



PEMANFAATAN LIMBAH KULIT NANAS MENJADI BIOETANOL DENGAN MENGGUNAKAN RAGI (*SACCHAROMYCES CEREVISIAE*)

Delfi Rahmi, Zulnazri*, Rozanna Dewi, Novi Sylvia, Syamsul Bahri

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
*E-mail: zoelnazri@yahoo.com

Abstrak

*Bioetanol pada dasarnya adalah etanol atau senyawa alkohol yang diperoleh melalui proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme. Pembuatan bioetanol dapat dilakukan terhadap tanaman berpati atau yang mengandung karbohidrat, glukosa dan selulosa. Salah satunya adalah kulit nanas. Penggunaan kulit nanas dapat menambah ragam bahan dasar pembuatan bioetanol yang ekonomis dan mudah diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk membuat bioetanol dari kulit buah nanas dengan variasi dari penambahan massa *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi. Penelitian ini sudah dilakukan sebelumnya, tetapi dengan menggunakan variasi berat urea dan NPK yang berbeda, sedangkan pada penelitian ini menggunakan variasi berat urea yang berbeda akan tetapi berat NPK yang sama. Metode penelitian menggunakan cara fermentasi dan distilasi dengan variasi waktu fermentasi 3, 6, 9 dan 12 hari. Hasil dari penelitian ini didapatkan yield bioetanol tertinggi 3,398%, densitas bioetanol tertinggi 0,8276 gr/ml, viskositas tertinggi adalah 1,12 cP dan uji gas chromatography (GC) adalah 38,492% pada waktu fermentasi 9 hari.*

Kata Kunci: *Bioetanol, Densitas, Fermentasi dan Viskositas*

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi dari bahan bakar minyak bumi (BBM) di berbagai negara di dunia dalam tahun terakhir ini mengalami peningkatan tajam karena BBM sudah merupakan kebutuhan vital bagi manusia. Sebagian besar teknologi atau bahkan hampir semua alat transportasi menggunakan bahan bakar minyak bumi sebagai sumber energi. Untuk mengantisipasi terjadinya krisis bahan bakar minyak bumi (BBM) pada masa yang akan datang, saat ini telah dikembangkan sumber energi yang baru dan terbarukan sekaligus ramah lingkungan. Bioetanol merupakan etanol yang diproduksi dari makhluk hidup sehingga keberadaannya dapat diperbaharui.

Bioetanol dapat dihasilkan dari bahan baku yang mengandung gula seperti tebu, singkong, sugu, dan nanas. Secara umum bahan yang mengandung pati dikonversi menjadi gula melalui proses pemecahan menjadi gula kompleks (likuifikasi) dan pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana (sakarifikasi) dengan penambahan air dan enzim (Fahmi dkk., 2014).

Bioetanol memiliki karakteristik mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak karsinogenik, dan tidak berdampak negatif pada lingkungan. Bioetanol mempunyai manfaat untuk dikonsumsi manusia sebagai minuman beralkohol. Selain itu, bioetanol dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dengan kandungan minimal 10 % etanol (Seftian dkk., 2012). Biaya produksi bioetanol tergolong murah karena sumber bahan baku berasal dari limbah pertanian yang memiliki nilai ekonomis yang rendah (Novia dkk., 2014).

Buah nanas selain dikonsumsi segar juga diolah menjadi berbagai macam makanan dan minuman, seperti selai, buah dalam sirup dan lain-lain. Selain buahnya, bagian lain nanas dapat dimanfaatkan seperti kulit buah. Kulit buah nanas dapat dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak yang disebut silase. Dengan semakin meningkatnya produksi nanas, maka limbah yang dihasilkan akan semakin meningkat pula.

Tabel 1.1 Analisis komposisi limbah kulit nanas

Komponen	Rata-rata (%)
Air	43,54%
Serat Kasar	20,87%
Karbohidrat	17,53%
Protein	4,41%
Gula Reduksi	13,65%

Sumber : Wijana dkk, 1991.

Menurut analisa diatas komponen terbesar dalam kulit nanas adalah air (43,83%) dan karbohidrat (17,53%). Karbohidrat terbagi menjadi tiga yaitu :

monosakarida (glukosa dan fruktosa), disakarida (sukrosa, maltosa dan laktosa) dan polisakarida (amilum, glikogen dan selulosa). Kandungan gula reduksi pada filtrat kulit nanas sebesar 13,65%. Mengingat kandungan gula yang cukup tinggi tersebut maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi (Hasnely dan Dewi, 1997).

Gula reduksi adalah gula yang mempunyai kemampuan untuk mereduksi. Hal ini dikarenakan adanya gugus aldehid atau keton bebas. Contoh gula yang termasuk gula reduksi Semua monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa) dan disakarida (laktosa, maltosa), kecuali sukrosa dan pati (polisakarida), termasuk sebagai gula non reduksi. Sedangkan glukosa adalah salah satu gula monosakarida (Team Laboratorium Kimia UMM, 2008).

Proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan yeast atau ragi untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol yang bersifat anaerob fakultatif yaitu tidak memerlukan oksigen (O_2) (Timotius, 1982). *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi alkohol karena dapat berproduksi tinggi, tahan terhadap kadar alkohol. **Penelitian ini sudah dilakukan sebelumnya, tetapi dengan menggunakan variasi berat urea dan NPK yang berbeda, sedangkan pada penelitian ini menggunakan variasi berat urea yang berbeda akan tetapi berat NPK yang sama.**

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain Kulit Nanas ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*), Aquadest, NPK, Urea, NaOH, HCL. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu Blender, erlenmeyer, alat distilasi, beaker glass, kertas Saring, gelas ukur, piknometer, termometer, timbangan, analitik dan alat Fermentator.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini hanya memfokuskan pada proses fermentasi menggunakan fermipan dengan variasi berat ragi, urea dan waktu fermentasi sehingga ditemukan

kondisi yang optimum untuk mencapai kadar etanol yang tinggi. Langkah pertama Kulit nanas yang telah dipotong ukuran kecil dihaluskan menggunakan blender kemudian timbang kulit nanas yang telah dihaluskan sebanyak 250 gram, Kulit nanas halus yang telah ditimbang dimasukkan kedalam panci yang telah berisi air sebanyak 400 ml dan panaskan menggunakan api sedang selama 15 menit dengan suhu 70°C. Aduk bubur kulit nanas agar tidak mengumpal dan gosong dan dinginkan slury kulit nanas pada suhu ruang kemudian disaring kemudian filtrat yang didapatkan dinetralkan dengan larutan NaOH hingga pH nya 4,5. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan 150 ml sampel dengan 100 ml inokulum, kemudian di fermentasi selama 3 hari, 6 hari, 9 hari, 12 hari dan kemudian didestilasi selama 5 jam untuk mendapatkan bioetanol. Selanjutnya bioetanol yang dihasilkan diuji pH, densitas, viskositas, yield, dan uji Gas Chromatography. Analisa densitas dilakukan dengan piknometer. Densitas bioetanol dihitung dengan persamaan 2.1:

$$\rho \text{ Etanol} = \frac{(\text{Berat Piknometer+sampel}) - (\text{Berat piknometer kosong})}{\text{Volume Piknometer}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Analisa viskositas menggunakan metode Ostwald. Viskositas bioetanol dihitung dengan persamaan 2.2:

$$\text{Viskositas} = k \times sg \times t \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

k = koefisien viskositas t = waktu alir (S)

sg = densitas sample/densitas air

Yield bioetanol dihitung dengan persamaan 2.3:

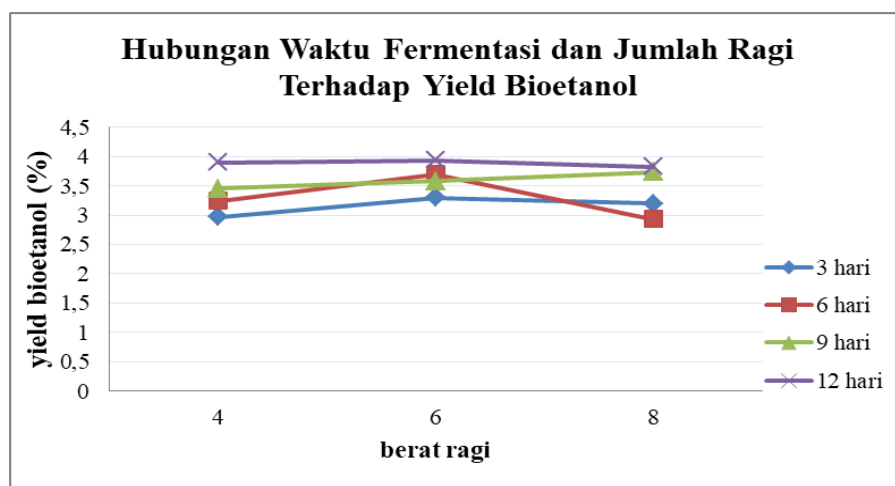
$$\text{Yield} = \frac{(\text{volume distilat})}{(\text{Volume larutan fermentasi})} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Berat Ragi Terhadap Yield Bioetanol

Yield merupakan produk yang didapatkan dari membandingkan berat awal bahan dengan berat akhirnya, sehingga dapat diketahui kehilangan beratnya selama proses pengolahan. Rendemen bioetanol dihitung dari hasil pengukuran volume

bioetanol yang diperoleh dari destilasi hasil fermentasi dibagi dengan volume bahan dasar/produk awal (Suastini, 1994). Pada grafik 4.1 menyatakan hubungan waktu fermentasi dan kadar ragi terhadap yield bioetanol sebagai berikut:



Gambar 3.1 Hubungan Waktu Fermentasi dan Jumlah Ragi Terhadap Yield Bioetanol

Gambar 3.1 dapat dilihat hasil yang didapatkan pada waktu fermentasi 3 hari menuju waktu fermentasi 9 hari menunjukkan yield bioetanol mengalami kenaikan, namun pada waktu fermentasi 12 hari yield bioetanol mengalami penurunan. Hal ini berarti pertumbuhan mikroba pada waktu tersebut berada pada fase eksponensial yaitu fase perkembangan mikroba yang meningkat sehingga mikroba bekerja secara optimum untuk mengubah glukosa menjadi etanol. Selain itu, penurunan kadar glukosa pada waktu fermentasi 12 hari disebabkan karena jumlah mikroba semakin menurun dan akan menuju ke fase kematian karena bioetanol yang dihasilkan semakin banyak dan nutrisi yang ada semakin menipis (Noviani, dkk., 2014).

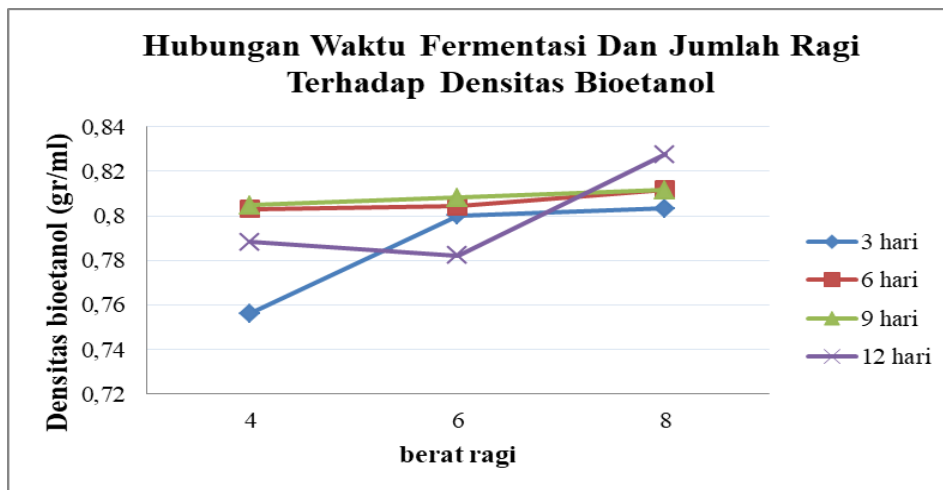
Hal ini dipengaruhi oleh pertumbuhan mikroorganisme dan nutrisi yang tersedia sudah mulai berkurang dan sel mulai berhenti membelah diri atau sel hidup dan sel mati mulai mencapai kesetimbangan (Tejasarwana, 1995).

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada waktu fermentasi 3 hari dengan massa ragi 4 gram, 6 gram dan 8 gram diperoleh yield bioetanol sebesar 2,936%, 2,966% dan 3,293%. Waktu fermentasi 6 hari dengan massa ragi 4 gram, 6 gram dan 8 gram diperoleh yield bioetanol sebesar 3,197%, 3,456% dan 3,702%. Waktu

fermentasi 9 hari dengan massa ragi 4 gram, 6 gram dan 8 gram diperoleh yield bioetanol sebesar 3,244 %, 3,735 % dan 3,938 % dan pada waktu fermentasi 12 hari dengan massa ragi 4 gram, 6 gram dan 8 gram diperoleh yield bioetanol sebesar 3,576 %, 3,828 % dan 3,899 %.

3.2 Hubungan Waktu Fermentasi Dan Berat Ragi Terhadap Densitas Bioetanol.

Densitas atau massa jenis merupakan massa dari suatu zat dalam setiap satuan volume. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar massa setiap volumenya. Adapun pengaruh waktu fermentasi dan jumlah ragi terhadap densitas bioetanol adalah semakin banyak jumlah ragi yang diberikan dan semakin lama waktu fermentasi maka densitas bioetanol yang diperoleh juga semakin besar, hal ini menunjukkan bahwa jumlah ragi dan waktu fermentasi pada saat fermentasi sangat berpengaruh terhadap densitas bioetanol yang dihasilkan.



Gambar 3.2 Hubungan Waktu Fermentasi Dan Jumlah Ragi Terhadap Densitas Bioetanol

Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa yang didapatkan pada waktu fermentasi 3 hari menuju waktu fermentasi 6 hari menunjukkan densitas bioetanol mengalami kenaikan begitu pula pada waktu fermentasi 9 hari densitas bioetanol mengalami kenaikan namun pada waktu fermentasi 12 hari densitas bioetanol mengalami penurunan. Densitas bioetanol pada waktu fermentasi 12 hari mengalami

penurunan disebabkan lama waktu distilasi untuk mendapatkan bioetanol lebih cepat dari variasi waktu lainnya sehingga densitas bioetanol dihasilkan sedikit (Fembriyono, 2003).

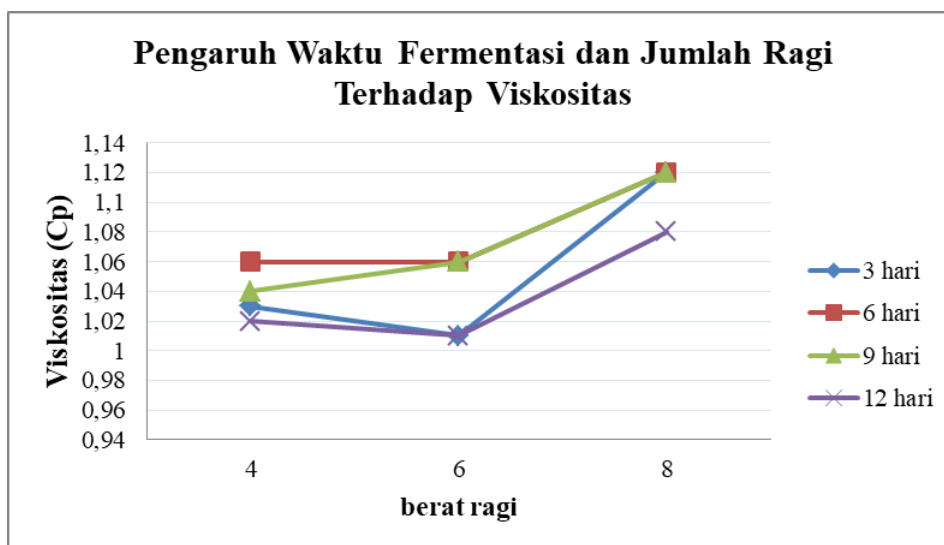
Gambar 3.2 menunjukkan bahwa pada waktu 3 hari didapatkan hasil densitas bioetanol terkecil dengan ragi 4 gram urea 2 gram diperoleh 0,7562 gr/ml, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram urea 4 gram diperoleh 0,8001 gr/ml dan didapatkan hasil densitas tertinggi pada ragi 8 gram urea 6 gram diperoleh 0,8034 gr/ml. Pada waktu 6 hari didapatkan hasil densitas bioetanol terkecil dengan ragi 4 gram urea 2 gram diperoleh 0,8031 gr/ml, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram urea 4 gram diperoleh 0,8044 gr/ml dan didapatkan hasil densitas tertinggi pada ragi 8 gram urea 6 gram diperoleh 0,8119 gr/ml. Pada waktu 9 hari didapatkan hasil densitas bioetanol terkecil dengan ragi 4 gram urea 2 gram diperoleh 0,8049 gr/ml, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram urea 4 gram diperoleh 0,8081 gr/ml dan didapatkan hasil densitas tertinggi pada ragi 8 gram urea 6 gram diperoleh 0,8116 gr/ml. Pada waktu 12 hari didapatkan hasil densitas bioetanol terkecil dengan ragi 4 gram urea 2 gram diperoleh 0,7882 gr/ml, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram urea 4 gram diperoleh 0,7822 gr/ml dan didapatkan hasil densitas tertinggi pada ragi 8 gram urea 6 gram diperoleh 0,8276 gr/ml.

Gambar 3.2 terlihat bahwa densitas bioetanol diperoleh 0,8 – 0,82 gr/ml. Namun demikian nilai densitas yang dihasilkan pada penelitian ini masih diatas bioetanol standar, dimana densitas tersebut melebihi dari densitas bioetanol absolut yaitu sebesar 0,798 gr/ml. Penggunaan temperatur pada distilasi yang terlalu tinggi dan lama nya waktu destilasi juga mengakibatkan embun pada tetesan distilasi yang menghasilkan bioetanol beberapa air yang ikut terbawa (Fembriyono, 2003). Nilai densitas yang mendekati nilai bioetanol standar SNI terjadi pada waktu fermentasi 3 hari pada massa ragi 2 gram yaitu sebesar 0,7562 gr/ml, pada waktu fermentasi 12 hari pada massa ragi 4 gram yaitu sebesar 0,7882 dan pada massa ragi 6 gram yaitu sebesar 0,7822 gr/ml. Standar mutu densitas bioetanol adalah sebesar 0,789 gr/mol sehingga densitas bioetanol yang didapat pada penelitian ini telah memenuhi standar.

3.3 Pengaruh Waktu Fermentasi dan Berat Ragi Terhadap Viskositas

Viskositas merupakan nilai kekentalan suatu fluida, dimana uji viskositas ini dilakukan dengan alat viskometer dengan cara menentukan waktu alir cairan dan akan di kalibrasi dengan air. Semakin meningkatnya hasil viskositas juga dipengaruhi oleh densitas bioetanol yang diperoleh, dimana untuk memperoleh Spesifik gravity (Sg) untuk sampel yang di uji maka nilai densitas yang diperoleh dari uji sebelumnya akan dibandingkan dengan densitas air maka akan diperoleh nilai spesifik gravity dari sampel, spesifik gravity di perlukan untuk mencari nilai viskositas sampel.

Kekentalan adalah sebuah sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir. maka semakin besar nilai kekentalan maka semakin besar hambatan untuk mengalir atau laju alirnya berjalan dengan lambat. Satuan dasar kekentalan yang digunakan adalah poise (1 poise = 100 senti poise).



Gambar 3.3 Pengaruh Waktu Fermentasi dan Jumlah Ragi Terhadap Viskositas

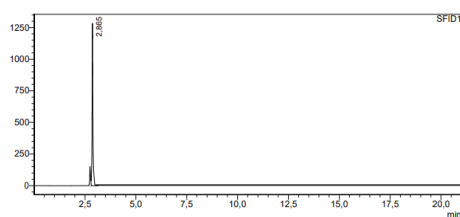
Gambar 3.3 menunjukkan bahwa viskositas tertinggi adalah 1,12 Cp dengan kadar ragi 8 gram dan waktu fermentasi 3 hari. Sedangkan viskositas terendah adalah 1,01 cp dengan fermentasi waktu 12 hari dan berat ragi 6 gr. Berdasarkan literatur diketahui viskositas bioetanol pada temperatur 20°C yaitu sebesar 1,17 cp. Dari gambar 3.3 diperlihatkan bahwa semakin besar kadar ragi yang diberikan maka semakin besar viskositas yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena pengaruh

banyaknya mikroba dan lamanya waktu fermentasi sehingga waktu kontak antara mikroba dan bahan baku menjadi lebih maksimal.

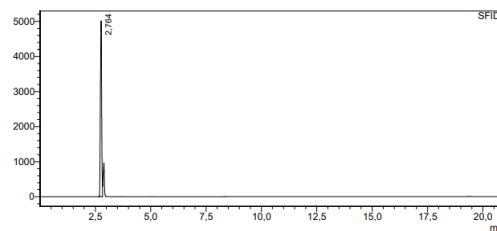
Gambar 3.3 menunjukkan bahwa pada waktu 3 hari didapatkan hasil viskositas terkecil dengan ragi 4 gram diperoleh 1,03 Cp, pada urutan kedua didapatkan dengan ragi 6 gram diperoleh 1,07 Cp dan ragi 8 gram didapatkan hasil viskositas tertinggi diperoleh 1,12. Pada waktu 6 hari didapatkan viskositas terkecil dengan ragi 4 gram diperoleh 1,06 Cp, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram diperoleh 1,06 Cp dan didapatkan hasil viskositas tertinggi pada ragi 8 gram diperoleh 1,12 Cp. Pada waktu 9 hari didapatkan viskositas terkecil dengan ragi 4 gram diperoleh 1,04 Cp, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram diperoleh 1,06 Cp dan didapatkan hasil viskositas tertinggi pada ragi 8 gram diperoleh 1,12 Cp. Dan pada waktu 12 hari didapatkan viskositas terkecil dengan ragi 4 gram diperoleh 1,02 Cp, pada urutan kedua dengan ragi 6 gram diperoleh 1,01 Cp dan didapatkan hasil viskositas tertinggi pada ragi 8 gram diperoleh 1,08 Cp. Dari penelitian ini rata-rata viskositas yang dihasilkan berkisar 1,06 cp. Tingkat kekentalan suatu produk dapat diukur dengan menggunakan alat viskometer oswalt. Dengan prinsip kerja menghitung kecepatan laju alir dari suatu cairan dan akan dikalikan dengan densitas bioetanol yang didapatkan. Semakin tinggi viskositas suatu bahan maka bahan tersebut akan semakin stabil karena pergerakan partikel akan semakin sulit dengan semakin kentalnya suatu bahan. Standar mutu viskositas bioetanol adalah sebesar 1,17 cP sehingga viskositas bioetanol yang didapat pada penelitian ini belum memenuhi standar.

3.4 Uji Gas Cromatografy (GC)

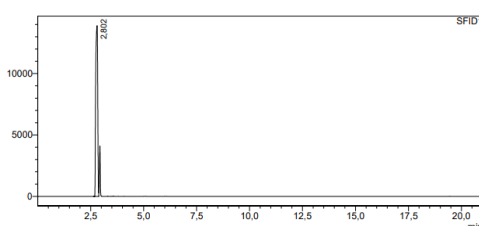
Adapun data yang diperoleh dari hasil penelitian *Gas Cromatografy (GC)* yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia universitas Malikussaleh, adalah sebagai berikut :



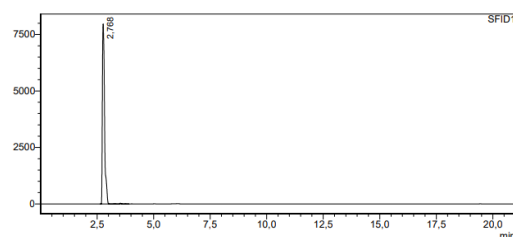
Gambar 3.4 Analisa Cromatogram
Fermentasi 3 hari



Gambar 3.5 Analisa Cromatogram
Fermentasi 6 hari



Gambar 3.6 Analisa Cromatogram
Fermentasi 9 hari



Gambar 3.7 Analisa Cromatogram
Fermentasi 12 hari

Tabel 3.2. Data pengujian kadar etanol Kulit Nanas.

Sampel	Waktu Fermentasi	Kadar Etanol (%)
1	3 hari	25,314
2	6 hari	27,739
3	9 hari	38,492
4	12 hari	32,778

Data hasil pengujian di atas di peroleh dengan menggunakan alat untuk mengetahui kadar etanol yaitu *Gas Chromatography* (GC). Lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar alkohol sedangkan penambahan gula tidak mempengaruhi secara nyata (Rahayu, 2007).

Pada hasil pengujian diatas, pengaruh waktu fermentasi dengan kadar etanol menunjukkan fermentasi dengan waktu tercepat yaitu 3 hari mengandung kadar etanol 25,314%, fermentasi dengan waktu 6 hari mengandung kadar etanol 27,739%, fermentasi dengan waktu 9 hari mengandung kadar etanol 38,492% dan

fermentasi dengan waktu terlalu lama 12 hari mengandung kadar etanol sebesar 32,778% .

Berdasarkan hasil pengujian pada *Gas Chromatography* (GC) pertumbuhan mikroba dengan hasil kadar etanol di atas belum menunjukkan adanya tanda-tanda terjadi fase kematian. Pada proses fermentasi, peningkatan kadar etanol yang dialami menuju hingga waktu 6 hari masih sangat rendah. Hal ini disebabkan mikroba pelaksana fermentasi masih memasuki fase adaptasi. Setelah mengalami fase adaptasi, mikroba mulai membelah dengan kecepatan yang rendah karena baru mulai menyesuaikan diri (Fardias, 1988).

Kadar etanol semakin meningkat seiring dengan waktu fermentasi. Peningkatan kadar etanol yang terlihat pada waktu 9 hari keadaan ini dikarenakan *S. cerevisiae* yang berada pada ragi dalam proses fermentasinya masih memasuki fase log. Pada fase ini mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Sedangkan pada waktu 12 hari konsentrasi etanol cenderung berkurang tidak menunjukkan range peningkatan seperti hari fermentasi awal. Jika dibandingkan pada fase pertumbuhan mikroorganisme kondisi tersebut dikarenakan proses fermentasi mulai memasuki fase pertumbuhan lambat. Pada fase ini pertumbuhan populasi mikroba diperlambat, tetapi Jumlah populasi pada fase ini masih naik karena jumlah sel yang tumbuh masih lebih banyak daripada jumlah sel yang mati (Fardias, 1988).

Mengacu pada SNI 7390: 2012 yang menyatakan bahwa Bioetanol dapat digunakan sebagai pengganti BBM tergantung dari tingkat kemurniannya. Bioetanol dengan kadar 95-99% dapat dipakai sebagai bahan substitusi premium (bensin), sedangkan kadar 40% dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah (Badan standarisasi nasional, 2012). Etanol dari kulit nanas pada penelitian ini mencapai SNI dengan kadar 40% dapat dipakai sebagai bahan substitusi minyak tanah.

4. Simpulan dan Saran

Dari hasil penelitian pembuatan bioetanol dari kulit nanas yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan yield bioetanol tertinggi diperoleh 3,938 %

pada waktu fermentasi 9 hari dengan massa ragi 8 gram. Semakin lama waktu fermentasi, kadar sisa glukosa yang tidak terkonversi menjadi bioetanol semakin kecil. Untuk mendapatkan kadar etanol yang tinggi diperlukan lama waktu fermentasi yang optimum yaitu pada saat ragi berada pada fase berkembang biak. Densitas bioetanol yang sesuai dengan standar SNI yaitu 0,798 gr/ml terdapat pada waktu fermentasi 12 hari dengan berat ragi 4 gram yaitu 0,7882 gr/ml dan pada waktu fermentasi 12 hari dengan berat ragi 6 gram yaitu 0,7822 gr/ml. Viskositas tertinggi yang dihasilkan adalah sebesar 1.12 cp pada waktu fermentasi 9 hari dengan massa ragi 8 gram. Kandungan bioetanol tertinggi yang dihasilkan setelah diuji gas chromatography (GC) adalah 38,492% pada waktu fermentasi 9 hari.

Adapun saran pada penelitian bioetanol sebaiknya dilakukan proses hidrolisis dimana akan memudahkan perombakan selulosa menjadi glukosa dan memungkinkan akan mendapatkan hasil bioetanol yang lebih baik.

5. Daftar Pustaka

1. Armansyah. T.H, Hambali. E, Mujdalipah. S, Patriwi. W.A, dan Hendroko. R, 2007. *Teknologi Bioenergi*. PT Agro Media Pustaka. Jakarta. <https://doi.org/10.31949/j-ensitec.v4i02.1204>
2. Budiman. A, 2021. *Distilasi Teori Dan Pengendalian Operasi*. Universitas Gajah Mada Press: Yogyakarta. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.136>
3. Dewati Retno. 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Ethanol*. Skripsi. UPN Veteran Jatim. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.1>
4. Dwijdoseputro, 1984. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Malang. <https://doi.org/10.31237/osf.io/3jxc2>
5. Elevri, P.A dan Putra, S.R. 2006. *Produksi Etanol Menggunakan Saccharomyces cerevisiae yang diamobilisasi dengan Agar Bang*. Akta Kimindo. Institut Surabaya. 1(2):105 – 114. <https://doi.org/10.12962/j25983806.v16.i2.43>
6. Fahmi D, Susilo B, Nugroho W. A. 2014. “*Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (Ananas Comosus L. Merr) Dengan Menggunakan Destilasi Vakum*” Jurusan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian

- Universitas Brawijaya. Vol. 2, No. 2:131-137.
<https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9019>
7. Fajrin, M.R. 2016. *Komposisi Unsur dalam Pupuk*. [Online]. Tersedia di: www.chemistic.com/2016/04/komposisi-unsur-dalam-pupuk.html. Diakses pada 10 November 2019. <https://doi.org/10.33005/adv.v6i2.1041>
 8. Fessenden and Fessenden, 1982. *Kimia Organik*. PT Erlangga. Jakarta.
<https://doi.org/10.2172/5255349>
 9. Geankoplis, C.J., 1983, *Transport Processes and Unit Operation*, Prentice Hall Inc, New York. <https://doi.org/10.1002/0471722057.ch1>
 10. Hasnelly, Sumartini, dan Dewi, 1997. “*Pengaruh Penambahan Konsentrasi Sacharomyces Cerevisiae dan Amonium Phosphat pada Pembuatan Nata Kulit Nanas*” Prosiding SNTKI. Bandung.
<https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1932>
 11. Harahap. H, 2003. *Karya Ilmiah Produksi Alkohol*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Sumatra Utara.
<https://doi.org/10.31219/osf.io/zg4jr>
 12. Khairani, (2006), “*Pembuatan Etanol Dari Kulit Pisang Secara Fermentasi*” Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v9i02.79>
 13. Perry. R.H, 1984. *Perry Chemical Engineering Hands Book*. Mc Graw Hill. Singapore. <https://doi.org/10.18260/2-1-370.660-29487>
 14. Putri, S.A . 2016. *Hubungan Antara Kadar Gula Reduksi, Jumlah Sel Mikrob dan Etanol dalam Produksi Bioetanol dan Fermentasi Air Kelapa dengan Penambahan Urea*. jurnal online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau 3(2):1-8. <https://doi.org/10.31289/biolink.v4i2.1191>
 15. Winarno. F.G, 1980. *Pengantar Teknologi Pangan* . Gramedia. Jakarta.
<https://doi.org/10.33005/jtp>
 16. Retno,D.T dan Nuri, W. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Tersedia di: eprints.undip.ac.id/136719/1/28.JURNAL_I.pdf. Diakses pada 10 November 2019. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.1>
 17. Riawan. S, 1989. *Kimia Organik*. Bina Rupa Aksara. Jakarta.
<https://doi.org/10.52574/syiahkualauniversitypress.342>

18. Prescott, S. G and C. G. Said, 1959, *Industrial Microbiology*. ed 3. New York : McGraw-Hill Book Company. <https://doi.org/10.1007/bf01576079>
19. Prihandana, R., 2007, *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*, PT. Agromedia Pustaka, Jakarta. <https://doi.org/10.23887/jptm.v8i1.27298>
20. Retno, Dyah., Wasir N. 2011. *Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang*. Jurusan Teknik Kimia FTI, UPN Veteran. Yogyakarta. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.1>
21. Simamora, S., 2008, *Membuat Biogas pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas*. PT. Agromedia Pustaka, Jakarta. <https://doi.org/10.29017/lpmgb.45.2.691>
22. Susanti A. D, Prakoso T. P, dan Prabawa H. “*Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas Melalui Hidrolisis Dengan Asam*” jurnal teknik kimia fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Vol. 12, No. 1:11-16. <https://doi.org/10.20961/ekuilibrium.v10i2.2246>
23. Turnip, T.T.. 2016. *Potensi Air Kelapa dalam Proses Fermentasi Bioetanol dengan Penambahan NPK dan Tween 80TM*..jurnal online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau 3(2):1-8. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v12i02.130>
24. Wijana S, Kumalaningsih A, Setyowati U, Efendi dan Hidayat N. (1991). “*Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi*”. ARMP (Deptan). Universitas Brawijaya. Malang. <https://doi.org/10.29122/jrl.v5i1.1876>
25. Zely, F.d. 2014. “*Pengaruh Waktu dan Kadar Saccharomyces cerevisiae Terhadap Produksi Etanol dari Serabut pada Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan dengan Enzim Selulase*” Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Bengkulu. Bengkulu. <https://doi.org/10.17509/edufortech.v6i2.39289>