

PEMANFAATAN *Saccharomyces cereviceae* DAN LIMBAH BUAH NANAS PASAR BERINGHARJO YOGYAKARTA UNTUK PEMBUATAN BIOETANOL

Sri Ayu Wahyuni*, Abdul Hadi Kadarusno**, Bambang Suwerda**

* JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl. Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, Sleman, DIY 55293
email: Sriayuwahyuni18@gmail.com

** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Abstract

*One of the organic waste generated from markets is pineapple waste. Parts of pineapple that can be eaten is only 53 % while the remaining 47 % were dumped as waste. The peels of pineapple contain 13,65 % sugar, so that can be processed as bioethanol, i.e. ethanol made from biomass containing cellulose or starch component. The preliminary trial found that the fermentation of pineapple waste in four days with four weight variations of *Saccharomyces cereviceae* obtained the highest level of bioethanol at 27,7289 %, i.e. produced from 15 gram of that yeast. The purpose of this research was to know the influence of *Saccharomyces cereviceae* weight variation (0 %, 20 %, 40 % and 60 %) and fermentation time variation (4 days, 7 days and 10 days) toward the levels of bioethanol produced from pineapple waste of Beringharjo Market, by conducting a post-test only with control group designed experiment. The results show that the highest levels of bioethanol produced was 40,45354 %, i.e. from the use of 60 % weight of *Saccharomyces cereviceae* and 10 days fermentation. However, the statistical analysis with two-way anova test at 95 % level of confidence yielded a probability value $>0,05$ which means that the levels of bioethanol produced from those yeast weight variation and fermentation time variation are not significantly different.*

Keywords : bioethanol, *Saccharomyces cereviceae*, pineapple waste, fermentation

Intisari

*Salah satu sampah organik yang dihasilkan dari pasar adalah limbah nanas. Bagian buah nanas yang dapat dimakan hanya sebanyak 53 % dan 47 % sisanya dibuang dan menjadi limbah. Kulit nanas yang mengandung kadar gula sebesar 13,65 % dapat dijadikan bioetanol, yaitu etanol yang terbuat dari biomassa yang mengandung komponen pati atau selulosa. Uji pendahuluan dengan memfermentasikan limbah nanas selama empat hari dengan empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae*, menghasilkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 27,7289 % dari penggunaan 15 gram jenis ragi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah diketahuinya pengaruh variasi berat *Saccharomyces cereviceae* (0 %, 20 %, 40 %, dan 60 %) dan waktu fermentasi (4 hari, 7 hari dan 10 hari) terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah nanas Pasar Beringharjo, dengan melakukan eksperimen dengan desain penelitian post-test only with control group. Dari hasil penelitian diketahui bahwa kadar bioetanol tertinggi adalah sebesar 40,45354 % yang diperoleh dari berat *Saccharomyces cereviceae* 60 % dan waktu fermentasi 10 hari. Namun demikian, hasil analisis statistik dengan uji two-way anova pada derajat kepercayaan 95 %, memperoleh nilai probabilitas $>0,05$ yang menunjukkan tidak signifikannya perbedaan kadar bioetanol yang terbentuk dari variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi yang digunakan.*

Kata Kunci : bioetanol, *Saccharomyces cereviceae*, limbah nanas, fermentasi

PENDAHULUAN

Salah satu pasar tradisional yang ada di Kota Yogyakarta adalah Pasar Beringharjo. Berdasarkan keterangan dari pengelola pasar pada 6 Februari 2015, volume sampah per hari yang dihasilkan oleh aktifitas di pasar tersebut, kurang lebih sebanyak 12 ton.

Sampah yang dihasilkan di antaranya berupa sampah organik seperti buah-buahan dan sayuran yang sudah tidak dapat dijual. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengolah sampah organik, yaitu antara lain dijadikan sebagai kompos, pupuk cair, biogas dan bioetanol yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar.

Pengelolaan sampah yang dilakukan di Pasar Beringharjo berupa pemilahan. Sebelum dibawa ke tempat pembuangan akhir (TPA), sampah dipisahkan menurut jenisnya yaitu sampah plastik, sampah kertas dan sampah organik. Oleh petugas kebersihan, sampah plastik dan kertas dijual ke pengepul, sedangkan sampah organik diangkut untuk dibuang ke TPA Piyungan.

Salah satu sampah organik yang dihasilkan di pasar-pasar adalah limbah buah-buahan, salah satunya nanas. Berat buah nanas yang dijual di pasaran berkisar antara 700-1200 gram. Buah nanas biasanya dijual oleh pedagang dalam bentuk yang sudah dikupas, sehingga banyak limbah yang dihasilkan dari proses pengupasan yang tidak dimanfaatkan. Bagian dari buah nanas yang dapat dimakan adalah sebanyak 53 %, sementara sisanya, yaitu 47 %, dibuang dan menjadi limbah ¹⁾.

Di Pasar Beringharjo, terdapat kurang lebih 11 pedagang buah nanas, dengan rata-rata per hari dapat menjual yang sudah dikupas sebanyak 35 buah. Oleh karena itu, pasar tersebut setiap hari menghasilkan limbah buah nanas kurang lebih sebanyak 126,6 kilogram.

Limbah buah nanas adalah berupa kulit, 'mata' dan bagian buah lain yang tidak dapat dimakan. Apabila limbah tersebut tidak dilakukan pengelolaan, dapat menimbulkan pencemaran bagi lingkungan. Sebagaimana sudah disebutkan sebelumnya, limbah nanas tersebut dapat dimanfaatkan, salah satunya yaitu diolah menjadi bioethanol.

Kulit nanas mengandung kadar gula yang cukup tinggi yaitu 13,65 % ²⁾. Sementara itu, pada dasarnya, bioethanol dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan yang mengandung gula ³⁾. Selain sebagai alternatif pengganti bahan bakar, bioetanol juga banyak dimanfaatkan dalam pembuatan kosmetik, obat-obatan dan karet sintetis ⁴⁾.

Pembuatan bioetanol dari sari limbah buah nanas dilakukan melalui tahap persiapan bahan dengan cara limbah buah tersebut yang diperoleh dari pasar dicuci dan selanjutnya di *blender* dan di-

ambil sarinya dengan cara diperas. Setelah itu baru kemudian dilakukan proses fermentasi dengan menggunakan *starter* ragi (*yeast*) yang mengandung *Saccharomyces cereviceae*. Urea dan pupuk NPK digunakan sebagai nutrisi bagi *Saccharomyces cereviceae* tersebut. Selanjutnya dilakukan proses distilasi pada suhu 70-90 °C yang akan menghasilkan bioetanol.

Uji pendahuluan yang dilakukan berupa fermentasi sari limbah buah jenis Nanas Madu selama empat hari dengan variasi berat *Saccharomyces cereviceae* 0 gram, 5 gram, 10 gram dan 15 gram diperoleh kadar bioetanol tertinggi sebesar 27,7289 % yang berasal dari berat *Saccharomyces cereviceae* 15 gram. Adapun hasil uji nyala api untuk bioetanol yang dihasilkan oleh *Saccharomyces cereviceae* dengan berat 5 gram, 10 gram dan 15 gram, teramati adanya nyala api berwarna biru.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan tersebut, maka selanjutnya akan diteliti kadar bioetanol dari limbah buah nanas yang difermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cereviceae* pada variasi berat 0 % (sebagai kontrol), 20 % (sebagai variasi perlakuan I), 40 % (sebagai variasi perlakuan II), dan 60 % (sebagai variasi perlakuan III). Banyaknya sari limbah nanas yang digunakan adalah 200 ml, dengan variasi waktu fermentasi selama empat, tujuh dan sepuluh hari. Jenis buah yang digunakan adalah Nanas Madu, Nanas Batu dan Nanas Jawa yang banyak dijual di pasar-pasar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi sebagaimana dijelaskan di atas, dalam pembuatan bioetanol dari limbah nanas yang dihasilkan oleh Pasar Beringharjo.

METODA

Jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen dengan desain *post-test only with control group*, yang hasilnya akan dianalisis secara deskriptif dan inferensial ⁵⁾.

Penelitian berlangsung antara 11-21 Mei 2015. Tempat penelitian untuk proses fermentasi adalah di Asrama I Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, yang berlokasi di RT 03 RW 08 Gadingan, Banyuraden, Gamping, Sleman, Provinsi D. I. Yogyakarta. Adapun untuk proses distilasi, dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Analis Kesehatan Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.

Semua limbah nanas yang digunakan dalam penelitian berasal dari para pedagang buah di Pasar Beringharjo. Banyaknya sampel nanas yang digunakan adalah 400 gram untuk masing-masing 12 variasi perlakuan atau 4800 gram. Dengan ulangan penelitian sebanyak tiga kali, maka total berat sampel limbah buah yang digunakan adalah 14.400 gram. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *random sampling*, yaitu semua jenis limbah buah nanas memiliki kesempatan yang sama untuk dijadikan sampel.

Normalitas data hasil pengukuran kadar bioetanol diuji dengan *one sample Kolmogorov Smirnov test*. Karena disimpulkan dengan uji tersebut bahwa data terbukti mengikuti distribusi normal, maka analisis statistik parametrik *two-way anova* dapat digunakan untuk menguji perbedaan hasil penelitian. Semua uji statistik tersebut menggunakan derajat kepercayaan 95 %.

HASIL

Tabel 1.
Kadar bioetanol yang dihasilkan (%) selama 4 hari fermentasi pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae*

Ulangan	Variasi berat <i>Saccharomyces cereviceae</i>			
	Kontrol	Var I	Var II	Var III
1	32,8596	38,5979	41,4679	35,3116
2	38,5299	35,5271	39,8942	35,8402
3	35,9869	31,4605	37,4429	31,1108
Rerata	35,7922	35,1952	39,6016	34,0875

Hasil pengukuran kadar bioetanol sari limbah buah nanas dengan empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae* setelah difermentasikan selama empat

hari, 7 hari dan 10 hari dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan oleh variasi berat *Saccharomyces cereviceae* yang digunakan dengan waktu fermentasi empat hari menunjukkan perbedaan. Kadar bioetanol tertinggi dihasilkan oleh Variasi II (40 %), yaitu sebesar 39,6016 %, dan kadar terendah dihasilkan oleh Variasi III (60 %), yaitu sebesar 34,0875 %.

Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan oleh empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dengan waktu fermentasi tujuh hari menunjukkan adanya perbedaan. Kadar bioetanol tertinggi dihasilkan oleh Variasi II (40 %), yaitu sebesar 37,9217 %, dan kadar terendah dihasilkan oleh Kontrol (0 %), yaitu sebesar 29,4590 %.

Tabel 2.
Kadar bioetanol yang dihasilkan (%) selama 7 hari fermentasi pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae*

Ulangan	Variasi berat <i>Saccharomyces cereviceae</i>			
	Kontrol	Var I	Var II	Var III
1	25,9830	27,2419	34,1071	31,2000
2	32,8267	40,8441	47,2383	25,3933
3	29,5674	38,7668	32,4196	32,8981
Rerata	29,4590	35,6176	37,9217	29,8305

Tabel 3.
Kadar bioetanol yang dihasilkan (%) selama 10 hari fermentasi pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae*

Ulangan	Variasi berat <i>Saccharomyces cereviceae</i>			
	Kontrol	Var I	Var II	Var III
1	36,8338	45,3677	35,1598	42,8647
2	20,3444	32,7770	37,4071	37,7763
3	34,7964	42,7125	38,2941	40,7195
Rerata	30,6582	40,2858	36,9537	40,4535

Demikian juga dengan hasil pengukuran yang disajikan oleh Tabel 3. Terlihat bahwa terdapat perbedaan rata-rata kadar bioetanol yang dihasilkan dari waktu fermentasi 10 hari dengan meng-

gunakan empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae*. Kadar bioetanol tertinggi dihasilkan dari Variasi III (60 %), yaitu sebesar 40,4535 %, sementara kadar bioetanol terendah dihasilkan dari kontrol (0 %), yaitu sebesar 30,6582 %.

Selanjutnya, data pengamatan lama api menyala, dalam satuan detik, terhadap bioetanol sari limbah buah nanas dengan empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae* disajikan di Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 berikut.

Tabel 4.
Lama api menyala yang dihasilkan (detik) selama 4 hari fermentasi pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae*

Ulangan	Variasi berat <i>Saccharomyces cereviceae</i>			
	Kontrol	Var I	Var II	Var III
1	76	61	81	50
2	61	80	86	94
3	68	71	65	73
Rerata	68,33	70,67	77,33	72,33

Tabel 5.
Lama api menyala yang dihasilkan (detik) selama 7 hari fermentasi pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae*

Ulangan	Variasi berat <i>Saccharomyces cereviceae</i>			
	Kontrol	Var I	Var II	Var III
1	13	32	63	35
2	62	74	58	51
3	55	50	50	31
Rerata	43,33	52,00	57,00	39,00

Tabel 6.
Lama api menyala yang dihasilkan (detik) selama 10 hari fermentasi pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae*

Ulangan	Variasi berat <i>Saccharomyces cereviceae</i>			
	Kontrol	Var I	Var II	Var III
1	51	68	59	70
2	6	57	72	64
3	59	60	65	83
Rerata	38,67	61,67	65,33	72,33

Tabel 4 memperlihatkan bahwa teramati adanya perbedaan rata-rata lama

api menyala dari bioetanol yang dihasilkan dalam empat hari fermentasi oleh empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae* yang digunakan. Lama api menyala terlama dihasilkan dari Variasi II (40 %), yaitu 77,33 detik, dan lama api menyala tersingkat dihasilkan dari Kontrol (0 %), yaitu 68,33 detik.

Untuk waktu fermentasi tujuh hari, Tabel 5 juga memperlihatkan bahwa rerata lama api yang menyala dari bioetanol yang dihasilkan oleh variasi berat *Saccharomyces cereviceae* yang digunakan memperlihatkan adanya perbedaan. Lama api menyala terlama dihasilkan dari Variasi II (40 %), yaitu 57,00 detik, sedangkan lama api menyala tersingkat dihasilkan dari Variasi III (60 %), yaitu 39,00 detik.

Adapun untuk waktu fermentasi sepuluh hari, Tabel 6 memperlihatkan bahwa rerata lama api yang menyala dari bioetanol yang dihasilkan oleh Variasi III (60 %) adalah yang paling lama, yaitu 72,33 detik, dan menyala tersingkat dihasilkan dari Kontrol (0 %), yaitu 38,67 detik.

Tabel 7.
Hasil pengukuran pH awal dan pH akhir pada berbagai variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi

Hari ke-	Ulangan	Kontrol		Var I		Var II		Var III	
		pH awal	pH akhir						
4	1	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
	2	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
	3	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
Rata-rata		4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
7	1	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	5,0	4,0	5,0
	2	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	5,0	4,0	5,0
	3	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	5,0	4,0	5,0
Rata-rata		4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	5,0	4,0	5,0
10	1	4,0	3,5	4,0	6,0	4,0	5,5	4,0	5,5
	2	4,0	3,5	4,0	6,0	4,0	5,5	4,0	5,5
	3	4,0	3,5	4,0	6,0	4,0	5,5	4,0	5,5
Rata-rata		4,0	3,5	4,0	6,0	4,0	5,5	4,0	5,5

Sementara itu, data hasil pengukuran pH awal dan pH akhir bioetanol untuk seluruh variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dan seluruh waktu fermentasi, dapat dilihat pada Tabel 7.

Terlihat bahwa terdapat perbedaan rata-rata pengukuran pH awal dan pH akhir. pH awal merupakan pH yang diukur dari sari limbah buah nanas yang siap difermentasikan sebelum botol fermentator ditutup. pH akhir merupakan pH yang diukur dari sari limbah buah nanas yang telah difermentasi sebelum dilakukan proses distilasi.

pH awal dari setiap variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dan variasi waktu fermentasi adalah 4. Adapun untuk pH akhir, tertinggi adalah 6, yaitu pada variasi berat *Saccharomyces cereviceae* 20 % dan waktu fermentasi 4, 7 dan 10 hari; dan pH akhir terendah, yaitu 3,5, terukur pada variasi berat *Saccharomyces cereviceae* 0 % dan waktu fermentasi 10 hari.

PEMBAHASAN

Perbedaan hasil pengukuran yang terlihat secara deskriptif berdasarkan tabel-tabel di atas, ternyata tidak terbukti berbeda bermakna melalui analisis statistik. Nilai p yang diperoleh dari uji statistik *two way anova* untuk menguji perbedaan kadar bioetanol yang dihasilkan dari limbah nanas dalam waktu fermentasi 4, 7 dan 10 hari, masing-masing adalah sebesar 0,169; 0,297; dan 0,212; atau di atas nilai kritis 0,05.

Ketidak-bermakna hasil penelitian di atas, dapat disebabkan oleh banyak faktor, di antaranya: pengendalian suhu pada saat fermentasi, jenis buah nanas yang digunakan, suhu pada proses distilasi, kandungan air hasil distilasi, pH limbah dan banyaknya replikasi.

Pada saat dilakukan fermentasi, tidak dilakukan pengendalian terhadap suhu. Suhu yang digunakan dalam proses fermentasi seharusnya adalah antara 26-30 °C⁶⁾. Botol-botol fermentator seharusnya diletakkan di dalam kotak yang memiliki suhu pada rentang nilai di atas. Dalam penelitian ini, botol fermentator

hanya diletakkan di dalam ruangan yang suhunya dapat dipengaruhi oleh suhu luar. Pada saat fermentasi, suhu tidak konstan, karena di dalam ruangan tempat dilakukannya penelitian, pada malam hari dapat mencapai 20 °C dan pada saat siang hari dapat mencapai 35 °C sebagai akibat dari pengaruh panas yang berasal dari luar ruangan.

Penelitian ini memanfaatkan limbah dari tiga jenis buah nanas, berdasarkan kemudahannya ditemui di pasaran. Jenis nanas tersebut adalah Nanas Madu, Nanas Jawa dan Nanas Batu⁷⁾. Pada saat dilakukan pencampuran limbah, terdapat 6 kg Nanas Madu, 7 kg Nanas Batu, 5 kg Nanas Jawa. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara *random sampling*, yaitu semua jenis limbah buah nanas memiliki kesempatan yang sama untuk dijadikan sampel.

Suhu yang paling efektif digunakan untuk proses distilasi bioetanol dari limbah buah nanas berkisar antara 70-90 °C⁸⁾. Titik didih etanol murni adalah 78 °C, sementara, titik didih air adalah 100 °C (kondisi standar). Pada saat dilakukan proses distilasi, kompor listrik yang digunakan menghadapi kendala berupa matinya tombol pengatur suhu, sehingga kadar bioetanol yang dihasilkan pada setiap ulangan dengan berat *Saccharomyces cereviceae* yang berbeda dengan waktu fermentasi yang sama menunjukkan hasil yang berbeda-beda.

Hasil distilasi, belum sepenuhnya bisa dikatakan sebagai etanol murni, karena pada saat dilakukan uji nyala api, masih didapati sisa-sisa cairan pada cawan petri setelah api mati. Hal ini menunjukkan masih adanya kandungan air pada hasil distilasi tersebut⁹⁾.

Pada distilasi pertama, biasanya kadar etanol masih di bawah 95 %, di mana sebenarnya jika hal itu terjadi, proses distilasi tersebut perlu diulangi lagi hingga kadar etanolnya mencapai 95 %.

Selama proses fermentasi, pH idealnya dipertahankan berada antara 4,5-5. Berdasarkan hasil pengukuran pH saat akan dilakukan distilasi, yaitu 6, menunjukkan bahwa pada saat proses fermentasi berlangsung, pertumbuhan kha-

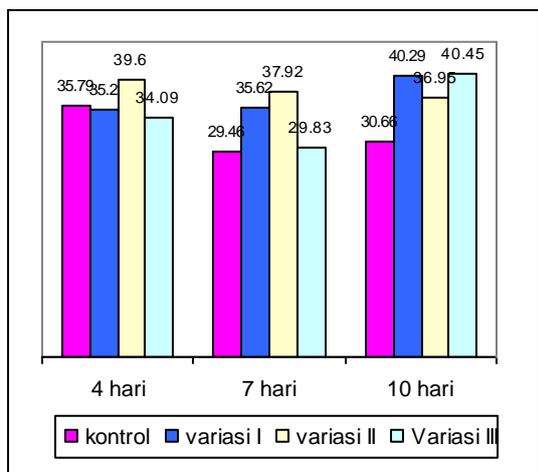
mir *Saccharomyces cereviceae* dapat terganggu¹⁰⁾.

Replikasi atau ulangan penelitian hanya dilakukan sebanyak tiga kali. Tidak ada aturan yang pasti mengenai jumlah replikasi yang ideal, hanya saja sekitar 25-40 merupakan suatu jumlah yang sudah memungkinkan bagi pelaksanaan penelitian dan analisisnya¹¹⁾.

Berdasarkan hasil uji statistik, kadar bioetanol pada setiap variasi berat *Saccharomyces cereviceae* yang digunakan dan waktu fermentasi yang dijalankan meunjukkan ketidak-bermakna. Namun demikian, untuk memperlihatkan secara deskriptif perbandingan kadar bioetanol berdasarkan masing-masing berat *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi, disajikan grafik berikut ini.

Grafik 1.

Perbandingan kadar bioetanol yang dihasilkan (%) berdasarkan variasi *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi yang digunakan



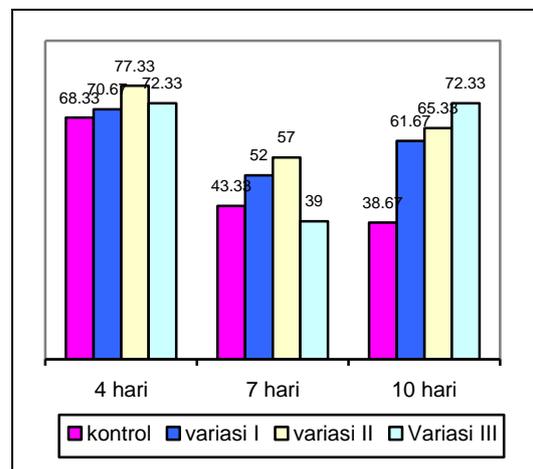
Terlihat bahwa kadar tertinggi bioetanol dihasilkan dari penggunaan *Saccharomyces cereviceae* dengan berat 60 % (Variasi III) dan waktu fermentasi 10 hari, yaitu sebesar 40,45354 %. Sementara itu, kadar bioetanol terendah dihasilkan dari penggunaan *Saccharomyces cereviceae* dengan berat 0 % (kontrol) dengan waktu fermentasi 7 hari, yaitu sebesar 29,45903 %.

Sementara itu, Grafik 2 memperlihatkan secara deskriptif perbandingan hasil pengukuran lama nyala api dari bioetanol yang dibakar, dari penggunaan

empat variasi berat *Saccharomyces cereviceae* dan tiga variasi waktu fermentasi.

Grafik 2.

Perbandingan lama api menyala (detik) berdasarkan variasi *Saccharomyces cereviceae* dan waktu fermentasi yang digunakan



Terlihat bahwa lama api menyala yang paling lama dihasilkan oleh variasi berat *Saccharomyces cereviceae* 40 % dengan waktu fermentasi 4 hari, yaitu menyala selama 77,33 detik. Lama api menyala tersingkat dihasilkan dari penggunaan berat *Saccharomyces cereviceae* 0 % dalam waktu fermentasi 10 hari, dengan lama api menyala selama 38,67 detik.

Kadar bioetanol yang dihasilkan oleh kelompok kontrol berkisar antara 29,45903-35,79217 %; sedangkan pada kelompok perlakuan dihasilkan kadar bioetanol antara 29,83049-40,45354 %. Lama api menyala yang dihasilkan pada kelompok kontrol antara 38,67-68,3 detik sedangkan pada kelompok perlakuan dihasilkan waktu nyala api antara 39-77,33 detik.

Dari hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa semakin tinggi kadar bioetanol, maka lama api menyala akan semakin panjang¹²⁾. Penelitian ini menunjukkan bahwa lama api menyala tidak dipengaruhi oleh besarnya kadar bioetanol. Hal ini dikarenakan pada saat dilakukan uji nyala api, korek kayu sebagai pemantik api dimasukkan ke dalam cawan petri berisi bioetanol yang akan diuji, sehingga lama api menyala

dapat dipengaruhi oleh kayu dari korek api yang terbakar.

Dalam dunia industri, etanol umumnya digunakan sebagai bahan baku turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, serta bahan baku farmasi dan kosmetika. Bioetanol juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bensin, dan bahan bakar di laboratorium sebagai pengganti spiritus.

Etanol merupakan senyawa hidrokarbon dengan gugus *hydroxyl* (-OH) dengan 2 atom karbon (C) dengan rumus kimia C_2H_5OH . Secara umum, etanol lebih dikenal sebagai etil alkohol yang kemudian dipopulerkan dengan nama bioetanol¹³⁾.

Kulit buah nanas mengandung gula sebesar 13,65 % dan kadar karbohidrat sebesar 17,53 %, sehingga dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan bioetanol²⁾.

Khamir yang sering digunakan untuk proses fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cereviceae*, karena jenis ini dapat memproduksi tinggi, toleran terhadap alkohol yang cukup tinggi (12-18 % v/v), tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan fermentasi pada suhu antara 4 - 32°C⁸⁾.

Persamaan reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dimana energi yang dilepaskan adalah sebesar 118 kJ per mol. Persamaan reaksi tersebut dapat pula dijabarkan menjadi:

Gula (glukosa, fruktosa, atau sukrosa) →
Alkohol (etanol) + Karbon dioksida + Energi (ATP)

Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan proses distilasi untuk memisahkan etanol. Distilasi merupakan pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya. Pada kondisi standar, titik didih etanol murni adalah 78 °C dan titik didih air adalah 100 °C. Dengan memanaskan larutan pada suhu berkisar antara 78-100 °C akan mengakibatkan sebagian

besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95 % volume¹⁴⁾. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, suhu distilasi yang digunakan adalah 70-90 °C. Dari proses distilasi yang dilakukan selama 1 jam dapat dihasilkan cairan distilat sebanyak 15 ml dengan mendidihkan larutan sebanyak 300 ml (200 ml sari limbah buah nanas dan 100 ml akuades).

Berdasarkan faktor konversi glukosa menjadi etanol berikut ini:



diketahui bahwa 1 mol glukosa akan menghasilkan 2 mol etanol. Glukosa memiliki BM 180,16 gr/mol dan etanol memiliki BM 46,07 gr/mol. Oleh karena itu, 1 gr glukosa yang difermentasi menjadi etanol mempunyai kadar etanol absolut sebesar 0,511 gr, yaitu berasal dari perhitungan berikut ini:

$$\frac{2 \times 46,07 \text{ gr/mol}}{180,16 \text{ gr/mol}}$$

Berat jenis etanol pada kondisi standar adalah sebesar 0,789 gr/cm³. Sementara itu, kadar gula kulit buah nanas adalah 13,65 % dari berat 100 gram. Karena penelitian ini menggunakan 400 gr limbah buah nanas pada volume 200 ml, maka asumsi bioetanol yang didapat adalah = (13,65% x 400 gr x 0,511) : 200 ml = 27,9 gr, dan volume bioetanol yang dihasilkan adalah 27,9 gr x 0,789 = 22,01 ml, dengan kadar bioetanol = $\frac{22,01 \text{ ml}}{200 \text{ ml}} \times 100\% = 11,005\%$.

Kadar bioetanol maksimal yang diperoleh penelitian ini adalah 40,4535 %, sehingga kadar tersebut sudah mencapai kadar bioetanol yang diharapkan.

Produksi bioetanol limbah buah nanas ini dapat dijadikan sebagai sebuah industri. Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kadar bioetanol terbesar yang dihasilkan adalah 40,4535 % dengan menggunakan berat *Saccharomyces cereviceae* 60 % setelah difermentasi selama 10 hari, maka

dapat diketahui bahwa jika ingin memproduksi 100 liter sari limbah buah nenas, berarti dibutuhkan limbah sebanyak 200 kg dengan kadar ragi = $60\% \times 13,65\% \times 100 \text{ liter} = 81,9 \text{ kg}$. Selanjutnya, NPK dan urea yang dibutuhkan, masing-masing adalah: $(100 \text{ liter} : 200 \text{ ml}) \times 6 \text{ gram} = 3 \text{ kg}$. Asumsi bioetanol yang dihasilkan adalah sebanyak: $(13,65\% \times 200 \text{ kg} \times 0,511) : 100 \text{ liter} = 13,95 \text{ kg}$, dengan volume sebanyak: $13,95 \text{ kg} \times 0,789 = 11 \text{ liter}$.

Karena efisiensi distilasi tidak pernah mencapai 100 %, misalkan saja hanya 95 %¹⁴⁾, maka volume bioetanol absolut yang bisa diperoleh adalah sebanyak: $11 \text{ liter} \times 95\% = 10,45 \text{ liter}$. Kalau kadar bioetanolnya sebesar 40,4535 %, maka volumenya menjadi: $(100/40,4535) \times 10,45 \text{ liter} = 25,83 \text{ liter}$.

Penelitian bioetanol limbah buah nenas sudah banyak dilakukan oleh peneliti lain, antara lain: penelitian dengan variabel yang digunakan adalah perubahan massa *Saccaromyces cereviceae* 20, 30, dan 40 gram, pH fermentasi 4 hingga 5 dengan waktu fermentasi 2, 4, 6, 8, dan 10 hari¹⁵⁾. Analisis yang dilakukan terhadap hasil penelitian tersebut diperoleh data kadar bioetanol tertinggi adalah 3,965 % pada penambahan 30 gram *Saccharomyces cerevisiae* dan waktu fermentasi 10 hari.

Ada pula penelitian lain yang memfermentasi sari limbah buah nenas dengan menggunakan starter *Saccharomyces cereviceae* dengan variasi waktu 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam dan 60 jam, yang menghasilkan kadar alkohol berkisar antara 1,25 hingga 2,25%¹⁶⁾. Juga penelitian lain, dimana dari 400 gram kulit buah nenas, 4 gram urea dan 8 gram yeast dihasilkan bioetanol dengan kadar 15,45 %, *yield* 9,39 %, konversi glukosa sebesar 52,56 % dengan waktu fermentasi selama 3 hari¹⁷⁾.

Penelitian mengenai bioetanol dari limbah buah nenas tersebut menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh waktu fermentasi, berat *Saccharomyces cereviceae* dan berat limbah buah nenas yang digunakan; serta jumlah nutrisi yang ditambahkan dan

metode pembuatan bioetanol yang diterapkan.

Penelitian ini mempunyai hasil samping dari proses *blend* berupa ampas. Volume sampah yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol ini dapat berkurang, sehingga ampas limbah buah nenas tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bahan pembuatan pupuk kompos.

KESIMPULAN

Pemanfaatan *Saccharomyces cereviceae* dengan variasi berat 0 %, 20 %, 40 %, dan 60 % untuk memfermentasi limbah buah nenas dari Pasar Beringharjo Yogyakarta dengan lama waktu 4 hari, 7 hari dan 10 hari tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan ($p > 0,05$).

Kadar bioetanol terendah yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 29,45903 %, yaitu dari penggunaan *Saccharomyces cereviceae* dengan berat 0 % dan dengan waktu fermentasi selama 7 hari. Sementara itu, kadar bioetanol yang tertinggi (40,45354 %) diperoleh dari variasi berat *Saccharomyces cereviceae* 60 % dan dengan waktu fermentasi selama 10 hari.

Waktu api menyala dari pembakaran bioetanol yang terlama yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah 38,67 detik, yaitu dari penggunaan *Saccharomyces cereviceae* dengan berat 0 % dan waktu fermentasi selama 10 hari. Adapun waktu api menyala yang tersingkat adalah 77,33 detik yang diperoleh dari pemanfaatan *Saccharomyces cereviceae* dengan berat 40 % dan waktu fermentasi selama 4 hari.

SARAN

Dengan menggunakan teknologi tepat guna, masyarakat disarankan dapat memanfaatkan limbah organik seperti limbah buah nenas menjadi energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi.

Bagi mereka yang tertarik untuk melanjutkan penelitian ini, disarankan un-

tuk: 1) membuat bioetanol dari bahan limbah organik lain khususnya limbah yang mengandung gula dan karbohidrat, seperti limbah pepaya, melon dan semangka, 2) menerapkan variasi kadar *Saccharomyces cereviceae* yang lebih yaitu 70 % hingga 100 %, serta menggunakan waktu fermentasi yang lebih lama, yaitu 8 hingga 14 hari agar diperoleh kadar bioetanol yang lebih besar, 3) meneliti tidak hanya kadar bioetanol, melainkan juga uji nyala api yang menjadi hasil dari bioetanol dengan jumlah ulangan yang lebih besar, 4) meneliti pemanfaatan limbah nanas untuk dibuat menjadi briket dan kompos.

DAFTAR PUSTAKA

- Muljohardjo, 1984. *Nanas dan Teknologi Pengolahannya*, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Wijana, S., Kumalaningsih, Setyowati, A., Efendi, U, dan Hidayat, N., 1991. *Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi*. ARMP Departemen Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Thay, G., 2010. *Peran Biomassa bagi Energi Terbarukan*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Sebayang, F., 2006. Pembuatan etanol dari molase secara fermentasi menggunakan sel *Saccharomyces cerevisiae* yang terimobilisasi pada kalsium alginat, *Jurnal Teknologi Proses*, 5(2): hal 75-80.
- Notoatmodjo, S., 2010. *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Dwidjoseputro, D., 1990. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Prasetya, Y., 2012. *Pojok Pertanian Budidaya Nanas* (<http://wartabepe.staff.ub.ac.id/2012/09/06/pojok-pertanian-budidaya-nanas/>, diunduh 30 Januari 2015).
- Nugroho, T., 2012. *Peluang Besar Usaha Membuat Bensin dan Solar dari Bahan Nabati*, Pustaka Mahardika, Yogyakarta.
- Wonorahardjo, S., 2013. *Metode-Metode Pemisahan Kimia, Sebuah Pengantar*, Akademia Permata, Jakarta.
- Isroi, 2008. *Membuat Bioetanol dari Tetes* (<http://isroi.com/2008/12/15/membuat-bioetanol-dari-tetes/>, diunduh 3 April 2015).
- Setiawan, N., 2012. *Konsep Validitas dan Reliabilitas* (<http://statistikceria.blogspot.com/2012/01/konsep-validitas-dan-realibilitas.html>, Diunduh 15 Agustus 2015).
- Raysendy, A., Nuhartika, S., Muhibuddin, A., 2015. Efektivitas penggunaan bioethanol sari buah semu jambu mete (*Anacardium occidentale* L.) terhadap lama pembakaran kompor bioetanol, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4 (1).
- Hambali, E., Mujdalifah, S., dkk. 2007. *Teknologi Bioenergi*, Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Isroi, 2010. *Menghitung Produksi Bioetanol*, (<http://isroi.com/2010/06/14/menghitung-produksi-bioetanol/>, diunduh 3 April 2015).
- Setyawati, H., dan Rahman, N., 2012. *Bioetanol dari Kulit Nanas dengan Variasi Massa Saccharomyces cereviceae dan Waktu Fermentasi*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Azizah, N., Al Baarri, A. N., dan Mulyani, S., 2012. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dengan substitusi kulit nanas, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 1 (2).
- Tabah, A., dan Antonius., 2010. *Pembuatan Bioetanol dari Sari Limbah Nanas*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta .