

PRODUKSI BIOETANOL DARI REJECT OF STOCK PREPARATION PADA PROSES PEMBUATAN KERTAS DENGAN PROSES HIDROLISIS DAN FERMENTASI

Jufri Suanto Sitinjak¹⁾, Chairul²⁾, Sri Rezeki Muria³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia S1, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Bioproses dan Laboratorium Teknologi Pulp
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Jl. H.R. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹⁾Email: jufrysuwanto@gmail.com

ABSTRACT

*Indonesia is one of the largest paper producing and exporting countries in the world. Along with the increase in paper production, solid waste is generated from the reject of stock preparation. These reject of stock preparation has the potential to produce bioethanol because it contains a high cellulose content of 85,53% and hemicellulose 3,88% which is able to support the provision of renewable and environmental friendly fuels. The purpose of this study was to obtain the concentration of sulfuric acid (H₂SO₄) and hydrolysis temperature that can produce the highest sugar concentration in the reject of stock preparation hydrolysis process into sugar; to get the best pH value and fermentation time in the fermentation process by using *Saccharomyces cerevisiae*; and also get the percent yield of fermented sugar into bioethanol. The stages in this research is pretreatment of samples refined with a 1000 micron sieve (18 mesh), then the hydrolysis process with various concentrations of sulfuric acid (H₂SO₄) 6, 8, 10, 12% (v/v) and temperatures of 120°C, 130°C and 140°C for 30 minutes. Finally, the fermentation process was carried out with a variation of pH 4.5; 5; and 5,5 and fermentation time of 24, 48, 72 and 96 time. Based on the research results, the highest total sugar concentration of 9,8244 g/l was obtained in the hydrolysis process with a concentration of 12% (v/v) H₂SO₄ and a temperature of 140°C. The highest bioethanol concentration of 5.83 g/l was obtained in the fermentation process with the best pH 4.5 and fermentation time of 72 hours with the percent yield obtained at 85.88% (0.44 gram bioethanol / gram sugar).*

Keywords : Bioethanol, fermentation, hydrolysis, reject of stock preparation, *Saccharomyces cerevisiae*

1. Pendahuluan

Krisis energi bahan bakar minyak merupakan masalah yang dihadapi hampir di setiap negara. Di Indonesia kebijakan pengurangan subsidi BBM merupakan upaya yang diterapkan pemerintah untuk mencukupi kebutuhan BBM. Kebijakan ini mengakibatkan ketergantungan masyarakat terhadap BBM yang merupakan sumber daya yang tak terbarukan. Cadangan minyak dunia

sekarang diperkirakan hanya 1,2 triliun barel, sebagian besar ada di Timur Tengah. Diprediksikan, bahwa cadangan itu hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan dunia selama 30 tahun ke depan. Ancaman yang dapat ditimbulkan akibat ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yakni faktor semakin menipisnya cadangan minyak bumi, kenaikan atau ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak dan faktor polusi

akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan (Anggraini dkk, 2017).

Salah satu energi alternatif yang dapat menggantikan sumber energi fosil adalah bioetanol. Bioetanol adalah cairan biokimia dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol mempunyai prospek yang baik sebagai pengganti bahan bakar cair dengan bahan baku yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan serta sangat menguntungkan secara ekonomi (Wijana dkk, 1991). Bahan baku pembuatan bioetanol selama ini lebih banyak bersumber dari tanaman yang mengandung gula (tebu) dan pati (singkong, jagung, dan sagu). Tetapi penggunaan bioetanol dari tanaman ini mengurangi pasokan yang seharusnya digunakan sebagai bahan pangan. Oleh karena itu, pilihan lain yang potensial adalah dengan memanfaatkan limbah biomassa industri sebagai bahan baku.

Limbah biomassa terdapat pada beberapa industri di Indonesia. Contoh industri pulp dan kertas, pabrik gula, pabrik kelapa sawit. Pada tahun 2018, Indonesia berada di peringkat ke-9 untuk produsen pulp terbesar di dunia serta posisi ke-6 untuk produsen kertas terbesar di dunia. Keberadaan industri ini terus tumbuh berkembang 5% tiap tahun. Ada 84 perusahaan pulp dan kertas di Indonesia. Pada tahun 2018, kapasitas produksi pulp di Indonesia sebesar 11 juta ton per tahun dan produksi kertas 16 juta ton per tahun (Kemendag RI, 2019). Proses pembuatan kertas tentu menghasilkan buangan/sisa (*reject*) yang menjadi limbah. Dalam proses produksi kertas tersebut dapat menghasilkan *reject of stock preparation* sekitar 0,96 juta ton pertahun yang berpotensi besar menjadi bahan baku pembuatan bioetanol. Di mana, pada proses pembuatan kertas dapat menghasilkan sekitar 5-7% *reject of stock preparation* terhadap *throughput* (ton/hari) produksi kertas. Kandungan selulosa *reject* tersebut sangat tinggi sekitar 85,53%, hemiselulosa 3,88%, kandungan ligninnya

sangat rendah sebesar 0,51%, dan kandungan anorganik/*ash* 9,1% (data berasal dari analisis penelitian ini). Limbah ini menarik untuk diteliti lebih lanjut, karena kandungan selulosa dan hemiselulosa dalam bahan tersebut sangat tinggi, dan juga untuk menentukan seberapa besar potensial untuk dijadikan bioetanol. Di samping juga membantu ketersediaan energi terbarukan, juga dapat menurunkan jumlah limbah yang berasal dari proses pembuatan pulp dan kertas.

Tahapan produksi bioetanol dari *reject of stock preparation* pada proses pembuatan kertas ada empat tahapan proses yaitu *pretreatment*, hidrolisis, fermentasi dan pemisahan. Proses *pretreatment* merupakan tahap perlakuan awal untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa, dan memperkecil ukuran partikel. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan asam atau dengan menggunakan enzim, kedua proses memiliki keuntungan masing-masing, Namun jika penerapannya untuk skala industri, proses hidrolisis asam akan lebih menguntungkan mengingat waktu proses yang lebih cepat (Heinonen, 2012). Proses hidrolisis adalah proses yang digunakan untuk memperoleh kadar gula tinggi. Tahap fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* merupakan jenis mikroorganisme yang paling banyak digunakan untuk fermentasi alkohol karena mampu menghasilkan bioetanol dengan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan jenis mikroorganisme lainnya. Selain itu, mikroorganisme ini sangat mudah ditumbuhkan, membutuhkan nutrisi yang sederhana, laju pertumbuhan yang cepat, dan sangat stabil (Walker, 2010).

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) dan suhu hidrolisis yang dapat menghasilkan konsentrasi gula tertinggi dalam proses hidrolisis *reject of stock preparation* pada proses pembuatan kertas menjadi gula, selanjutnya untuk

mendapatkan nilai pH dan waktu fermentasi yang terbaik pada proses fermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan untuk mendapatkan persen *yield* fermentasi gula hasil hidrolisis menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

2. Metode dan Bahan

2.1. Alat dan Bahan

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah *reject of stock preparation* pada proses pembuatan kertas yang berasal dari Mesin Kertas #6 (PPM6), Perusahaan PT IKPP Perawang mill. Bahan berupa campuran pulp dan kontaminan dalam bentuk padatan. Bahan kimia yang digunakan adalah asam sulfat (H_2SO_4) 98% dan NaOH 29%. Bahan-bahan pendukung lainnya yang digunakan adalah aquades, urea, NPK dan ragi (*S. cerevisiae*).

Alat yang digunakan untuk reaksi hidrolisis adalah reaktor parr (*parr reactor*). Alat yang dipakai untuk reaksi fermentasi adalah fermentor sederhana. Pengukuran konsentrasi gula menggunakan *ion chromatography*, serta metode COD dikromat untuk mengukur konsentrasi bioetanol. Alat pendukung lainnya yaitu termometer, neraca analitik, labu erlenmeyer, pipet ukur, *beaker glass*, pipet volume, mortar dan alue (*pestle*), ayakan 1000 mikron (18 mesh), *stopwatch*, labu ukur, pH meter, spatula, *aluminium foil*, dan kertas saring.

2.2. Variabel Penelitian

a. Variabel Kontrol

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Waktu hidrolisis : 30 menit
- Berat *reject of stock preparation* : 35,3 gram
- Padatan *reject* : larutan H_2SO_4 : 1:30 (w/v) (Maceiras, 2016)
- Waktu inokulum : 24 jam (Amalia, 2014)
- Volume inokulum : 10% (v/v)
- Volume fermentasi : 1000 ml

- Pengadukan hidrolisis : 200 rpm

b. Variabel Bebas

Variabel yang berubah pada penelitian konversi *reject* proses pembuatan kertas menjadi bioetanol ini adalah

- Konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) : 6, 8, 10, 12% (v/v)
- Suhu hidrolisis : 120, 130, 140°C
- Waktu fermentasi : 24, 48, 72, 96 jam
- pH fermentasi : 4,5; 5; 5,5

c. Variabel Terikat

Variabel terikat yang merupakan hasil dari percobaan ini adalah konsentrasi bioetanol.

2.3. Pre-treatment Sampel

Sampel bahan diambil dari *reject* persiapan bahan pada proses pembuatan kertas (*reject of stock preparation*) Mesin Kertas #6. *Reject of stock preparation* ini berupa padatan kasar basah, yang selanjutnya dikeringkan untuk menghilangkan kandungan airnya. Kemudian dilanjutkan *pretreatment* bahan, sampel padatan kering dihaluskan dengan ayakan 1000 mikron (18 mesh) hingga diperoleh ukuran sampel lebih kecil dan seragam.

2.4. Hidrolisis Asam

Encerkan asam sulfat (H_2SO_4) 98% berdasarkan persentase volume 6, 8, 10, 12% (v/v) ke dalam labu ukur. *Reject of stock preparation* yang telah melalui tahap *pretreatment* dimasukkan ke dalam reaktor parr. Selanjutnya, tambahkan H_2SO_4 yang telah dibuat sebelumnya dengan perbandingan dosis (w/v) berat padatan *reject of stock preparation* : volume larutan yang telah ditetapkan sebanyak 1000 ml. Hidrolisis dijalankan masing-masing pada suhu 120, 130, dan 140°C selama 30 menit.

2.5. Pembuatan Inokulum

Lakukan pengukuran pH hasil hidrolisis dengan pH meter, dan lakukan penambahan NaOH sedikit demi sedikit sampai pH menjadi 4,5. *S. cerevisiae* dari

ragi kemasan diinokulasi dalam 100 ml medium yang terdiri dari 0,5 g/l $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (urea) dan 0,6 g/l $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (NPK) (Akhir, dkk., 2015) dan substrat hasil hidrolisis dalam labu erlenmeyer 500 ml.

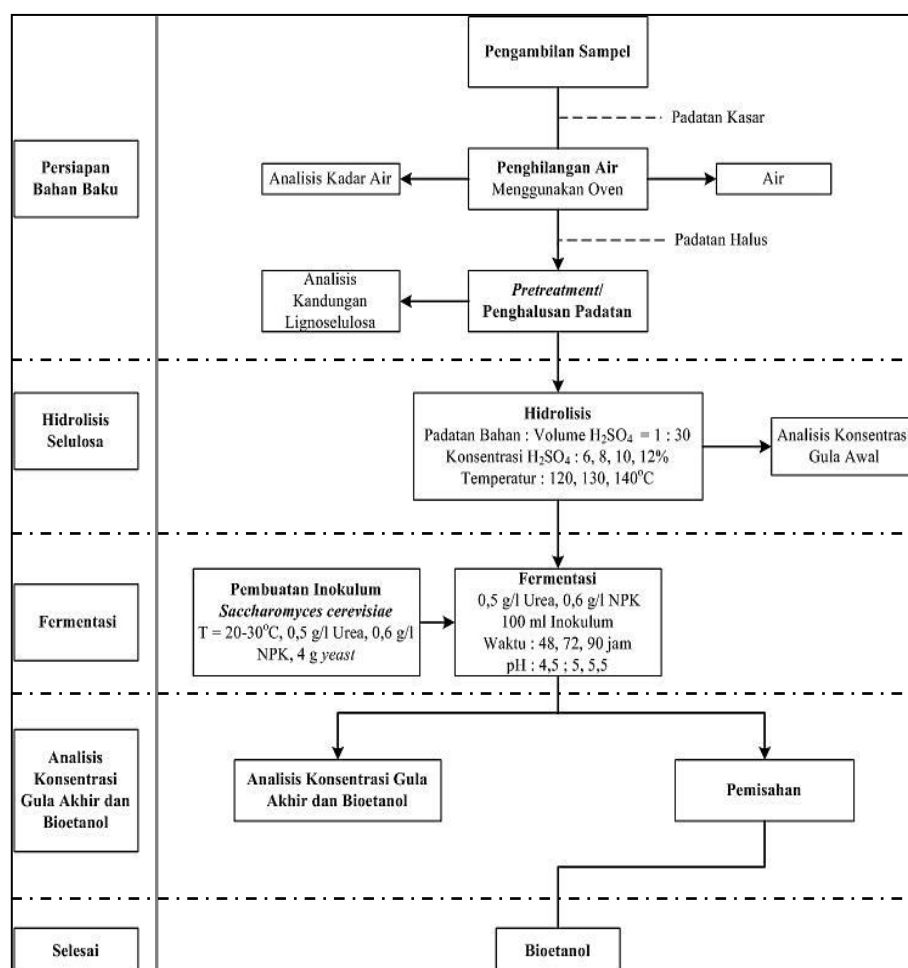
2.6. Fermentasi

Substrat hasil hidrolisis dimasukkan dalam labu erlenmeyer sebanyak 1 liter. Kemudian ditambahkan nutrisi 0,5 g/l $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (urea) dan 0,6 g/l $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (NPK) ke dalam fermentor, lalu dihomogenkan menggunakan *shaker*. Kemudian, dibuat menjadi 3 bagian yang terdiri dari variasi pH 4,5; 5; dan 5,5. Selanjutnya medium fermentasi disterilkan dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit, lalu didinginkan sampai suhu $25\text{--}30^\circ\text{C}$. Proses fermentasi dilakukan dengan cara menambahkan inokulum sebanyak 100 ml (10%) ke dalam medium fermentasi dan kemudian diaduk.

Fermentasi dilakukan selama 4 hari dengan kecepatan pengadukan konstan. Pengambilan sampel diambil pada waktu fermentasi 24, 48, 72 dan 96 jam. Dapat dilihat pada Gambar 1.

2.7. Analisis Hasil

Pada penelitian ini parameter yang dianalisis yaitu konsentrasi gula (glukosa dan xilosa) dan konsentrasi bioetanol. Konsentrasi gula terdiri dari konsentrasi gula awal hasil hidrolisis dan konsentrasi gula sisa hasil fermentasi. Konsentrasi gula dianalisis dengan metode *ion chromatography*. Konsentrasi bioetanol dilakukan dengan menggunakan metode COD dikromat. Di mana konsentrasi COD dikromat sebagai O_2 dikurangi dengan konsentrasi gula sisa hasil fermentasi sebagai O_2 .

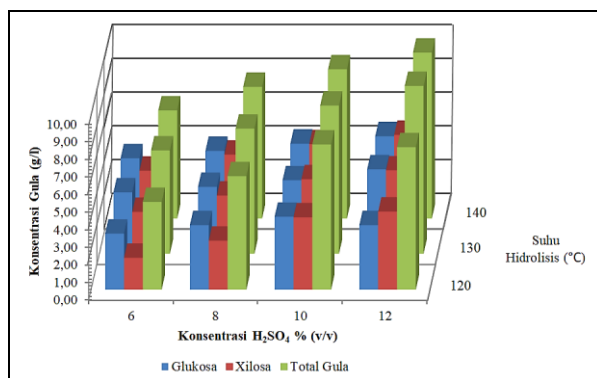


Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Sulfat dan Suhu Hidrolisis Terhadap Konsentrasi Gula

Pada penelitian ini lignoselulosa dihidrolisis menggunakan larutan asam sulfat dengan variasi konsentrasi asam dan variasi suhu hidrolisis. Proses hidrolisis menggunakan reaktor parr yang dapat mempertahankan tekanan selama reaksi hidrolisis berlangsung. Setiap sampel dari variabel yang ditentukan dianalisis menggunakan metode *ion chromatography*.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Suhu Hidrolisis Terhadap Kandungan Glukosa, Xilosa dan Total Gula

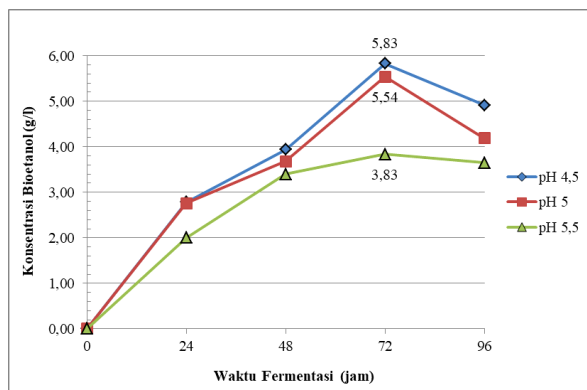
Gambar 2. dapat dilihat konsentrasi larutan glukosa, xilosa dan total gula yang diperoleh dari proses hidrolisis *reject of stock preparation* yang selanjutnya akan digunakan sebagai medium fermentasi. Variasi konsentrasi asam sulfat yang digunakan adalah 6, 8, 10, 12 % (v/v) dan variasi suhu hidrolisis 120, 130, 140°C dengan waktu hidrolisis 30 menit. Hasil proses hidrolisis tertinggi didapat pada konsentrasi asam sulfat 12% (v/v) dan suhu hidrolisis 140°C, di mana didapat konsentrasi gula total sebesar 9,8244 g/l yang terdiri dari konsentrasi glukosa 4,8713 g/l dan xilosa 4,9531g/l.

Gambar 2. menunjukkan konsentrasi gula meningkat seiring peningkatan konsentrasi asam sulfat dan peningkatan suhu hidrolisis dengan waktu hidrolisis tetap selama 30 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan, maka glukosa yang dihasilkan akan semakin tinggi pula (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Akan tetapi, jika penambahan konsentrasi suatu larutan asam terlalu banyak, maka glukosa yang dihasilkan akan berkurang. Hal ini disebabkan banyaknya pembentukan gugus radikal bebas, akan tetapi penambahan konsentrasi tersebut menyebabkan semakin sedikitnya molekul air dalam larutan hidrolisis. Sehingga, ketersediaan gugus OH⁻ berkurang yang berfungsi sebagai pengikat gugus radikal bebas pembentuk glukosa dan glukosa yang dihasilkan pula menjadi sedikit (Hikmiyati & Yantie, 2008). Selain itu penggunaan konsentrasi asam yang tinggi berisiko tinggi dan memerlukan peralatan tahan karat yang mahal. Parameter suhu hidrolisis juga memiliki kondisi optimal, jika suhu hidrolisis terlalu tinggi maka glukosa yang pecah akan berubah menjadi arang dan produk samping seperti *5-hydroxymethyl furfural* (HMF), *levulinic acid*, asam asetat, asam format, *uronic acid*, *4-hydroxybenzoic acid*, *vanilic acid*, vanillin, fenol, *cinnamaldehyde*, dan formadehid (Haryani dkk, 2015).

3.2. Pengaruh Variasi pH Awal dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Substrat yang digunakan dalam fermentasi pada penelitian ini adalah gula yang berasal dari proses hidrolisis *reject of stock preparation*. Proses fermentasi menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* yang dilakukan secara *batch*

dan pengambilan sampel secara kontinu setiap 24 jam. Setiap sampel dilakukan analisis kuantitatif konsentrasi bioetanol dan konsentrasi gula sisa. Analisis konsentrasi bioetanol menggunakan metode COD dikromat. Analisis bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum fermentasi yang ditentukan dengan cara menganalisis konsentrasi bioetanol hasil fermentasi. Pengaruh variasi pH awal dan waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol dapat dilihat pada gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Pengaruh Waktu Fermentasi dan pH Awal Fermentasi Terhadap Konsentrasi Bioetanol yang Dihasilkan

Gambar 3. menunjukkan hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada variasi derajat keasaman (pH). Dari grafik di atas didapatkan hasil bahwa pada pH awal fermentasi 4,5 dan waktu fermentasi selama 72 jam diperoleh konsentrasi bioetanol tertinggi yaitu sebesar 5,83 g/l. Dengan persen *yield* fermentasi tertinggi diperoleh sebesar 85,88% (0,44 gram bioetanol/gram gula) pada kondisi tersebut. Persen *yield* fermentasi diperoleh dari perbandingan produk bioetanol aktual dengan hasil fermentasi teoritis dikali 100%. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas reaksi fermentasi dalam menghasilkan bioetanol. Pada pH awal fermentasi 4,5 dan 5 dan waktu fermentasi 72 jam menghasilkan konsentrasi bioetanol lebih rendah sedikit dan tidak signifikan berbeda yaitu sebesar 5,83 g/l dan 5,54 g/l. Sedangkan pH awal

fermentasi 5,5 dan waktu fermentasi 72 jam menghasilkan bioetanol yang signifikan lebih rendah yaitu sebesar 3,83 g/l.

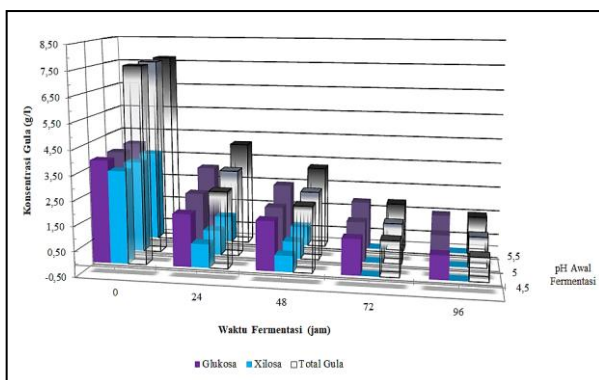
Sari dkk (2012), menyatakan bahwa waktu fermentasi yang paling optimal untuk proses pembuatan bioetanol adalah 3 hari (72 jam). Jika fermentasi dilakukan lebih dari 72 jam justru kadar bioetanol dapat berkurang. Berkurangnya kadar bioetanol disebabkan karena sebagian bioetanol telah dikonversi menjadi senyawa lain, misalnya senyawa ester. Junitania (2011) juga menyatakan bahwa penurunan konsentrasi bioetanol terjadi karena gula yang dikonversi menjadi produk oleh mikroorganisme semakin sedikit serta akumulasi produk bioetanol yang dapat menghambat pertumbuhan yeast. Hasil ini sesuai dengan penemuan Presscott dan Dunn (1981) yang menunjukkan bahwa aktivitas mikroba menurun dengan berkurangnya konsentrasi substrat dan nutrisi yang tersedia.

Waktu terbaik pada proses fermentasi ini adalah 72 jam. Hal ini disebabkan karena konsentrasi bioetanol maksimal dari masing-masing variasi penelitian didapatkan pada waktu fermentasi tersebut, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu optimum dari kinerja yeast *Saccharomyces cerevisiae* pada substrat gula yang berasal dari proses hidrolisis *reject of stock preparation* adalah 72 jam. Demikian juga kondisi pH awal fermentasi 4,5 menghasilkan konsentrasi bioetanol tertinggi dibandingkan variasi pH awal 5 dan 5,5, sehingga perlakuan derajat keasaman terbaik pada fermentasi penelitian ini adalah pH awal 4,5.

3.3. Pengaruh Variasi pH Awal dan Waktu Fermentasi Terhadap Konsentrasi Gula Sisa

Dalam proses fermentasi, gula merupakan substrat yang berasal dari proses hidrolisis *reject of stock preparation*. Substrat tersebut menjadi makanan bagi *Saccharomyces cerevisiae*.

Konsentrasi gula awal fermentasi diukur sebelum proses fermentasi, sehingga jumlah gula yang berkurang selama proses fermentasi dapat diketahui. Pengurangan konsentrasi gula didapat dengan melakukan pengujian konsentrasi gula sisa. Pengujian konsentrasi gula sisa dilakukan dengan mengambil sampel fermentasi setiap 24 jam. Gula sisa merupakan gula yang belum atau tidak dikonversi *Saccharomyces cerevisiae* menjadi bioetanol. Konsentrasi gula sisa tersebut dianalisis menggunakan metode *ion chromatography*. Pengaruh waktu fermentasi dengan variasi pH awal fermentasi terhadap konsentrasi gula sisa dapat dilihat pada gambar 4. di bawah ini.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Fermentasi dan pH Awal Fermentasi Terhadap Konsentrasi Total Gula Sisa Fermentasi

Pada gambar 4. menjelaskan bahwa selama waktu fermentasi berjalan, konsentrasi gula sisa pada pH awal 5,5 lebih tinggi daripada pH awal 4,5 dan pH awal 5. Hal ini dikarenakan, total gula tidak terkonversi dengan baik pada pH awal 5,5 tersebut. *Saccharomyces cerevisiae* tidak bekerja secara optimal pada pH di atas 5 (Yuda dkk, 2018). Sedangkan, selama waktu fermentasi berlangsung pada pH awal 4,5 konsentrasi gula sisa lebih rendah, karena total gula dikonversi maksimal menjadi bioetanol selama proses fermentasi. Hal ini dikarenakan, pertumbuhan jumlah *Saccharomyces cerevisiae* sangat baik pada kondisi pH awal tersebut. Karena menurut Buckle et al., (1987) pH optimal

untuk pertumbuhan yeast *Saccharomyces cerevisiae* adalah 4,5. Seiring pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yang baik, yeast mampu bermetabolisme maksimal dan mensintesis energi dengan sempurna melalui aktivitas memecah gula, dan akhirnya mengeluarkan (ekskresi) produk-produk metabolisme yang terbentuk berupa bioetanol (Yuda dkk, 2018).

4. Kesimpulan

1. Hasil proses hidrolis tertinggi didapat pada konsentrasi H_2SO_4 12% (v/v) dan suhu hidrolisis $140^{\circ}C$, di mana didapat konsentrasi gula total sebesar 9,8244 g/l yang terdiri dari konsentrasi glukosa 4,8713 g/l dan xilosa 4,9531g/l.
2. Konsentrasi bioetanol tertinggi diperoleh pada pH awal fermentasi 4,5 dan waktu fermentasi selama 72 jam dengan nilai konsentrasi sebesar 5,83 g/l.
3. Persen *yield* fermentasi maksimal diperoleh sebesar 85,88% (0,44 gram bioetanol/gram gula) pada kondisi pH awal fermentasi 4,5 dan waktu fermentasi 72 jam.

Daftar Pustaka

- Akhir, Y. M., Chairul, C., & Drastinawati, D. (2015). *Pembuatan Bioetanol dari Fermentasi Nira Aren (Arenga Pinnata) Menggunakan Yeast Saccharomyces cerevisiae dengan Pengaruh Variasi Konsentrasi Nutrisi dan Waktu Fermentasi* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Anggraini, S. P. A., Yuniningsih, S., & Sota, M. M. (2017). Pengaruh pH Terhadap Kualitas Produk Etanol dari Molasses Melalui Proses Fermentasi. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 2(2), 98-105.

- Ashriyani, A. (2009). Pembuatan Bioetanol dari Substrat Makroalga Genus *Eucheuma* dan *Gracilaria*. *Skripsi. Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UI. Depok*.
- Buckle, K. A., R. A. Edwards, G. H. Fleet and M. Wotton. (1987). *Ilmu Pangan*. Penerjemah H Purnomo dan Adiono. UI – Press. Jakarta.
- Chairul., Amraini S. Z., Muria, S. R., Rifai, M. (2011). Sakarifikasi dan ko-fermentasi serentak (SKFS) *reject* pulp menjadi bioetanol menggunakan enzim selulase-xilanase serta kombinasi *Saccharomyces cerevisiae* dan *Pichia stipitis*. Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-17. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Haryani, N., Syarif, V. L., & Ananda, S. R. (2015). Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Hidrolisis Pada Pembentukan Bioetanol dari Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(4), 39-46.
- Heinonen, J., Tamminen, A., Uusitalo, J., & Sainio, T. (2012). Ethanol production from wood via concentrated acid hydrolysis, chromatographic separation, and fermentation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 87(5), 689-696.
- Hikmiyati, N., & Yantie, N. S. (2008). Pembuatan bioetanol dari limbah kulit singkong melalui proses hidrolisa asam dan enzimatis. *Skripsi*. Universitas Diponegoro.
- Junitania. (2011) Pembuatan Bioetanol dari Nira Sorgum Manis dengan Proses Fermentasi Menggunakan yeast *Candida utilis*. *Skripsi Sarjana Fakultas Teknik*. Universitas. Riau.
- Kemendag RI. (2019). *Produktifitas Industri Pulp dan Kertas*. Warta Ekspor. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Prescott and Dunn. 1981. *Industrial Microbiology* 4th Edition. AVI Publishing Company Inc., Westport-conecticut.
- Pri, W. (2019). Biokonversi Kertas HVS Bekas Menjadi Bioetanol dengan Variasi Kondisi Hidrolisis Asam dan Waktu Fermentasi. *Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru*.
- Sari, T. I., Maryadi, M., & Haviz, M. (2012). Pembuatan Bioetanol dari Koran Bekas dengan Hidrolisis Asam Encer (Studi Pengaruh Konsentrasi, Waktu dan Temperatur Hidrolisis). In *Seminar Nasional Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia (TOPI) 2012* (pp. 98-104). Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau.
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2007). Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review. *BioResources*, 2(3), 472-499.
- Walker, G. M. (2010). *Bioethanol: Science and technology of fuel alcohol*. Bookboon.
- Wijana, S., Kumalaningsih, S., Setyowati, A., Efendi, U., & Hidayat, N. (1991). Optimalisasi penambahan tepung kulit nanas dan proses fermentasi pada pakan ternak terhadap peningkatan kualitas nutrisi. *Laporan Penelitian Hibah Agricultural Research Management Project (ARMP) Departemen Pertanian Republik Indonesia. Universitas Brawijaya. Malang*.
- Yuda, I. G. Y. W., Wijaya, I. M. M., & Suwariani, N. P. (2018). Studi

pengaruh pH awal media dan konsentrasi substrat pada proses fermentasi produksi bioetanol dari hidrolisat tepung biji Kluwih (*Actinocarpus communis*) dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 6(2), 115-124.