Kulit Singkong Dengan Proses Sakarifikasi Dan Fermentasi Simultan', *Journal Of Chemical Process Engineering*, 5(2), Pp. 44-49. Doi: 10.33536/Jcpe.V5i2.745.2020.
- [3] Arie, Srihadyastuti, dan Angelina Rosmawati. Keajaiban Eco Enzyme dari sampah menjadi berkah. Nas Media Pustaka. 2023
- [4] Safitri, I. *Et Al.* 'Peningkatan Kesehatan Masyarakat Teluk Batang Secara Mandiri Melalui Pembuatan Handsanitizer Dan Desinfektan Berbasis Eco-Enzyme Dari Limbah Sayuran Dan Buah', *Journal Of Community Engagement In Health*, 4(2), Pp. 371-377. Doi: 10.30994/Jceh.V4i2.248. 2021.
- [5] Zhu, G. *Et Al.* Effects Of Garbage Enzyme On The Heavy Metal Contents And The Growth Of Castor Under Mine Tailing', *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 474(2). Doi: 10.1088/1755- 1315/474/2/022010.2020.
- [6] Larasati, D., Astuti, A. P. And Maharani, E. T. 'Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme Dari Limbah Kulit Buah', *Seminar Nasional Edusainstek*, Pp. 278-283. 2020.

- [7] Jayus, J., Suwasono, S. And Wijayanti, I. 'Produksi Bioetanol Secara Shf Dan Ssf Menggunakan Aspergillus Niger, Trichoderma Viride Dan New Aule Instant Dry Yeast Pada Media Kulit Ubi Kayu', *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), P. 61. Doi: 10.19184/J-Agt.V11i1.5448. 2017.
- [8] Farhan, H. And Susila, I. W. 'Pemanfaatan Ampas Tebu (Bagasse) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Bioetanol Dengan Metode Distilasi Menggunakan Batu Kapur Mesh 80 Dengan Variasi Berat Dan Suhu Pemanasan Batu Kapur', *Jtm*, 07(02), Pp. 83–88. 2019.
- [9] Windarti, A., Novia And Rosmawati . 'Pembuatan Bioetanol Dari Jerami Padi Dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous An Fermentation (Ssf) – ', *Jurnal Teknik Kimia*, 20(3), Pp. 38–48. 2014.
- [10] Sebayang, F. 'Pembuatan Etanol Dari Molase Se Cara Fermentasi Menggunakan Sel Saccharomyces Cerevisiae Yang Terimobilisasi Pad ...', *Jurnal Teknologi Proses*, (Juli). 2006.
- [11] Septiani, U. *Et Al.* 'Eco Enzyme : Pengolahan Sampah Rumah Tangga Menjadi Produk Serbaguna Di Yayasan Khazanah Kebajikan', *Jurnal Universitas Muhamadiyah Jakarta*, 02(1), Pp. 1–7. 2021.
- [12] Supriyani, Astuti, A. P. And Maharani, E. T. W. 'Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur', *Seminar Nasional Edusainstek*, Pp. 470–479. 2020.
- [13] Wiratmaja, I. G. *Et Al.* 'Pembuatan Etanol Generasi Kedua Dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut Eucheuma Cottonii Sebagai Bahan Baku I Gede Wiratmaja (1) , I Gusti Bagus Wijaya Kusuma (2) Dan I Nyoman Suprpta Winaya (2)', 5(1). 2011.
- [14] Witantri, R. G. *Et Al.* 'Bioethanol Production By Utilizing Cassava Peels Waste Through Enzymatic And Microbiological Hydrolysis', *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 75(1). Doi: 10.1088/1755-1315/75/1/012014. 2017.
- [15] Yanie, N. H. Dan N. S. 'Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Singkong Melalui Proses Hidrolisa Asam Dan Enzimatis'. 2009.
- [16] Zheng, Y., Pan, Z. And Zhang, R. 'Overview Of Biomass Pretreatment For Cellulosic Ethanol Production', 2(3), Pp. 51–68. Doi: 10.3965/J.Issn.1934-6344.2009.03.051-068.2009.
- [17] Herawati, N., Juniar, H. And Setiana, R. W. 'Pembuatan Bioetanol Dari Pati Ubi Talas (Colocasia L. Schoot) Dengan Proses Hidrolisis', *Distilasi*, 6(1), Pp. 7–17. 2021.
- [18] Sri Widyastuti dan Wawan Gunawan. Eco Enzim untuk Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknik Unipa*. 2023