PENGARUH KONSENTRASI RAGI TAPE (*Saccharomyces cerevisiae*) TERHADAP KADAR BIOETANOL PADA PROSES FERMENTASI BIJI ALPUKAT (*Persea americana Mill*)

The Influence of Tape Starter (*Saccharomyces cerevisiae*) Concentration toward Bioethanol Level in the Fermentation Process of Avocado (*Persea americana Mill*) Seed

*Mohd. Rizwan, Anang Wahid M. Diah, dan Ratman

Pendidikan Kimia/FKIP – Universitas Tadulako, Palu – Indonesia 94118

Received 14 September 2018, Revised 18 October 2018, Accepted 11 November 2018

Abstract

Avocado seed contains high level of starch and it can be used as one of the raw materials for bioethanol. This study aimed to determine the influence of variation concentration of tape starter toward bioethanol level in the fermentation process of avocado (persea americana Mill.) seed. Some process on this research were delignification with 4% NaOH, hydrolysis with 12% HCl, and fermentation with various concentrations of yeast tape (saccharomyces cerevisiae) ie 10%, 20% and 30% of substrate volume for 5 days. Bioethanol level was determined by using alcoholmeter. The highest bioethanol level was obtained in the addition of yeast tape as much as 30% of substrate that was an equal to 32.65% with density of 1.0029 g/mL.

Keywords: Bioethanol, avocado seed, fermentation, tape starter.

Pendahuluan

Indonesia memiliki iklim tropis yang menyebabkan banyak jenis buah-buahan dapat tumbuh dengan subur. Salah satunya adalah alpukat yang dapat tumbuh pada daerah dengan curah hujan bervariasi dan tidak dapat tumbuh di suhu yang dingin (Muin, dkk., 2014). Produksi buah alpukat di Indonesia pada tahun 2014 adalah sebanyak 307.318 ton dengan luas areal panen 24.200 hektar dan hasil buah rata-rata 12,70 ton/hektar. Tahun sebelumnya produksinya hanya 289.893 ton dengan luas areal panen 22.214 hektar dengan hasil buah rata-rata 13,05 ton/hektar (Pertanian, 2015). Sedangkan produksi buah alpukat di provinsi Sulawesi Tengah pada tahun 2015 adalah sebesar 20.908 buah per hektar dengan jumlah pohon alpukat yang menghasilkan sebanyak 12.994 pohon (BPS, 2015). Berdasarkan data tersebut maka jumlah biji alpukat yang berpotensi menjadi limbah akan berbanding lurus dengan produksi buah alpukatnya. Oleh karena itu, studi tentang pemanfaatan limbah biji alpukat sangat penting untuk dilakukan.

Bagian buah alpukat yang banyak dimanfaatkan adalah dagingnya sedangkan bijinya banyak dibuang dan tidak dimanfaatkan. Hal ini banyak diketahui misalnya dari para pedagang jus buah maupun pasar-pasar pedagang buah di Kota Palu.

Biji alpukat memiliki kandungan yang sangat bermanfaat, salah satunya sebagai antioksidan. Hasil analisis fitokimia ekstrak biji alpukat menunjukkan bahwa biji alpukat mengandung polifenol, flavonoid, triterpenoid, kuinon, saponin, tanin, monoterpenoid dan seskuiterpenoid (Leite, dkk., 2009). Selain itu biji alpukat juga memiliki kelembaban 9,92%, lemak 16,54%, kadar abu 2,40%, protein 17,94%, serat 3,10% dan karbohidrat 48,11% (Arukwe, dkk., 2012). Berdasarkan kandungan karbohidratnya yang

tinggi, maka biji alpukat sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol.

Bioetanol ini dimanfaatkan sebagai bahan campuran bahan bakar bensin di negara-negara maju. Hal ini sejalan dengan krisis energi dunia yang dihadapi banyak negara termasuk Indonesia. Krisis ini terjadi akibat ketergantungan pemenuhan energi bahan bakar dunia yang berasal dari bahan bakar fosil, padahal bahan bakar ini merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan ketersediannya di dunia sangat terbatas (Haryono, dkk., 2010). Bioetanol dapat juga dijadikan sebagai bahan bakar alternatif yang terbarukan sebagai pengganti batu bara, minyak tanah, elpiji maupun premium.

Beberapa potensi pemanfaatan limbah untuk dikonversi menjadi bioetanol baru-baru ini juga telah dilakukan seperti dari serabut kelapa sawit (Arsyad, dkk., 2015) dan jerami padi (Said, dkk., 2014). Proses pembuatan bioetanol tersebut dilakukan dengan menghidrolisis karbohidrat menggunakan larutan HCl kemudian dilanjutkan dengan proses fermentasi.

Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung glukosa dengan cara fermentasi. Fermentasi adalah proses terjadinya dekomposisi gula menjadi alkohol dan karbondioksida. Proses fermentasi dimanfaatkan oleh pembuat bir, roti, anggur, bahan kimia dan lain-lain (Muin, dkk., 2014). Contoh produk fermentasi oleh mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan antara lain adalah etil alkohol (etanol), asam laktat, asam asetat, gliserol, butilen, glikol, aseton, butanol dan asam butirat (Tarigan, 1990). Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi adalah konsentrasi ragi. Jika konsentrasi ragi yang diberikan kurang dari kadar optimal yang disarankan akan menurunkan kecepatan fermentasi karena sedikitnya massa yang akan menguraikan glukosa menjadi etanol, sehingga akan dibutuhkan substrat yang lebih banyak karena substrat yang ada tidak cukup (Winarno, 1992).

*Correspondence:

Mohd. Rizwan

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako
e-mail: mohdrizwan.mr828@gmail.com
Published by Universitas Tadulako 2018

Pembuatan bioetanol menggunakan biji alpukat lebih terfokus pada penggunaan metode hidrolisis menggunakan H_2SO_4 seperti yang telah dilakukan oleh Muin, dkk. (2014) yang hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kadar etanol tertinggi diperoleh pada metode hidrolisis menggunakan H_2SO_4 dengan konsentrasi 6% dan waktu fermentasi selama 120 jam yaitu sebesar 15,100%. Penggunaan jenis asam yang lain seperti HCl untuk proses hidrolisis sudah pernah dilakukan oleh Putri & Supartono (2015) yang memanfaatkan limbah tandan kelapa serta Said, dkk. (2014) yang memanfaatkan jerami padi untuk pembuatan bioetanol. Menurut Erna (2016) dan Arsyad, dkk. (2015) bahwa metode hidrolisis menggunakan HCl lebih baik dibandingkan dengan H_2SO_4 . Hal ini terlihat dengan kadar glukosa yang tinggi setelah karbohidrat dihidrolisis dengan menggunakan HCl. Selain itu, penentuan pengaruh konsentrasi ragi tape (*saccharomyces cerevisiae*) yang menghasilkan jumlah etanol yang lebih banyak juga sudah pernah dilakukan oleh Novia, dkk. (2014) yang meneliti pembuatan bioetanol dari jerami padi.

Artikel ini mengkaji tentang pembuatan bioetanol dari limbah biji buah alpukat dengan memvariasikan konsentrasi ragi tape dalam proses fermentasinya. Hidrolisis yang dilakukan dengan menggunakan larutan HCl.

Metode

Peralatan yang digunakan antara lain adalah alat-alat gelas, alkoholmeter, pH meter, seperangkat alat evaporator (SB-1100CE), ayakan 50 mesh, autoklaf, oven, piknometer, stopwatch, pompa vakum, spatula, dan neraca digital. Bahan-bahan yang digunakan antara lain adalah biji alpukat, larutan NaOH (Merck) 4 M dan 4%, larutan HCl (Merck) 12%, ragi tape (*saccharomyces cerevisiae*), ammonium sulfat (Merck), urea (Merck), aquades, aluminium foil dan kertas saring.

500 gram biji alpukat yang bersih dipotong kecil-kecil ± 1 cm. Selanjutnya diblender sampai halus dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 24 jam. Selanjutnya diayak dengan ayakan 50 mesh (Putri & Supartono, 2015).

Tahap delignifikasi

Pretreatment atau delignifikasi dilakukan dengan mengambil 100 gram serbuk biji alpukat kemudian ditambahkan 500 mL NaOH 4% ke dalam Erlenmeyer (Ningsih, dkk., 2012). Campuran kemudian dipanaskan dan diaduk dengan magnetik stirrer selama 2,5 jam pada suhu 80 °C dan ditutup dengan aluminium foil. Campuran selanjutnya disaring dan dibilas dengan aquades panas (100 °C), kemudian dioven pada suhu 100 °C selama 24 jam sehingga diperoleh serbuk biji alpukat yang tidak mengandung lignin (Ariyani, dkk., 2013).

Tahap hidrolisis

20 gram serbuk biji alpukat hasil proses delignifikasi selanjutnya dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 1000 mL dan ditambahkan aquades 200

mL, larutan HCl 12% 250 mL, diaduk, dan ditutup dengan aluminium foil. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit dan diaduk menggunakan magnetik stirrer (Putri & Supartono, 2015). Larutan disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat dan residu.

Pembuatan starter

200 mL filtrat hasil proses hidrolisis selanjutnya ditambahkan larutan NaOH 4 M hingga pH-nya menjadi 5. Selanjutnya dipasteurisasi pada suhu 120 °C selama 15 menit (Seftian, dkk., 2012). Tujuan pasteurisasi pada suhu tersebut adalah untuk mensterilkan bahan agar tidak ada mikroorganisme lain yang hidup sebagai pengganggu dan didiamkan sampai dingin. Setelah itu, 90 mL filtrat hasil pasteurisasi ditambahkan 6 gram ammonium sulfat dan 6 gram urea sebagai sumber nutrisi (Ariyani, dkk., 2013). Larutan kemudian dibagi menjadi 3 bagian ke dalam Erlenmeyer 250 mL masing-masing 30 mL, dan ditambahkan ragi tape masing-masing larutan 10, 20 dan 30% dari volume substrat. Selanjutnya dilakukan inkubasi dengan cara menutup rapat Erlenmeyer, dan selang disambungkan dari Erlenmeyer ke wadah yang berisi air pada suhu berkisar antara 27-30 °C selama 3 hari serta diberi label starter 1, 2 dan 3.

Tahap fermentasi

90 mL filtrat sisa hasil pasteurisasi dibagi ke dalam 3 buah Erlenmeyer. Setelah itu untuk Erlenmeyer A ditambahkan dengan starter 1, Erlenmeyer B ditambahkan dengan starter 2, dan untuk Erlenmeyer C ditambahkan dengan starter 3. Selanjutnya ketiga Erlenmeyer hasil campuran tersebut ditutup dengan aluminium foil kemudian dilakukan pendiaman selama 120 jam (Muin, dkk., 2014).

Tahap pemisahan

Setelah ketiga Erlenmeyer A, B dan C difermentasi selama 120 jam, selanjutnya masing-masing Erlenmeyer disaring menggunakan pompa vakum dan diambil filtratnya. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam alat evaporator untuk mendapatkan etanol yang diinginkan. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan rangkaian alat evaporator dan diatur suhunya pada 60 °C.

Penentuan berat jenis

Masing-masing etanol yang diperoleh dari hasil evaporasi ditentukan berat jenisnya menggunakan piknometer (Voigt, 1995):

$$d = \frac{d_0 W - W_e}{W_0 - W_e}$$

dimana W_e adalah massa piknometer kosong (g); d adalah berat jenis etanol; W_0 adalah massa piknometer+aquades (g); W adalah massa piknometer+etanol (g) dan d_0 adalah berat jenis air (1 gram/mL).

Penentuan kadar etanol

Setelah ketiga larutan tersebut didistilasi maka masing-masing destilat dimasukkan ke dalam gelas ukur dan diukur kadarnya dengan alkoholmeter.

Hasil dan Pembahasan

Biji alpukat mengandung karbohidrat khususnya adalah pati. Kandungan pati dalam 100 gram biji alpukat yaitu sebesar 21,3% sehingga biji alpukat sangat berpotensi sebagai sumber bahan bakar nabati yaitu bioetanol. Produksi bioethanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi glukosa dengan menggunakan metode hidrolisis asam kemudian difermentasi sehingga terbentuk bioetanol.

Tahap awal dalam penelitian ini yaitu penyiapan awal sampel biji alpukat yang dipotong kecil-kecil ± 1 cm dengan tujuan untuk memudahkan dalam proses penghalusan dengan blender. Setelah diblender sampai halus selanjutnya dikeringkan dalam oven menggunakan suhu 100°C selama 24 jam sehingga diperoleh serbuk biji alpukat yang kering. Penggunaan suhu tersebut bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam biji alpukat. Hal ini terlihat dengan berkurangnya massa dari 500 gram menjadi 224,28 gram setelah pengeringan seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat serbuk biji alpukat setelah pengeringan dan delignifikasi

No	Perlakuan	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)
1	Pengeringan	500	244,28
2	Delignifikasi	100	21,63

Delignifikasi merupakan proses pembebasan senyawa lignin dalam bentuk senyawa kompleks. Proses ini sangat penting dilakukan karena senyawa lignin merupakan dinding yang kokoh melekat pada selulosa. Apabila tidak dilakukan delignifikasi terlebih dahulu maka karbohidrat akan sulit untuk dihidrolisis menjadi glukosa karena lignin sangat kuat melindungi struktur karbohidrat dan menghambat pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi. Proses delignifikasi dilakukan dengan larutan NaOH karena larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin. Penggunaan larutan NaOH encer mampu mendegradasi lignin yang melindungi struktur karbohidrat sehingga karbohidrat akan mudah dihidrolisis menjadi glukosa yang dapat difermentasi menjadi bioetanol (Putri & Supartono, 2015).

Proses delignifikasi dalam penelitian ini menggunakan larutan NaOH 4%. Hal ini berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ningsih, dkk. (2012) yang mengemukakan bahwa larutan NaOH dapat merusak struktur lignin. Dalam proses delignifikasi dilakukan penyaringan kemudian dibilas dengan aquades panas (100°C). Tujuan dibilas menggunakan aquades panas yaitu untuk menetralkan sampai pH 7 dan warna filtrat yang

dihasilkan berwarna hitam. Selanjutnya dioven menggunakan suhu 100°C selama 24 jam.

Berdasarkan filtrat berwarna hitam yang diperoleh setelah penyaringan dapat diketahui bahwa filtrat tersebut merupakan lignin yang sebelumnya terkandung dalam biji alpukat. Serbuk biji alpukat yang tidak mengandung lignin dapat dilihat perubahan warna dari coklat muda menjadi coklat kehitaman. Selain itu beratnya juga mengalami penurunan dari 100 gram menjadi 21,63 gram seperti ditunjukkan pada tabel Tabel 1. Ariyani, dkk. (2013) mengemukakan bahwa berat sampel yang mengalami penurunan menunjukkan adanya lignin yang terlarut setelah dilakukan proses delignifikasi. Biji alpukat belum diketahui apakah mengandung selulosa dan senyawa lignin atau tidak. Oleh karena itu karbohidrat yang terdapat dalam biji alpukat perlu didelignifikasi terlebih dahulu sebelum dilakukan tahap hidrolisis.

Serbuk biji alpukat hasil proses delignifikasi yaitu sebanyak 21,63 gram kemudian ditimbang sebanyak 20 gram dan selanjutnya dihidrolisis menggunakan larutan asam sebagai katalis yang bertujuan untuk mengubah polisakarida (pati) menjadi monosakarida (glukosa). Prinsip hidrolisis pati adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa atau monosakarida yaitu glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) (Assegaf, 2009). Penelitian ini menggunakan larutan HCl 12% 250 mL kemudian ditutup menggunakan aluminium foil dan dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit yang bertujuan untuk mempercepat reaksi serta diaduk menggunakan magnetik stirer kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat dan residu, warna filtrat yang terbentuk coklat pekat sehingga menunjukkan bahwa karbohidrat dalam hal ini adalah pati terhidrolisis membentuk glukosa (Putri & Supartono, 2015).

Mekanisme reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis dimulai dari proton dari asam akan berinteraksi secara cepat dengan ikatan glikosidik oksigen pada dua unit gula sehingga akan membentuk asam konjugasi. Keberadaan asam konjugasi menyebabkan konformasi tidak stabil sehingga terjadi pemutusan ikatan C–O dan membebaskan asam konjugasi pada konformasi yang tidak stabil. Keberadaan air pada sistem akan menyebabkan ion OH^- dari air berikatan dengan ion karbonium sehingga membebaskan gula dan proton. Proton yang terbentuk akan berinteraksi secara cepat dengan ikatan glikosidik oksigen pada dua unit gula yang lain. Proses tersebut terjadi secara kontinyu sampai semua molekul pati terhidrolisis menjadi glukosa (Xiang, dkk., 2003).

Hidrolisis asam baik dilakukan dalam waktu retensi singkat (misalnya 5 menit) pada suhu tinggi (misalnya 180°C) atau dalam waktu retensi relatif lama (misalnya 30-90 menit) pada suhu yang lebih rendah (misalnya 90°C). Kelemahan utama dari beberapa metode hidrolisis, terutama pada pH rendah adalah pembentukan berbagai jenis inhibitor seperti asam karboksilat, furan dan senyawa fenolik. Bahan

kimia ini tidak dapat mempengaruhi hidrolisis enzimatis, tetapi mereka biasanya menghambat pertumbuhan mikroba dan fermentasi, yang menyebabkan kurangnya produktivitas etanol. Oleh karena itu, perlakuan awal pada pH rendah harus dipilih dengan benar untuk menghindari atau setidaknya mengurangi pembentukan inhibitor ini (Taherzadeh & Karimi, 2008).

Sebanyak 200 mL filtrat yang diperoleh dari hidrolisis selanjutnya ditambahkan larutan NaOH 4 M sampai pHnya menjadi 5. Penggunaan pH 5 berdasarkan kondisi optimum pertumbuhan mikroba dalam proses fermentasi. Mikroba tersebut tidak dapat hidup pada kondisi basa (Putri & Supartono, 2015). Setelah itu dipasteurisasi dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit untuk mensterilkan bahan agar tidak ada mikroorganisme lain yang hidup sebagai pengganggu. Campuran kemudian perlu dididamkan sampai dingin setelah proses pasteurisasi (Seftian, dkk., 2012). Selanjutnya sebanyak 90 mL filtrat hasil pasteurisasi digunakan dalam pembuatan starter kemudian ditambahkan amonium sulfat dan urea dengan perbandingan 1:1 yaitu 6 gram amonium sulfat dan 6 gram urea. Campuran tersebut kemudian dibagi menjadi 3 bagian ke dalam Erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan ragi tape masing-masing erlenmeyer sebanyak 10%, 20% dan 30% dari volume substrat. Setiawati, dkk. (2013) mengemukakan bahwa jumlah ragi yang ditambahkan dalam proses fermentasi berpengaruh terhadap bioetanol yang dihasilkan. Kemudian dilakukan inkubasi selama 3 hari sehingga diperoleh starter 1, 2 dan 3 dengan penambahan ragi tape berturut-turut 10%, 20% dan 30%. Tujuan pembuatan starter sendiri sebagai sumber nutrisi bagi *saccharomyces cerevisiae*.

Penggunaan ragi tape (*saccharomyces cerevisiae*) dengan alasan mikroba ini lebih cepat mengkonversi gula menjadi etanol (O'Leary, dkk., 2004). Mikroba *saccharomyces cerevisiae* dapat mengkonversi gula menjadi etanol karena adanya enzim invertase dan enzim zimase yang dihasilkan oleh mikroba tersebut. Adanya enzim-enzim ini *saccharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk mengkonversi baik gula dari kelompok monosakarida maupun dari kelompok disakarida. Jika gula yang tersedia dalam substrat merupakan gula disakarida, maka enzim invertase akan bekerja menghidrolisis disakarida menjadi monosakarida. Setelah itu, enzim zimase akan mengubah monosakarida tersebut menjadi alkohol dan CO₂ (Judoamidjojo, dkk., 1992).

Tahap selanjutnya, sebanyak 90 mL filtrat yang tersisa dari pasteurisasi dibagi kedalam 3 buah Erlenmeyer masing-masing sebanyak 30 mL kemudian masing-masing starter yang telah diinkubasi selama 3 hari dicampurkan dengan ketiga Erlenmeyer. Selanjutnya difermentasi selama 120 jam. Penggunaan waktu 120 jam untuk fermentasi berdasarkan penelitian yang dilakukan Muin, dkk. (2014) untuk memperoleh kadar etanol paling tinggi. Selanjutnya disaring dengan pompa vakum sehingga diperoleh filtrat dan residu. Filtrat yang diperoleh

dimasukkan ke dalam labu alas bulat dan dievaporasi dengan alat evaporator pada suhu 60°C kemudian diukur volumenya sehingga diperoleh volume bioetanol 27,5 mL, 30,0 mL dan 23,0 mL dengan konsentrasi ragi tape berturut-turut 10%, 20% dan 30% seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi ragi tape terhadap volume dan kadar bioetanol

No	Konsentrasi Ragi Tape(%b/v)	Volume Etanol (mL)	Massa Jenis (gram/mL)	Kadar Etanol
1	10%	27,5	1,0048	21,47%
2	20%	30,0	1,0039	24,28%
3	30%	23,0	1,0029	32,65%

Bioetanol yang diperoleh dari proses pemisahan dengan evaporator selanjutnya dianalisis yang terdiri dari penentuan berat jenis dan penentuan kadar bioetanol. Penentuan berat jenis dapat dilakukan dengan menggunakan alat piknometer, sehingga diperoleh berat jenis untuk variasi konsentrasi ragi tape 10, 20 dan 30% (%b/v) masing-masing sebesar 1,0048, 1,0039, dan 1,0029 gram/mL (lihat Tabel 2). Berat jenis etanol yang diperoleh berbeda dengan berat jenis etanol yang dikemukakan oleh Setiawati, dkk. (2013) yaitu 0,7983 gram/mL. Perbedaan ini disebabkan karena ketika proses evaporasi terdapat molekul air yang ikut menguap bersama alkohol.

Sedangkan untuk penentuan kadar bioetanol dilakukan dengan menggunakan alkoholmeter. Menurut Mailool, dkk. (2013), prinsip kerja dari alkoholmeter berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Cara pengukurannya yaitu memasukkan alkoholmeter dalam gelas ukur yang panjangnya melebihi alkoholmeter dan dalam gelas ukur tersebut telah berisi cairan etanol yang akan diukur. Alkoholmeter akan tenggelam dan batas cairannya akan menunjukkan berapa kandungan etanol dalam larutan tersebut.

Kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada konsentrasi ragi tape 30% yaitu sebesar 32,65%, sedangkan untuk konsentrasi ragi tape 20% sebesar 24,28% dan untuk konsentrasi ragi tape 10% sebesar 21,47%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Novia, dkk. (2014) bahwa semakin besar konsentrasi ragi tape (*saccharomyces cerevisiae*) maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi ragi maka nutrisi yang diperlukan *saccharomyces cerevisiae* untuk melewati fase lag (fase adaptasi) semakin menurun dan pada akhirnya *saccharomyces cerevisiae* mampu dengan cepat memproduksi bioetanol dari gula dan menyebabkan pembentukan kadar bioetanol yang semakin banyak karena pemanfaatan glukosa yang optimal sehingga pada penelitian ini kadar bioetanol tertinggi diperoleh pada konsentrasi ragi tape 30%. Sedangkan untuk konsentrasi ragi tape 10% dan 20% diperoleh kadar bioetanol yang lebih rendah dikarenakan rendahnya populasi awal sehingga gula yang ada hanya sedikit yang dirombak menjadi alkohol. Bila pertumbuhan ragi terhambat maka akan mengakibatkan aktivitas

dari raginya akan berkurang sehingga enzim yang dihasilkan juga berkurang dan alkohol pun akan berkurang juga. Rendahnya jumlah sel yang tidak sebanding dengan media yang digunakan menyebabkan sel akan mengalami fase lag yang lebih lama (Novia dkk., 2014).

Selain itu juga, suhu merupakan salah satu parameter yang paling penting dalam produksi etanol sejak hidrolisis enzimatis dan tahap fermentasi glukosa. Umumnya suhu fermentasi memiliki pengaruh lebih besar pada tingkat fermentasi, sebab suhu fermentasi meningkatkan laju pertumbuhan serta tingkat kenaikan pembentukan produk. Fermentasi bersifat eksotermik, tingkat panas yang dilepaskan tergantung pada kondisi alam sekitarnya. Oleh karena itu kontrol suhu pada suhu optimum tentu akan meningkatkan produksi etanol (Umamaheswari dkk., 2010). Selama fermentasi pH yang dihasilkan cenderung asam karena dalam pembentukan etanol, juga terjadi pembentukan asam asetat sebagai produk sampingnya. Peningkatan pembentukan asam asetat terjadi akibat penggunaan etanol sebagai sumber energi bagi *saccharomyces cerevisiae* saat proses fermentasi berlangsung (Muin dkk., 2015). Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa 500 gram sampel biji alpukat menghasilkan bioetanol sebesar 32,65% dengan konsentrasi ragi tape sebesar 30% (%b/v).

Kesimpulan

Terdapat pengaruh variasi konsentrasi ragi tape terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan pada proses fermentasi biji alpukat. Semakin besar konsentrasi ragi tape (*saccharomyces cerevisiae*) maka semakin tinggi kadar bioetanol yang dihasilkan. Kadar bioetanol tertinggi adalah 32,65% diperoleh pada saat konsentrasi ragi tape 30% (b/v).

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Tasrik laboran laboratorium Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Ariyani, E., Kusumo, E. & Supartono. (2013). Produksi bioetanol dari jerami padi (*Oryza sativa* L). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2), 167-172.
- Arsyad, Diah, A. W. M. & Said, I. (2015). Analisis kalor dan sintesis bioetanol dari serabut kelapa sawit sebagai alternatif bahan bakar terbarukan. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(4), 204-209.
- Arukwe, U., Amadi, B. A., Duru, M. K. C., Agomuo, E. N., Adindu, E. A., Odika, P. C., Lele, K. C., Egejuru, L. & Anudike, J. (2012). Chemical composition of persea americana leaf, fruit and seed. *International Journal of Recent Research and Applied Studies*, 11(2), 346-349.
- Assegaf, F. (2009). *Prospek produksi bioetanol bonggol pisang (musa paradisca) menggunakan metode hidrolisis asam dan enzimatis*. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- BPS. (2015). *Sulawesi tengah dalam angka 2015*. Sulawesi Tengah: BPS Provinsi Sulawesi Tengah.
- Erna, Said, I. & Abram, P. H. (2016). Bioetanol dari limbah kulit singkong (*Manihot esculenta crantz*) melalui proses fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(3), 121-126.
- Haryono, Kurniawan, R., Nurhayani, A. & Soviyani, D. A. (2010). Pembuatan bioetanol dari bahan berbasis selulosa. *Jurnal Institut Teknologi Nasional*, 2(4), 1-7.
- Judoamidjojo, M., Darwis, A. A. & Sa'id, E. G. (1992). *Teknologi fermentasi*. Jakarta: Rajawali Press.
- Leite, J. J., Brito, E. H., Cordeiro, R. A., Brilhante, R. S., Sidrim, J. J., Bertini, L. M. & Morais, S. M. (2009). Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of persea americana (avocado) seed extracts. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 42(2), 110-113.
- Mailool, J. C., Molenaar, R., Tooy, D. & Longdong, I. A. (2013). Produksi Bioetanol dari singkong (*manihot utilissima*) dengan skala laboratorium. *Jurnal Teknik Pertanian*, 2(1), 1-11
- Muin, R., Hakim, I. & Febriyansyah, A. (2015). Pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi enzim terhadap kadar bioetanol dalam proses fermentasi nasi aking sebagai substrat organik. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3), 59-69.
- Muin, R., Lestari, D. & Sari, T. W. (2014). Pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari biji alpukat. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4), 1-7.
- Ningsih, Y. A., Lubis, K. R. & Moeksin, R. (2012). Pembuatan bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan metode hidrolisis asam dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 30-34.
- Novia, Windarti, A. & Rosmawati. (2014). Pembuatan bioetanol dari jerami padi dengan metode ozonolisis-simultaneous saccarification and fermentation (SSF). *Jurnal Teknik Kimia*, 20(1), 38-48.
- O'Leary, V. S., Green, R., Sullivan, B. C. & Holsinger, V. H. (2004). Alcohol production by selected yeast strains in lactase hydrolyzed acid whey. *Journal Biotechnology and bioengineering*, 19(7), 1019-1035.
- Pertanian, K. (2015). *Statistik produksi hortikultura tahun 2014*. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian.
- Putri, E. S. & Supartono. (2015). Pemanfaatan limbah tandan kelapa untuk pembuatan bioetanol melalui proses hidrolisis dan

- fermentasi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2), 99-104.
- Said, M., Diah, A. W. M. & Sabang, S. M. (2014). Sintesis bioetanol dari jerami padi (*Oryza sativa* L) melalui fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(4), 178-182.
- Seftian, D., Antonius, F. & Faizal, M. (2012). Pembuatan etanol dari kulit pisang menggunakan metode hidrolisis enzimatis dan fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 10-16.
- Setiawati, R. D., Sinaga, R. A. & Dewi, K. T. (2013). Proses pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 9-15.
- Taherzadeh, M. J. & Karimi, K. (2008). Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production. *International Journal of Molecular Sciences*, 9(9), 1621-1651.
- Tarigan, J. (1990). *Pengantar mikrobiologi*. Jakarta: Departemen Pendidikan.
- Umamaheswari, M., Jayakumari, M., Maheswari, K., Subashree, M., Mala, P. & Sevanthi, T. (2010). bioethanol production from cellulosic material. *International Journal of Current Research*, 1(1), 005-011.
- Voigt, R. (1995). *Buku pelajaran teknologi farmasi*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.
- Winarno, F. G. (1992). *Pengantar teknologi pangan*. Jakarta: Gramedia.
- Xiang, Q., Lee, Y. Y., Pettersson, P. O. & Torget, R. W. (2003). Heterogeneous aspects of acid hydrolysis of a cellulose. *Journal Humana Press*, 107(1), 504-514.