

PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT PISANG RAJA (*Musa sapientum*) DENGAN VARIASI PENAMBAHAN STARTER DAN WAKTU FERMENTASI

Cengristitama¹⁾, Tarmiji²⁾
Teknik Kimia, Politeknik TEDC Bandung
Email: c_titama@poltektedc.ac.id

Abstrak

Kulit pisang selama ini hanya dianggap sebagai limbah industri rumah tangga yang belum termanfaatkan dengan baik. Kandungan terbanyak dalam kulit pisang adalah air dan karbohidrat, dimana karbohidrat dapat diubah menjadi glukosa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Bioetanol adalah salah satu bentuk energi alternatif yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk menghasilkan bioetanol dari kulit pisang dengan variasi penambahan bobot ragi berupa starter dan waktu fermentasi. Pada penelitian ini kulit pisang raja dihidrolisis selama 90 menit dengan penambahan HCl 5%, selanjutnya ditambahkan starter dengan jumlah 200 mL dan 300 mL, kemudian difermentasi dengan waktu 7 dan 9 hari. Setelah waktu fermentasi selesai, dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring. Hasil yang diperoleh dari proses penyaringan dimurnikan melalui proses distilasi. Hasil dari penelitian menunjukkan semakin lama waktu fermentasi dan semakin banyak starter yang digunakan, maka semakin banyak etanol yang dihasilkan. Sampel terbaik S2P2 dihasilkan dari variasi waktu fermentasi terlama di waktu 9 hari dan penambahan volume starter terbanyak 300 mL, dan kadar etanol yang diperoleh yaitu 42% sebanyak 56 mL.

Kata Kunci: kulit pisang raja, bioetanol, fermentasi, hidrolisis dan distilasi.

Abstract

So far, banana peels are only considered as household industrial waste that has not been utilized properly. The most content in banana peels is water and carbohydrates, where carbohydrates can be converted into glucose which can be used as raw material for making bioethanol. Bioethanol is a form of alternative energy that can be produced from plants. The purpose of this study was to produce bioethanol from banana peels with variations in yeast weight gain in the form of starter and fermentation time. In this study, plantain peels were hydrolyzed for 90 minutes with the addition of 5% HCl, then 200 mL and 300 mL of starter were added. then fermented for 7 and 9 days. After the fermentation time is complete, the filtering process is carried out using filter paper. The results obtained from the filtering process are purified using the distillation method. The results of the study showed that the longer the fermentation time and the more starter used, the more ethanol produced. The sample S2P2, the best fermentation time was obtained, namely at 9 days with the most volume of 300 mL, the ethanol content obtained was 42% as much as 56 mL.

Keywords: plantain peel, bioethanol, fermentation, hydrolysis and distillation.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan BBM di Indonesia setiap tahun semakin meningkat. Hal ini diakibatkan karena kemajuan infrastruktur dan sarana transportasi yang meningkat. Menurut Kepala SKK Migas Dwi Soetjipto mengatakan kebutuhan BBM dalam negeri saat ini sebesar 1,4 juta Barel per hari. Sementara kapasitas produksi BBM di dalam negeri baru mencapai 800 ribu Barel per hari (Setiawan, 2021).

Penggunaan bahan bakar fosil di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir mengalami kenaikan. Berdasarkan data Kementerian ESDM konsumsi BBM hingga September 2021 mencapai 48,56 juta kiloliter (kL). Dengan rincian, penyaluran bensin sebesar 24,03 juta kL, solar 23,32 juta kL, dan aftur sebesar 1,21 juta kL. Kemudian untuk minyak tanah sebesar 380 ribu kL dan LPG sebesar 6,1 juta metrik ton (Setiawan, 2021).

Harga bahan bakar minyak di Indonesia terus mengalami naik turun berdasarkan harga minyak dunia dan kebijakan pemerintah Indonesia. Di Indonesia sendiri sering terjadi kenaikan bahan

bakar yang menyebabkan masyarakat menjadi gelisah sehingga sering terjadi kejadian-kejadian yang tidak diinginkan seperti unjuk rasa dan lain-lain. Faktor yang menyebabkan kenaikan harga BBM meningkat adalah penyediaan atau produksi minyak dalam negeri yang mengalami penurunan sedangkan kebutuhan BBM dalam negeri yang meningkat.

Kebutuhan bahan bakar minyak yang meningkat dapat menyebabkan krisis bahan bakar. Adapun cara untuk mengurangi krisis bahan bakar yaitu dengan memproduksi bioetanol sebagai bentuk energi alternatif lain disamping bahan bakar fosil. Bioetanol merupakan bentuk energi alternatif berupa etanol yang didapatkan dari fermentasi glukosa (gula) (Samsuri dkk., 2007). Bioetanol sendiri memiliki beberapa keunggulan yaitu, memiliki nilai oktan yang tinggi sehingga campuran bahan bakar dapat terbakar tepat pada waktunya, emisi gas buang yang tidak berbahaya (CO), dan efisiensi lebih tinggi dari bensin.

Banyak limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan

etanol, salah satunya adalah kulit pisang. Menurut Munadjim (1982), bagian buah pisang yang dapat dikonsumsi adalah 2/3 dan sisanya yaitu seperti bagian limbah pisang berupa kulit. Sebagai sumber biomassa, kulit pisang adalah sumber yang cukup potensial karena mengandung pati sebesar 11,48%. Kandungan nutrisi kulit pisang raja yaitu materi organik 91,50%, protein 0,90%, lipid kasar 1,70%, karbohidrat 59%, dan serat kasar 31,70% (Anhwange dkk., 2009).

II. LANDASAN TEORI

A. Bahan Bakar Minyak

Bahan bakar minyak adalah bahan bakar yang berasal dari olahan minyak bumi. Minyak bumi sendiri merupakan hasil proses alam berupa hidrokarbon dalam kondisi tekanan dan temperatur dalam bentuk fasa cair ataupun padat. Adapun hasil olahan lain dari minyak bumi adalah aspal, lilin parafin, reagen kimia yang dibutuhkan untuk pembuatan plastik, karet sintetis, deterjen dan juga obat-obatan.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak bumi terbesar di dunia. Berdasarkan data *Trading Economics*, Indonesia telah masuk 10 besar sebagai produsen minyak mentah di dunia. Per periode September 2021, Indonesia menempati urutan ke-9 dari negara-negara G20, dengan total produksi minyak mentah sebesar 644 ribu barel per hari (Dihni, V.A., 2022).

Kebutuhan bahan bakar minyak di dunia saat ini sangat tinggi. Direktur *Executive Energy Watch*, Mamit Setiawan, menyatakan bahwa tercatat pada tahun 2021 konsumsi minyak dunia mencapai 96,2 juta barel per hari (Kencana, M. R. B., 2022). Amerika Serikat merupakan negara dengan konsumsi minyak bumi terbanyak di dunia. Namun, Amerika Serikat juga termasuk salah satu negara penghasil minyak bumi terbanyak di dunia.

Tidak dapat dipungkiri persediaan minyak bumi saat ini cukup mengkhawatirkan. Hal ini dikarenakan tidak dapat diperbaharainya minyak bumi tersebut. Cadangan minyak bumi di Indonesia terus menipis tiap tahunnya.

B. Bioetanol

Bioetanol adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Etanol dapat dibuat dari tanaman-tanaman yang umumnya sering kita temukan. Etanol dihasilkan dengan proses fermentasi produk biomassa yaitu tumbuhan yang memiliki karakteristik seperti berpati, bergula dan berselulosa (Prihandana, 2007). Bahan yang mengandung glukosadapat difermentasi langsung menjadi etanol, namun disakarida, pati dan karbohidrat kompleks harus dihidrolisis terlebih dahulu menjadi komponen sederhana agar proses fermentasi dapat berjalan secara optimal (Ketut, 2009).

Bioetanol sering digunakan untuk *biofuel* atau sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah

lingkungan dan terbarukan. Bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dari bensin, yaitu: mengandung 35% oksigen, memiliki nilai oktan tinggi 96-113, ramah lingkungan dan bioetanol dapat diperbaharui (Hambali, dkk., 2007).

C. Pisang Raja

Pisang adalah buah yang tumbuh berkelompok, tanaman dari keluarga Musaceae ini hidup di daerah tropis dengan jenis yang berbeda-beda, misalnya seperti pisang ambon, pisang serai, pisang raja, pisang tanduk, pisang sunripe, dan pisang kepok (Darmayanti, dkk., 2012). Pisang raja (*Musa sapientum*) merupakan tanaman yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan kehidupan manusia. Selain buahnya, bagian tumbuhan lain yang bisa dimanfaatkan, mulai dari bonggol hingga daunnya. Termasuk kulit pisang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak (Suyanti, 2000).

Banyak sekali jenis pisang yang tersebar di Indonesia sehingga kulit pisang banyak yang berasal dari pisang yang memiliki aroma tajam seperti kulit pisang raja yang memiliki kulit tebal, ada yang berwarna kuning dengan bintik-bintik coklat (pisang raja bulu), ada yang berkulit tipis, dan kuning kecoklatan (pisang raja sere) yang sangat cocok digunakan.

D. Kulit Pisang

Pemanfaatan tanaman pisang saat ini hanya sebatas mengkonsumsi buahnya dan menjadikan daun pisang sebagai pembungkus makanan. Sedangkan bagian lainnya seperti bonggol pisang dan kulit pisang akan dibuang begitu saja. Kulit pisang biasanya dibuang begitu saja tanpa digunakan sama sekali. Kulit pisang yang banyak ditanam dan dikonsumsi di negara ini merupakan buah dan makanan yang populer.

Kulit buah pisang biasanya hanya sebagai limbah dan menjadi masalah sampah alam karena akan meningkatkan keasaman tanah dan mencemari lingkungan. Secara umum, kebanyakan masyarakat lakukan hanyalah memakan buahnya dan membuang kulit pisangnya. Kulit pisang mengandung vitamin C, B, kalsium, protein, dan lemak yang cukup. Analisa komposisi nutrisi pada kulit pisang raja menunjukkan kandungan pati yang cukup tinggi sekitar 59% (Anhwange et al, 2009). Untuk itulah, kulit pisang raja berpotensi menjadi bahan baku penghasil bioetanol, sehingga akan digunakan pada penelitian ini.

E. Hidrolisis Pati

Hidrolisis adalah proses antara reaktan dan air sehingga senyawa pecah. Reaksi antara air dan pati sangat lambat sehingga perlu bantuan katalis untuk meningkatkan reaktivitas air. Katalis dapat berupa asam maupun enzim. Katalis asam yang paling umum digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat. Dalam industri, enzim umumnya digunakan sebagai katalisator. Salah satu

proses hidrolisis adalah hidrolisis asam, dimana katalis menggunakan asam. Asam bekerja sebagai katalis dengan mengaktifkan udara. Dalam industri asam yang digunakan adalah H_2SO_4 dan HCl, namun yang sering digunakan adalah HCl karena lebih reaktif daripada H_2SO_4 (Groggins, 1992).

Bioetanol dapat dibuat dari kulit pisang raja karena bahan tersebut mengandung monosakarida berupa glukosa yang langsung difermentasi menjadi etanol. Namun, kulit pisang masih berupa karbohidrat kompleks sehingga dilakukan hidrolisis untuk memecahnya menjadi senyawa yang sederhana (monosakarida). Reaksi pati dari kulit pisang dengan air ini biasanya akan berjalan sangat lambat, maka ditambahkan katalisator berupa HCl untuk mempercepat reaksi. Hidrolisis asam yang digunakan pada penelitian ini berupa HCl sehingga reaksi lebih cepat menghasilkan glukosa lebih banyak, juga biaya lebih murah dibanding menggunakan enzim.

F. Ragi

Genus *Saccharomyces* adalah genus dari Kerajaan Jamur dan mengandung banyak jenis ragi. *Saccharomyces* berasal dari bahasa Latin dan berarti gula jamur. Banyak anggota genus ini dianggap sangat penting dalam produksi pangan. Salah satu contohnya adalah *Saccharomyces cerevisiae*, yang digunakan dalam produksi anggur, roti, dan bir. Anggota lain dari genus ini adalah *Saccharomyces bayanus* yang digunakan dalam pembuatan anggur dan *Saccharomyces boulardii* yang digunakan dalam pengobatan. Koloni *Saccharomyces* tumbuh dengan cepat dan matang dalam 3 hari. Mereka seragam, halus, lembab, mengkilap, atau bersisik dan memiliki warna tanin krim-ke-krim. Ketidakmampuan untuk memfermentasi berbagai karbohidrat menggunakan nitrat adalah ciri khas genus *Saccharomyces*.

Saccharomyces cerevisiae tumbuh sangat baik pada suhu 20-30°C dengan kisaran pH 4,5 hingga 5,5. *Saccharomyces cerevisiae* adalah mikroorganisme anaerob fakultatif dan umumnya tidak dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi anaerobik sepenuhnya karena oksigen diperlukan sebagai faktor pertumbuhan untuk membran biosintesis (Samsuri dkk., 2007).

G. Fermentasi

Fermentasi adalah aktivitas mikroorganisme dalam makanan untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Mikroorganisme yang biasa terlibat dalam fermentasi termasuk bakteri, ragi dan jamur. Contoh bakteri yang digunakan untuk fermentasi adalah *Acetobacter xylinum* dalam produksi *nata de coco* dan *Acetobacter acetyl* dalam produksi asam asetat. Contoh khamir selama fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae* dalam produksi alkohol, dan *Rhizopus sp* dalam produksi tempe, dan *Monascus purpureus* dalam produksi angkak. Pada penelitian ini digunakan ragi roti, berupa *Saccharomyces cerevisiae*.

Fermentasi bioetanol dilakukan secara *anaerob*, biasanya digunakan mikroba dari bahan (pati) dan dibuat pemupukan. Namun, reaksi berlangsung agak lambat dan beresiko tumbuhnya mikroba lain yang tidak dikehendaki dengan cepat. Untuk mempercepat perkembangbiakan, maka dilakukan penambahan mikroba dari luar berupa starter, bahan terfermentasi serupa (Retno dan Nuri, 2011). Sedangkan nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri pada penelitian ini adalah pupuk NPK dan urea.

H. Distilasi

Distilasi adalah proses penguapan dan pengembunan, yang untuk memisahkan campuran dua zat atau lebih menjadi pecahan-pecahan fraksi didasarkan pada perbedaan titik didih. Secara umum, pemisahan hasil fermentasi glukosa/dekstrosa menggunakan sistem uap-cair, dan terdiri dari: komponen tertentu yang mudah tercampur. Umumnya distilasi berlangsung pada tekanan atmosfer, contoh dalam hal ini adalah sistem alkohol-air, yang pada tekanan atmosfer memiliki titik didih 78,6°C (Tjokroadikoesoemo, 1986).

III METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pisau, blender, erlenmeyer, hot plate, neraca analitik, corong, labu ukur 500 mL, pipet volume 10 mL, beaker glass, termometer, alat distilasi, alkoholmeter, wadah botol fermentasi dan wadah sampel.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang raja sebanyak 2,5 Kg, ragi roti, pupuk NPK, pupuk urea, akuades, gula murni dan HCl 5%.

B. Prosedur

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini terbagi atas dua tahap, yaitu: 1) proses pembuatan bioethanol, dan 2) Analisis bioetanol

Tahap 1 Proses pembuatan bioetanol

Proses pembuatan bioetanol berupa pembuatan starter, proses hidrolisis, proses fermentasi, dan distilasi.

Pembuatan starter dilakukan dengan melarutkan 750 g gula ke dalam 1500 mL akuades di dalam botol (tempat pembiakan). Sebanyak 15 g pupuk urea ditambahkan ke dalam botol dan diaduk hingga tercampur. Kemudian 15 g pupuk NPK dan diaduk hingga tercampur. Selanjutnya ditambah 150 g ragi roti. Wadah ditutup rapat-rapat dan disimpan di tempat gelap selama 24 jam.

Selanjutnya, dilakukan proses hidrolisis dengan memotong kecil-kecil kulit pisang sebanyak 2,5 Kg, dicuci, digiling halus menggunakan blender.

Kemudian kulit pisang direbus dengan penambahan HCl 5% sebanyak 1500 mL selama 90 menit. Hasil rebusan didinginkan hingga mencapai suhu kamar.

Rebusan kulit pisang yang telah dihidrolisis, dimasukkan ke dalam botol fermentasi. Lalu ditambahkan starter (variasi 200 mL dan 300 mL). Botol fermentasi ditutup rapat-rapat dan disimpan pada ruangan gelap dengan kondisi suhu kamar dan variasi waktu 7 dan 9 hari.

Hasil fermentasi disaring menggunakan kertas saring. Filtrat dimasukkan ke dalam labu distilasi dan didistilasi selama 120 menit. Hasil distilat ditampung.

Tahap 2 Proses Analisis Bioetanol

Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya adalah: yield dan kadar bioetanol.

a. Yield

Yield bioetanol yang didapat dari hasil fermentasi berupa cairan yang didistilasi, kemudian hasil distilat tersebut diukur menggunakan gelas ukur. Kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$\% \text{Yield Bioetanol} = \frac{\text{konsentrasi bioetanol}}{\text{konsentrasi glukosa}} \times 100\%$$

b. Kadar alkohol

Pengukuran kadar alkohol pada bioetanol dilakukan secara langsung. Hasilnya terlihat pada petunjuk skala alkoholmeter.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan beberapa pengkodean sampel sebagai berikut.

S0P1 = sampel dengan penambahan starter 0 ml, difermentasi 7 hari

S0P2 = sampel dengan penambahan starter 0 ml, difermentasi 9 hari

S1P0 = sampel dengan penambahan starter 200 ml, difermentasi 0 hari

S1P1 = sampel dengan penambahan starter 200 ml, difermentasi 7 hari

S1P2 = sampel dengan penambahan starter 200 ml, difermentasi 9 hari

S2P0 = sampel dengan penambahan starter 300 ml, difermentasi 0 hari

S2P1 = sampel dengan penambahan starter 300 ml, difermentasi 7 hari

S2P2 = sampel dengan penambahan starter 300 ml, difermentasi 9 hari

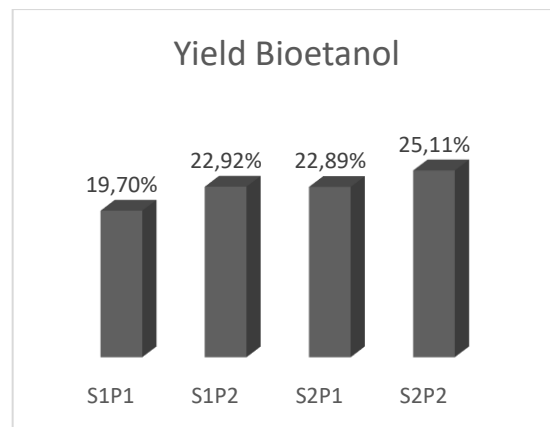
Yield Bioetanol

Bioetanol hasil fermentasi didistilasi pada suhu sekitar 78 °C. Hasil distilasi berupa distilat bioetanol ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Proses Distilasi Bioetanol

Perlakuan	Volume awal (mL)	Volume akhir (mL)
S0P1	0	0
S0P2	0	0
S1P0	204	0
S1P1	203	40
S1P2	205	47
S2P0	253	0
S2P1	214	49
S2P2	223	56

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanpa perlakuan penambahan starter dan walaupun dilakukan fermentasi (S0P1, S0P2), maka tidak menghasilkan bioetanol. Begitu pula untuk perlakuan penambahan starter dan tanpa perlakuan fermentasi (S1P0, S2P0), maka tidak menghasilkan bioetanol. Hal ini menunjukkan bahwa faktor penambahan starter dan fermentasi berpengaruh nyata terhadap produksi bioetanol. Semakin banyak volume starter yang ditambahkan dan semakin lama waktu fermentasi, maka volume distilat berupa bioetanol semakin banyak. Hal ini juga selaras dengan hasil perhitungan yield yang ditunjukkan pada Gambar 1, dimana yield bioetanol terkecil didapat dari sampel S1P1 sebesar 19,70% dan yield bioetanol terbesar pada sampel S2P2 sebesar 25,11%.



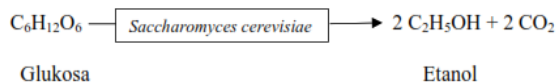
Gambar 1. Yield Bioetanol

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin banyak volume starter yang digunakan maka yield yang dihasilkan juga semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat pada saat penambahan starter 200 mL dengan waktu fermentasi 7 hari yield yang dihasilkan 19,70%, pada waktu 9 hari 22,92% dan terus mengalami peningkatan pada saat penambahan starter 300 mL. pada saat penambahan starter 300 mL dengan waktu fermentasi 7 hari diperoleh yield 22,89%, dan pada waktu 9 hari 25,11%. Hal ini disebabkan semakin lama waktu fermentasi maka etanol yang dihasilkan juga semakin banyak dan

masih dalam range waktu pertumbuhan bakteri. Peningkatan volume starter yang diberikan juga mempercepat terjadinya fermentasi dan substrat yang digunakan berkadar tinggi 5% sehingga mikroorganisme bekerja secara maksimal dalam menguraikan glukosa menjadi etanol. Namun sebaliknya, kemampuan bakteri untuk bisa hilang bahkan dapat menyebabkan tingkat kematian yang sangat tinggi, apabila volume starter yang ditambahkan berlebihan (Desrosier, 1988). Pada penelitian ini, volume starter yang digunakan, yaitu 200 mL dan 300 mL, masih dalam batas kebutuhan bakteri sehingga bakteri yang tersedia dapat bekerja optimal membantu produksi etanol.

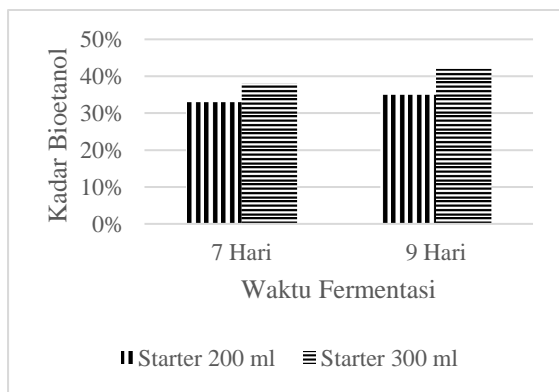
Kadar Bioetanol

Produksi bioetanol yang dibuat berbahan dasar pati, dibantu dengan fermentasi bakteri *Saccharomyces cerevisiae*. Penambahan bakteri ke dalam pereaksi membantu mempercepat reaksi menghasilkan bioetanol, seperti disajikan pada reaksi berikut.



Gambar 2. Reaksi Fermentasi Glukosa Menjadi Etanol

Penetapan kadar bioetanol diukur langsung menggunakan alkoholmeter. Hasil pengukuran kadar bioetanol disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar Bioetanol

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar bioetanol untuk sampel S1P1 (volume starter 200 mL dengan waktu fermentasi 7 hari) menghasilkan 33%, sampel S1P2 dihasilkan 35%, sampel S2P1 (volume starter 300 mL dengan waktu fermentasi 7 hari) menghasilkan 38%, dan sampel S2P2 menghasilkan 42%.

Semakin banyak pereaksi yang ditambahkan ke dalam reaksi maka semakin bertambah pula produk yang dihasilkan. Hal ini pun sejalan dengan reaksi fermentasi glukosa menjadi etanol yang ditunjukkan pada Gambar 2. Glukosa yang didapat dari pati difermentasi dengan penambahan lagi bakteri dari luar berupa starter (glukosa yang

terfermentasi) sehingga reaksi dapat berjalan lebih cepat (Retno dan Nuri, 2011) dan menghasilkan etanol lebih banyak.

Pada variasi waktu fermentasi 9 hari dihasilkan bioetanol yang lebih banyak dibandingkan 7 hari. Hal ini ditunjukkan pada kadar bioetanol yang dihasilkan sampel S1P2 (35%) lebih banyak dari sampel S2P1 (33%), dan kadar bioetanol yang dihasilkan sampel S1P2 (35%) lebih banyak dari sampel S2P2 (42%). Aktifitas mikroba mengalami pertumbuhan dengan berkembang biak seiring bertambahnya waktu fermentasi, sehingga alkohol yang dihasilkan pun lebih banyak. Pupuk NPK dan urea digunakan sebagai nutrisi untuk pembiakan bakteri pada penelitian ini.

Peningkatan kadar bioetanol terjadi seiring dengan bertambahnya volume starter dan semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan. Kisaran kadar bioetanol yang dihasilkan dari 33-42%, dengan nilai kadar tertinggi terdapat pada sampel S2P2 sebesar 42%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan volume starter dan waktu fermentasi berpengaruh nyata pada pembuatan bioetanol dari kulit pisang raja, yaitu semakin banyak etanol yang dihasilkan. Sampel terbaik S2P2 dihasilkan dari variasi waktu fermentasi terlama di waktu 9 hari dan penambahan volume starter terbanyak 300 mL, dan etanol yang dihasilkan sebanyak 56 mL dengan kadar 42%.

Saran

Saran untuk penelitian berikutnya, diharapkan dapat melakukan perbandingan bahan, seperti variasi jenis kulit pisang; perbandingan bahan kering dan bahan basah; atau berinovasi dengan sumber bahan baku yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Anhwange, B., Ugye, T. & T. Nyiaatagher, 2009, "Chemical Composition of *Musa Sapientum* (Banana) Peels," Electronic Journal of Environmental, Agricultural, And Food Chemistry, paper 8.6.437442, ISSN: 1579-4377.

Darmayanti., dkk., 2012, "Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi Ph (Adsorption of

- Plumbum (Pb) and Zinc (Zn) From Its The Solution by Using Biological Charcoal (Biocharcoal) of Kepok Banana,* Jurnal Akademika Kimia 1.4.
- Desrosier, N., 1988, *Unit Processing Organic Synthesis*, ed 5, New York: Mc-Graw-Hill Book Company.
- Dihni, V. A., 2022, *Indonesia Masuk Daftar Negara dengan Produksi Minyak Mentah Terbesar di G20*, www.katadata.co.id/Indonesia-masuk-daftar-negara-dengan-produksi-minyak-mentah-terbesar-di-g20, diakses pada 30 desember 2022.
- Groggins, P. H., 1992, *Unit Process in Organic Synthesis*, Mc Graw Hill Book Company: New York.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, H., Pattiwiri, W.A., dan Hendroko, R., 2007, *Teknologi Bioenergi*, Jakarta: Agromedia Pustaka, halaman 110-113.
- Kencana, M. R. B., 2022, *Harga Minyak Dunia Melonjak, Ekonomi Global Kian Tak Pasti*, m.liputan6.com/harga-minyak-dunia-melonjak-ekonomi-global-kian-tak-pasti, diakses pada 30 desember 2022.
- Munadjim, 1982, *Teknologi Pengolahan Pisang*, Bandung: Masa Baru, halaman 40-41.
- Prihandana, R., dkk., 2007, *Bioetanol Ubi Kayu Bahan bakar Masa Depan*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Retno, D.T. dan W. Nuri, 2011, "Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang," Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, E11-1-E11-7, ISSN 1693-4393.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, 2007, "Pemanfaatan sellulosa bagas untuk produksi etanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xylanase," Makara Journal of Technology Series, 11.1, halaman 17-24.
- Sari, N.K., 2009, "Produksi Bioethanol dari rumput gajah secara kimia," Jurnal Teknik Kimia 4.1, halaman 265-273.
- Suyanti, S. dan A. Supriyadi., 2000, *Pisang Budidaya, Pengolahan dan Prospek Pasar*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Tjokroadikoesoemo, S., 1986, *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.