

Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol

Herliati^{a)}, Sefaniyah^{b)} dan Ade Indri^{b)}

Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya

a) Corresponding author: herliati@ftijayabaya.ac.id

b) adeindrioktavyn@gmail.com

Abstract

*Banana peels, as a waste, could be an environmental pollution if it not be utilized in many years. Starch content within banana peels, specially in species *Musa paradisiaca* L, is high which able to be used as a raw material to bioethanol synthesis trough fermentation method. This research aims to find out the best condition for producing bioethanol using raw material that mentioned above. The method of fermentation using *saccharomyces cereviciae* as a yeast was carried out for converting banana peels to bioethanol. Some parameters were observed such as time of fermentation in range 2, 6 and 8 days, temperature in both 30°C and 40°C then acidity also in both pH 4 and 5. Product of fermentation was analyzed by picnometer method. This study showed the best result was obtained at temperature 40°C, pH 4 and 6 days of fermentation, in yield percentage 86.35.*

Abstrak

Kulit pisang merupakan limbah jika tidak dimanfaatkan, maka dalam waktu yang relatif panjang akan terakumulasi sehingga dapat menjadi masalah tersendiri terkait dengan pencemaran lingkungan. Kandungan pati dari kulit pisang khususnya kulit pisang kepok cukup tinggi dimana memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi terbaik dalam produksi bioetanol dari bahan baku kulit pisang kepok. Metode yang digunakan untuk mengkonversi kulit pisang menjadi bioetanol adalah dengan fermentasi menggunakan ragi *saccharomyces cereviciae*. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah waktu fermentasi dalam kisaran 2, 6 dan 8 hari, suhu fermentasi 30°C dan 40°C serta derajat keasaman fermentasi pada pH 4 dan 5. Hasil fermentasi berupa bioetanol dianalisis menggunakan piknometer. Hasil terbaik dari penelitian ini diperoleh pada suhu 40°C dan pH 4 selama 6 hari, yaitu yield 86,35 %.

Keywords: Musa paradisiaca L., Bioethanol, Fermentation

1. Pendahuluan

Saat ini, seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, pemakaian bahan bakar minyak (BBM) semakin meningkat. BBM yang digunakan sebagian besar masih berasal dari fosil yang merupakan bahan bakar tidak terbarukan. Hal ini tentu saja berdampak pada menipisnya ketersediaan bahan bakar tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, pemerintah

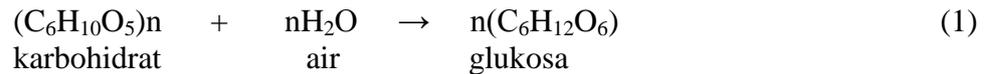
mengantisipasi dengan mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Peraturan ini menekankan pada mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar fosil. Akhir-akhir ini, banyak penelitian yang berbasis pada pemanfaatan bahan-bahan yang mengandung serat kasar dengan karbohidrat yang tinggi. Disebutkan bahwa semua bahan alam yang mengandung karbohidrat dapat diolah menjadi bioetanol [1]. Bahan alam dengan kandungan karbohidrat tinggi yang dapat digunakan antara lain umbi kayu, ubi jalar, kulit pisang, dan lain-lain. Bioetanol, sebagai bahan bakar terbarukan, dapat menjadi alternatif energi sebagai pengganti fosil [2].

Bioetanol merupakan etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH) dapat dihasilkan dari proses fermentasi glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang berasal dari bahan baku nabati [2]. Seperti disebutkan dalam PP No 5 Tahun 2006, bioetanol adalah salah satu Bahan Bakar Nabati (BBN), sebagai energi alternatif, yang diwajibkan pemakaiannya [3]. Hal ini didasari oleh produksi BBM nasional yang kian menurun dari tahun ke tahun serta meningkatnya jumlah impor BBM Nasional setiap tahunnya.

Perkembangan penelitian bioetanol sampai saat ini sudah memasuki generasi kedua dimana bahan baku yang digunakan adalah dengan memanfaatkan limbah agroindustri. Untuk bahan-bahan yang mengandung monosakarida ($C_6H_{12}O_6$) yaitu glukosa, langsung dapat difermentasi menjadi etanol dengan bantuan ragi atau bakteri tertentu. Akan tetapi untuk disakarida, pati ataupun karbohidrat kompleks, sebelum diproses menjadi bioetanol, harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen sederhana yaitu monosakarida. Oleh karena itu, agar tahap proses fermentasi dapat menghasilkan yield yang tinggi, bahan-bahan tersebut harus mengalami proses hidrolisa sebelum masuk ke dalam proses fermentasi [4].

Salah satu bahan baku yang berpotensi dapat menghasilkan bioetanol adalah kulit pisang [1]. Pisang merupakan buah yang banyak tumbuh di daerah-daerah di Indonesia. Produksi pisang di Indonesia mencapai lebih dari 7 ton pada tahun 2016 [5]. Pisang-pisang ini sebagian besar dikonsumsi di dalam negeri. Tingginya angka konsumsi tersebut mengindikasikan bahwa kebutuhan masyarakat Indonesia akan buah pisang sangat tinggi. Dengan kata lain, hal ini menimbulkan dampak baru, yaitu limbah kulit pisang yang juga tinggi [6]. Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai sumber biomass, merupakan sumber yang sangat potensial, khususnya kulit pisang kepok, memiliki kandungan pati sebesar 18,5 %. [7]. Kulit pisang kepok biasanya hanya dibuang, hal itu tentu saja berdampak pada permasalahan lingkungan. Kulit pisang dapat mencemari permukaan tanah karena dapat meningkatkan keasaman tanah [8]. Berdasarkan permasalahan ini, penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit pisang kepok sebagai bahan baku bioetanol sangat berguna untuk dikembangkan karena selain dapat mengatasi masalah pencemaran tanah sekaligus dapat menjadi pemecahan masalah energi nasional. Kandungan pati yang terdapat pada kulit pisang kepok berpotensi sebagai bahan pembuatan etanol. Proses pembuatan bioetanol dari kulit pisang telah banyak dilakukan, namun pada penelitian ini akan dilakukan beberapa hal yang belum dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum dari tahapan hidrolisa pati menjadi glukosa dan dilanjutkan dengan tahapan fermentasi glukosa menjadi bioetanol.

Hidrolisis adalah suatu proses antara pati dengan air dimana pati akan terurai menjadi monosakarida atau glukosa [8]. Reaksi ini merupakan reaksi pseudo orde satu, karena digunakan air yang berlebih, sehingga perubahan air selama reaksi berlangsung dapat diabaikan. Reaksi antara pati dengan air berlangsung sangat lambat, maka untuk meningkatkan laju reaksi diperlukan penambahan katalisator. Penambahan katalisator ini berfungsi untuk meningkatkan reaktifitas air, sehingga reaksi hidrolisis berlangsung lebih cepat. Katalisator yang sering digunakan adalah asam sulfat dan asam klorida [8].



Fermentasi adalah sebuah proses perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang dihasilkan dari metabolisme mikroorganisme [4]. Fermentasi glukosa menghasilkan etanol yang biasa juga disebut fermentasi alkohol, adalah proses biokimia dimana gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa dirubah menjadi etanol dan karbondioksida sebagai hasil samping, reaksi (2). Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap reaksi fermentasi diantaranya adalah kondisi keasaman, pH, temperatur, jenis mikroba dan lama waktu inkubasi.



Seperti disebutkan di atas bahwa kandungan karbohidrat dalam kulit pisang kepek adalah 18,50 %. Selain itu juga disebutkan [7] bahwa kulit pisang kepek memiliki kandungan karbohidrat lebih tinggi dibandingkan dengan kulit Cavendish dan kulit pisang nangka. Hasil penelitian dengan kulit pisang Cavendish menghasilkan kadar etanol sebesar 0,37 %, dan kulit pisang nangka sebesar 0,20 %. Sedangkan penelitian menggunakan kulit pisang kepek menghasilkan kadar sebesar 0,45 % [7]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kulit pisang kepek memiliki potensi lebih besar dalam menghasilkan bioetanol dibandingkan dengan kulit pisang lainnya.

Penelitian serupa sebelumnya telah dilakukan oleh Dyah Tri Retno dan Wasir Nuri [8], pada proses hidrolisis pati, mereka menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 0,5 N sebagai katalis serta waktu hidrolisis selama 150 menit. Mereka memperoleh hasil dengan kadar bioetanol sebesar 13,54 % dimana merupakan kadar bioetanol terbesar dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya. Selain itu, Diah Restu Setiawati, Anastasia Rafika Sinaga dan Tri Kurnia Dewi [8] menyebutkan bahwa penggunaan ragi sebesar 3% dari berat umpan dan pH 4 menghasilkan etanol yang maksimal.

2. Teori

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari bahan baku yang mengandung karbohidrat melalui proses fermentasi. Selain dapat digunakan sebagai bahan baku industri, senyawa ini sedang dikembangkan sebagai bahan bakar nabati [9]. Bioetanol yang digunakan sebagai BBN mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan BBM, di antaranya adalah lebih ramah lingkungan karena bioetanol memiliki bilangan oktan 92 dimana lebih tinggi dibandingkan premium (nilai oktan 88) [12]. Selain itu, bioetanol juga merupakan bahan bakar yang tidak menghasilkan gas karbondioksida (CO_2) ketika dibakar dan relatif kompetibel dengan mesin mobil berbahan bakar bensin sehingga tidak memerlukan adanya modifikasi pada mesin kendaraan.

Pembuatan bioetanol diawali dengan reaksi hidrolisis pati dengan bantuan katalis asam. Keberadaan katalis asam membantu mempercepat penguraian komponen polisakarida menjadi monomer-monomernya. Proses hidrolisis yang sempurna ditandai dengan perubahan selulosa dan pati yang terdapat di dalam kulit pisang menjadi glukosa, sementara hemiselulosa akan terurai menjadi senyawa pentosa dan heksosa. Umumnya, asam yang digunakan untuk hidrolisis adalah asam kuat yaitu asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan

HCl. Hidrolisis asam dikelompokkan menjadi menjadi dua yaitu hidrolisis asam pekat dengan konsentrasi tinggi dan hidrolisis asam encer dengan konsentrasi rendah [12].

Hidrolisis menggunakan asam konsentrasi tinggi memiliki keunggulan antara lain proses hidrolisis dapat dilakukan pada suhu yang rendah dan yield gula yang didapatkan tinggi. Namun demikian, penggunaan asam dengan kepekatan tinggi mempunyai kelemahan antara lain jumlah asam yang digunakan sangat banyak dan potensi korosi pada peralatan produksi terutama alat yang terbuat dari besi, dan waktu reaksi yang dibutuhkan relatif lama yaitu berkisar antara dua hingga enam jam. Hidrolisis menggunakan asam dengan konsentrasi rendah mempunyai keunggulan diantaranya jumlah asam yang digunakan sedikit dan waktu tinggal yang sebentar. Namun kelemahan jika menggunakan asam dengan konsentrasi rendah antara lain membutuhkan suhu tinggi dalam proses operasinya dan yield gula yang didapatkan lebih rendah [12]. Pada penelitian ini, reaksi hidrolisis pati, dalam kandungan kulit pisang, menjadi glukosa menggunakan asam klorida encer yaitu 3 % (v/v).

Setelah dihasilkan glukosa, selanjutnya dilakukan proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol. Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia pada suatu substrat organik melalui aktivitas enzim yang merupakan hasil metabolisme mikroorganisme [10]. Pada mulanya fermentasi didefinisikan sebagai anggur yang mendidih, kemudian pengertiannya berkembang secara luas menjadi penggunaan mikroorganisme untuk mengolah bahan pangan. Louis Pasteur mendefinisikan, fermentasi adalah proses penguraian gula pada buah anggur menjadi gelembung-gelembung karbondioksida (CO₂) oleh jamur yang terdapat dalam cairan ekstrak buah anggur tersebut. Pengertian lain dari fermentasi etanol adalah fermentasi alkohol yaitu proses biologi dimana gula seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa dikonversi menjadi energi selular dan menghasilkan etanol dan karbondioksida sebagai hasil samping. Keberlangsungan proses fermentasi sangat tergantung pada jenis mikroorganisme yang digunakan [10]. Hidayat dan Suhartini dalam laporannya menyebutkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi adalah suhu, kondisi pH fermentasi, jenis ragi dan waktu fermentasi.

Pengaruh suhu terhadap proses fermentasi secara langsung mempengaruhi aktivitas enzim yang dihasilkan dari metabolisme mikroba. Sebagaimana proses biologis (enzimatik) yang lain, laju reaksi fermentasi akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu. Meskipun suhu optimum pada reaksi enzimatik umumnya berkisar 27 °C - 32°C, untuk ragi tape dan ragi roti mempunyai kisaran temperatur 30 °C - 40 °C. Pada interval 5 °C - 10 °C laju reaksi fermentasi mengikuti pola bahwa semakin tinggi suhu maka laju fermentasi akan semakin cepat.

Proses fermentasi pati menyukai kondisi pH asam. Pertumbuhan mikroorganisme sebagian besar sangat peka terhadap perubahan pH, akan tetapi setiap kelompok organisme mempunyai nilai optimum yang tertentu. Keasaman yang cocok untuk *saccharomyces cerevisiae* adalah pada pH 3 sampai 5. Dengan menjaga kondisi pH pada kisaran ini dapat mencegah pertumbuhan bakteri jenis lain. Pada keasaman dibawah pH 3 proses fermentasi akan berkurang kecepatannya karena berkurangnya aktifitas enzim.

Konsentrasi ragi yang umum digunakan pada proses fermentasi adalah pada rentang 2 – 4% (w/v) dari volume larutan. Jika digunakan konsentrasi ragi kurang dari 2% maka akan menurunkan laju reaksi fermentasi karena substrat yang dibutuhkan untuk menguraikan glukosa menjadi etanol kurang banyak. Hal ini dapat dijelaskan dengan teori Michaelis Menten, persamaan (3) memperlihatkan bahwa konsentrasi substrat berbanding lurus terhadap laju reaksi fermentasi. Pada penelitian ini digunakan konsentrasi ragi 3 % (w/v).

$$v = \frac{d[P]}{dt} = \frac{V_{\max}[S]}{K_M + [S]} \quad (3)$$

Lama fermentasi yang dibutuhkan tergantung pada jenis bahan baku dan jenis ragi yang digunakan. Akhir dari proses fermentasi ditandai dengan berhentinya produksi gas karbondioksida, CO₂. Berhentinya proses fermentasi juga diindikasikan dari berkurangnya kadar etanol yang dihasilkan setelah dicapai puncak paling tinggi pada waktu optimal. Pada penelitian ini dipakai waktu yang dipakai 2, 6 dan 8 hari.

Kadar Gula dalam bahan baku juga merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan reaksi fermentasi. Hampir semua mikroorganisme dapat memfermentasikan glukosa, fruktosa, sukrosa, dan galaktosa. Selama reaksi fermentasi, massa sel akan bertambah sesuai dengan kadar gula yang tersedia. Konsentrasi gula yang baik adalah pada rentang 10 – 18%. Jika kandungan gula terlalu tinggi, misalnya jika digunakan konsentrasi lebih dari 18%, maka akan mengakibatkan pertumbuhan ragi terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lebih lama. Begitu juga jika konsentrasi kurang dari 10%, akan terjadi hal serupa.

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan ragi. Nutrisi yang diperlukan misalnya: garam ammonium (NH₄Cl) dan garam phosphate (pupuk TSP). Ragi atau khamir adalah jamur yang terdiri dari satu sel, dan tidak membentuk hifa, termasuk ke dalam golongan jamur Ascomycotina dimana reproduksi dengan membentuk tunas (*budding*). Jenis ragi *Saccharomyces cerevisiae*, berfungsi untuk pembuatan roti, tape, dan alkohol, *Saccharomyces tuac*: berfungsi untuk mengubah air niral legen menjadi tuak sedangkan *Saccharomyces ellipsoideus*: berfungsi untuk peragian buah anggur menjadi anggur minuman [12]. Adapun ragi yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat memproduksi alkohol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi pada kadar alkohol yang tinggi.

3. Metodologi

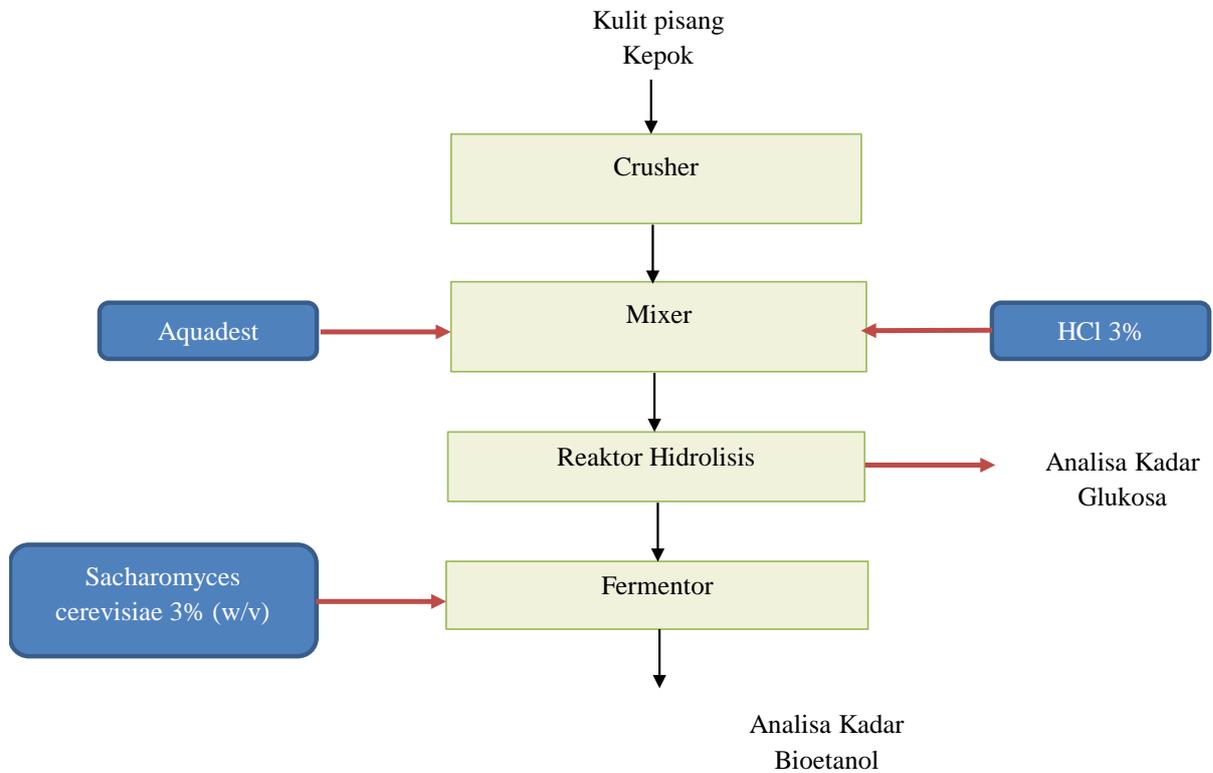
Pembuatan bioetanol berlangsung dalam dua tahapan yaitu hidrolisa pati menjadi glukosa dan dilanjutkan dengan proses fermentasi glukosa menjadi bioetanol. Reaksi hidrolisa terjadi di dalam reaktor batch, Gambar 1 memperlihatkan diagram alir eksperimen. Ditimbang sebanyak 100 g kulit pisang yang telah dihaluskan dan ditambahkan 200 ml HCl 3 %. Semua bahan dicampur di dalam reaktor lalu campuran dipanaskan sampai suhu 100°C. Setelah reaksi berlangsung selama 1 jam, hasil reaksi didinginkan. Campuran yang telah dingin kemudian dinetralkan dengan menambahkan sejumlah larutan sodium hidroksida. Sampel disimpan di dalam vial untuk kemudian dilakukan pengujian kadar glukosa dengan metode titrasi iodometri [10],[11].

Tahap kedua adalah fermentasi glukosa menggunakan ragi roti (*saccharomyces cerevisiae*) dengan konsentrasi 3 % di dalam fermentor [8]. Parameter yang diamati adalah lama fermentasi dengan variasi 2, 4, 6 dan 8 hari, pH reaksi pada angka asam 4 dan 5 serta suhu reaksi pada dua kondisi 30 dan 40°C. Pada akhir fermentasi, padatan dipisahkan menggunakan kertas saring sementara filtrat yang berupa etanol, karbondioksida dan air kemudian di distilasi untuk memisahkan etanol yang dihasilkan.

Campuran hasil fermentasi dianalisa guna menentukan kadar dan yield etanol secara kuantitatif menggunakan piknometer [12]. Metode perhitungan dengan piknometer diawali dengan menimbang piknometer kosong dalam keadaan bersih dan kering (a), lalu piknometer diisi dengan aquadest yang telah diketahui berat jenisnya (ρ), kemudian piknometer yang beiris aquadest ditimbang (b), setelah itu dihitung volume piknometer sebenarnya dengan formula:

$$\rho_{\text{etanol}} = \frac{(c - a)\text{gram}}{V \text{ piknometer}} \quad (1)$$

Terakhir, kadar etanol dalam destilat dibaca seperti dijelaskan dalam Handbook Perry edisi 5 Tabel 3 – 110.



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

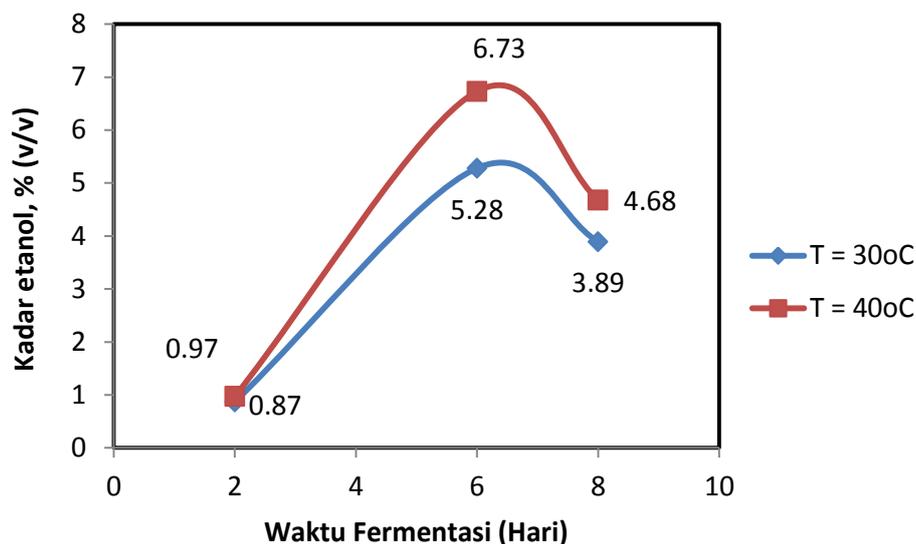
Sebelum bahan baku kulit pisang dihidrolisa terlebih dahulu dilakukan pengujian kadar pati. Pada tahap ini, kulit pisang dihancurkan menjadi bubur untuk kemudian dilakukan pengujian kadar pati. Dari hasil analisis kadar pati, dengan menggunakan metode *luff-schoorl*, yang dilakukan duplo diperoleh hasil rata-rata sebesar 17,72 %. Hasil ini lebih baik dari penelitian yang dilakukan oleh Dyah dan Nuri, 2011 yang mendapatkan hasil pati 13,68 %. Kulit pisang kepok yang akan diuji dihaluskan dengan penambahan aquadest dalam rasio volume 1:1. Proses ini dimaksudkan agar diperoleh substrat dengan luas permukaan yang besar sehingga kontak antara pati dan mikroorganisme pada tahap selanjutnya dapat berlangsung secara optimum [7]. Walaupun bubur kulit pisang hasil penggilingan berwarna hitam kecoklatan, yang disebabkan oleh getah pada kulit pisang kepok, tetapi tidak mempengaruhi hasil akhir fermentasi.

Setelah eksperimen pendahuluan, untuk menguji kadar pati yang terkandung di dalam bubur kulit pisang, kajian dilanjutkan dengan tahap hidrolisis menggunakan asam klorida

encer (3%) dengan perbandingan 2:1 terhadap pati selama 3 jam. Asam klorida berfungsi sebagai katalis yang dapat mempercepat laju reaksi hidrolisis [8]. Untuk memastikan reaksi berlangsung pada orde 1 (pseudo orde 1), maka digunakan air berlebihan sehingga perubahan konsentrasi air dapat diabaikan terhadap perubahan konsentrasi pati. Pada akhir reaksi hidrolisis selanjutnya hasil reaksi didinginkan hingga sama dengan suhu ruang lalu disaring menggunakan kertas saring dan diambil filtratnya. Filtrat yang dipisahkan selanjutnya menjadi bahan baku/umpan untuk proses fermentasi. Sebelum fermentasi dilakukan, filtrat dipasteurisasi pada suhu 70°C selama 15 menit kemudian dikondisikan pH sesuai dengan variabel penelitian. Masing-masing sampel yang sudah dikondisikan sesuai variabel penelitian lalu ditambahkan ragi roti sebanyak 3% (w/v) kemudian dilakukan inkubasi pada suhu 30°C selama 2, 6 dan 8 hari. Sampel ditutup rapat, hal ini didasarkan pada teori bahwa fermentasi berlangsung secara anaerob (tidak memerlukan oksigen) [3],[6].

Pengaruh Temperatur dan waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Proses fermentasi dikenal dengan reaksi biokatalisis yang melibatkan enzim. Salah satu faktor yang mempengaruhi kerja Enzim agar optimal salah satunya adalah temperatur [2]. Pada penelitian ini digunakan enzim yang dihasilkan oleh *saccaromyces cerevisiae*. Variasi suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 dan 40°C. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa suhu optimum enzim yang berperan dalam proses fermentasi adalah pada 40°C. Selain suhu, waktu fermentasi juga merupakan faktor yang mempengaruhi kerja enzim. Pengamatan dilakukan pada 2,6 dan 8 hari. Mulai dari hari kedua menuju hari keenam, terjadi kenaikan kadar etanol yang signifikan, namun pada hari kedelapan kerja enzim mengalami penurunan ditandai dengan menurunnya kadar etanol. Kadar etanol maksimal yang diperoleh pada pengamatan ini adalah 6,73 % pada suhu 40°C selama 6 hari. Pengamatan selanjutnya dari rangkaian penelitian ini adalah ditetapkan pada suhu terbaik 40°C dengan mengamati pengaruh perubahan pH terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

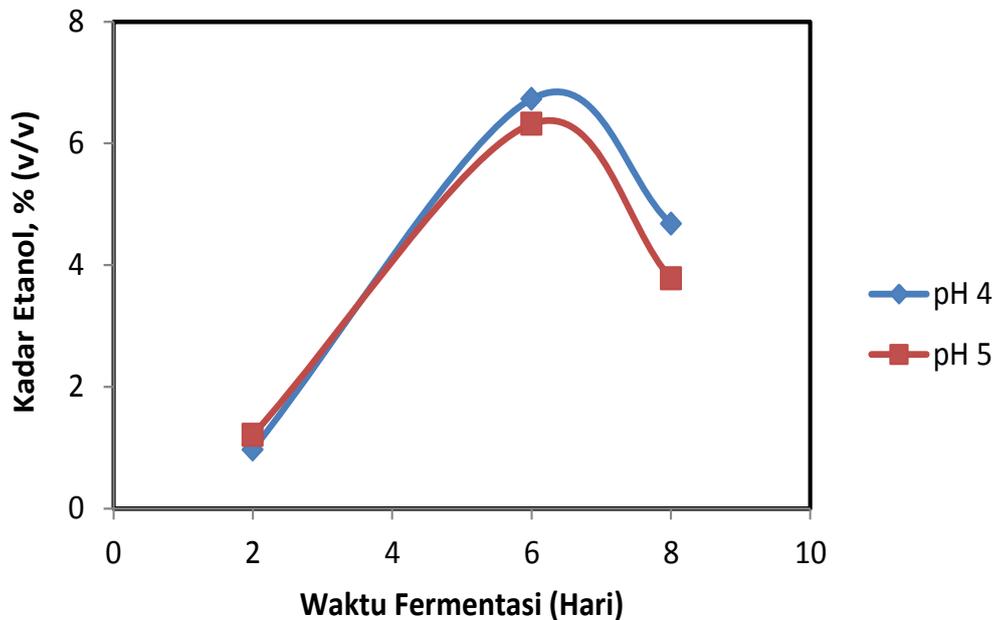


Gambar 2. Pengaruh Suhu terhadap Kadar Etanol

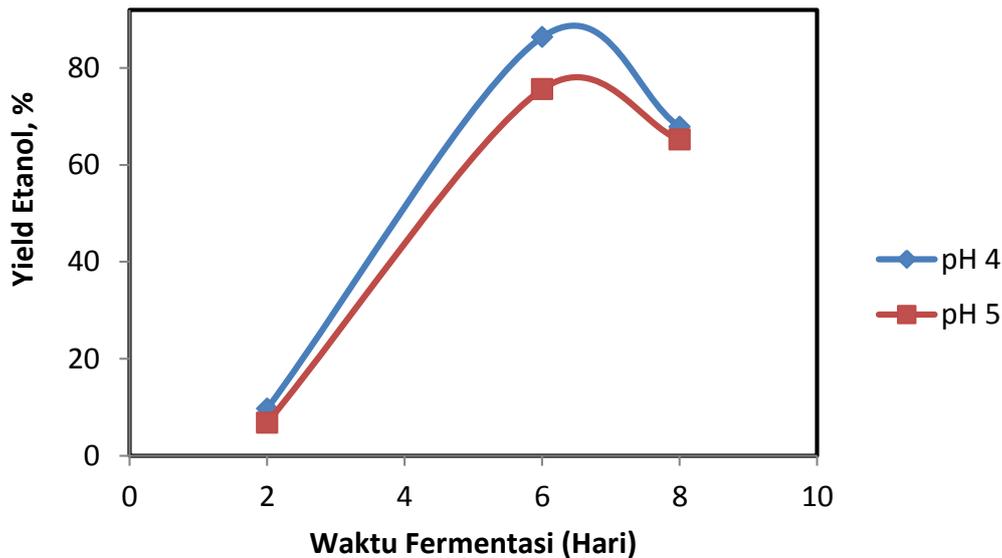
Pengaruh pH dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol pada Temperatur 40°C

Keasaman yang ditandai dengan nilai pH pada proses fermentasi sangat berpengaruh pada metabolisme mikroba yang tumbuh pada media fermentasi. Agar dapat tumbuh dengan optimum, mikroba pada umumnya dikondisikan pada kisaran pH 3 - 6 unit. Mikroba yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *sacharomyces cerevisiae*. Berdasarkan zona pH mikroba jenis ini termasuk dalam golongan mikroba asidofilik yaitu mikroba yang dapat tumbuh dengan baik pada pH berkisar 2,0-5,0) [14]. Pengamatan dilakukan untuk dua kondisi pH yang berbeda yaitu 4 dan 5. Range pH tersebut memberikan pertumbuhan mikroba paling maksimal sehingga kerja enzim juga pada titik maksimum [8]. Hasil analisis pada akhir reaksi fermentasi menunjukkan kadar etanol sedikit lebih tinggi dihasilkan pada pH 4 dibandingkan pada pH 5 hal ini menunjukkan bahwa enzim paling optimum bekerja pada pH tersebut. Kadar etanol maksimal yang dihasilkan adalah 6,73 %.

Selain kadar etanol, persen yield juga dihitung sebagai hasil yang dilaporkan. Perhitungan yield dilakukan dengan membandingkan antara jumlah etanol yang dihasilkan terhadap berat bahan pati yang diproses. Maksimal % yield yang dihasilkan adalah 86,35 %. Kadar etanol dan % yield berturut-turut seperti dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Pengaruh pH terhadap Kadar Etanol pada suhu 40°C



Gambar 4. Yield Etanol (%) pada suhu 40°C

5. KESIMPULAN

Telah dilakukan penelitian pembuatan bioetanol dari bahan baku kulit pisang kepok. Proses sintesa dilakukan dalam dua tahap yaitu hidrolisa pati menggunakan asam klorida encer sebagai katalis. Setelah gula dihasilkan dari proses hidrolisa, kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi glukosa menggunakan ragi roti 3% pada berbagai variasi suhu dan pH serta lama fermentasi. Hasil terbaik diperoleh pada waktu fermentasi 6 hari dengan keasaman pH 4 dan temperatur 40°C. Kadar alkohol tertinggi yang dicapai 6.73 % dengan yield sebesar 86,35%. Hasil ini sedikit lebih baik dibandingkan dengan yang diperoleh oleh peneliti sebelumnya dengan yield 78 %.

Daftar Pustaka

- [1] Anggraeni, P., & Addarajah, Z. Hidrolisis Selulosa Ecceng Gondok Menjadi Glukosa Dengan Katalis Arang Aktif Tersulfonasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, (2013), 63-69.
- [2] EPS, & Ferrara, M.. *Bioethanol Production via Enzymatic Hydrolysis of Cellulotic Biomass. Brazil*, Agustus (2006) [Online], Tersedia: <http://www.fao.org/biotech/docs/bon.pdf>
- [3] Chemiawan, T. *Membangun Industri Bioetanol Nasional Sebagai Pasokan Energi berkelanjutan dalam menghadapi krisis energi Global*. Agustus 2013 [Online], Tersedia: www.mahasiswanegarawan.wordpress.com

- [4] Ketut, N. S. Pembuatan Bioetanol dari Rumput Gajah dengan Distilasi Batch. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(3), (2009). 94-103.
- [5] Yuliawati Rohmah, S. M. *Outlook Komoditas Pisang*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2016).
- [6] Asih, S. Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang Melalui Hidrolisis Asam Sulfat. *Produksi Bioetanol dari Kulit Pisang Melalui Hidrolisis Asam Sulfat*. Bandar Lampung: Program Pasca Sarjana UNILA. (2013).
- [7] H, M., Q, W., & L, G. Ethanol Production from Kitchen Garbage by *Zymomonas mobilis*:. *Chem. Biochem. Eng*, (2008). 369-375.
- [8] Retno, D. T., & Nuri, W. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. *Seminar Nasional Teknik KIMia Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, (2013). (pp. 8-10).
- [9] Anonim. *isro.wordpress.com*, Februari 2007 [Online], Tersedia : www.wordpress.com, [diakses 13, February 2018].
- [10] Bon, E., Chemiawan, T., & Khamid, H. Bioethanol Production Via Enzymatic Hydrolysis Of Cellulotic Biomass. *Chemistry Institute*. (2006)
- [11] Daewon, P., Jun, C. L., & Jae, H. K. Ethanol Production Using Organic. (2009).
- [12] Modugu, P. Fermentative Production of Ethanol Fuel From Domestic. *Int. J. Pharm. Biosci. Technol*, (2013), 51-53.
- [13] Anonim. www.scribd.com, Februari 2009 [Online], Tersedia: www.scribd.com. Com [diakses 13, February 2018].
- [14] Suyanti, & Supriyadi. *Praktis mengolah Limbah Organik*. (2009)
- [15] Emaga, T.H. R.H, Andrianaivo. B, Wathelet. J.T, Tchango. M, Paquot, Effec of The Stage Maturation and Varieties on The Chemical Composition of Banana and Plantain Peels. *J. Food Chemistry*, (2007), 103(2):590-600.
- [16] Taherzadeh, M.J. and K, Karimi, Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials : A Review. *Bio Resources* 2, (2007), (3) : 472-499.