

PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH BUAH STROBERI (BUAH AFKIR)

Alvika Meta Sari¹, Hartini Hadi Santosa¹
phika1980@gmail.com

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

ABSTRAK. Bioetanol sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang dapat dibuat dari bahan baku yang mengandung glukosa, pati maupun selulosa. Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol adalah buah stroberi yang mudah dan cepat rusak. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari massa ragi optimum terhadap hasil perolehan rendemen dan kualitas bioetanol, dan mencari waktu fermentasi optimum terhadap hasil perolehan rendemen dan kualitas bioetanol. Metode dalam penelitian ini yaitu dengan proses fermentasi. Buah stroberi afkir difermentasi dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan ditambah urea dan NPK dengan variabel massa ragi *Saccharomyces cerevisiae* (0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25 gr) dan waktu fermentasi 3, 5, 7, 9, 11 dan 13 hari. Setelah terjadi fermentasi maka etanol akan terbentuk. Campuran yang terbentuk diperas untuk diambil cairannya lalu didestilasi untuk mendapatkan etanol. Dari hasil penelitian ini diperoleh bioetanol dengan kemurnian 3,04 dengan rendemen sebesar 2,8 % pada massa ragi optimum sebanyak 0,75 gr dan rendemen sebesar 3 % pada waktu fermentasi optimum 11 hari. Dari hasil penelitian didapat persamaan sebagai berikut : $y = -4,142x^2 + 7,181x - 0,79$ dan $R^2 = 0,816$.

Kata kunci: bioetanol, strawberi, buah afkir, Saccharomyces cereviceae

ABSTRACT. Bioethanol can be used as an alternative fuel, which can be made from glucose, starch or cellulose. Strawberry can be used to make bioethanol, using fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. The purposes of this research are to obtain optimum *Saccharomyces cerevisiae* weight and fermentation time to achieve maximum yield and quality of bioethanol. In this research, foul strawberry was used to make bioethanol using *Saccharomyces cerevisiae*, urea and NPK. The mass of *Saccharomyces cerevisiae* was varied (0.25; 0.50; 0.75; 1.00; 1.25 gr) and fermentation times were 3, 5, 7, 9, 11 and 13 days. After fermentation, fluid mixture containing bioethanol was filtered and the filtrate obtained was distilled to purify the bioethanol. The maximum concentration of bioethanol was 3.04, with a maximum yield of 2.8 % when produced from 0.75 gr *Saccharomyces cerevisiae*, and a maximum yield of 3 % when produced within 11 days of fermentation time. The regression equatin obtained was $y = -4,142x^2 + 7,181x - 0,79$ dan $R^2 = 0,816$.

Keywords: bioethanol, strawberry, foul fruit, Saccharomyces cereviceae

PENDAHULUAN

Pemerintah sedang menggalakkan energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak yang semakin lama semakin menipis, padahal kebutuhannya meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk Indonesia. Salah satu bahan alternative yang banyak potensinya di Indonesia adalah bioenergi karena Indonesia memiliki lahan pertanian dengan bermacam-macam jenis produk. Pemerintah Indonesia juga telah mengeluarkan dua kebijakan penting tentang energi alternatif ini. Kebijakan itu adalah Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi

Nasional dan Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati atau biofuel. Kebijakan tersebut adalah instruksi untuk mengambil langkah-langkah untuk melaksanakan percepatan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (biofuels) sebagai bahan bakar lain (Sunardi, 2006).

Menurut Meirina (2011) salah satu biofuel yang sering digunakan adalah bioetanol. Di Indonesia, pemerintah mempromosikan penggunaan bioetanol sebagai bahan pencampur pada bensin 15% berat pada tahun 2007. Penggunaan bioetanol sebagai bahan campuran bahan bakar minyak memberikan keuntungan dari sisi ekonomi, lingkungan dan pertanian (Sondari dkk, 2006). Bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan baku. Bahan baku yang sering digunakan untuk memproduksi etanol adalah jagung dan ketela, dimana ubi, jagung, sagu dan singkong ini merupakan bahan pangan produk di berbagai wilayah di Indonesia. Akan tetapi, apabila jagung atau singkong dijadikan bahan utama untuk ekstraksi etanol, dikhawatirkan akan mengakibatkan berkurangnya penyediaan bahan pangan. Karena jagung, singkong, ubi dan sagu yang merupakan makanan pokok. Sehingga perlu dicari bahan baku bioetanol lain yang bukan merupakan makanan pokok, ketersediaannya melimpah dan kurang dimanfaatkan oleh masyarakat.

Di sisi lain, penanganan sampah organik yang berasal dari buah-buahan yang sudah tidak layak jual atau hampir busuk (buah afkir) masih belum maksimal. Sampah organik diperkirakan dapat mencapai 58 % dari total sampah di Indonesia. Sampah organik ini biasanya ditangani hanya dengan ditimbun di landfill yang menyebabkan kebutuhan akan landfill semakin meningkat. Sampah organik ini bisa juga dimanfaatkan sebagai kompos.

Stroberi termasuk buah yang mudah busuk. Dalam setiap panen buah stroberi, tentunya ada buah yang sudah kurang layak untuk dijual atau hampir busuk dan perlakuannya hanya dibuang. Oleh sebab itu dalam penelitian ini digunakan limbah buah stroberi yang sudah hampir busuk yang tidak layak dimakan sebagai bahan baku pembuatan etanol.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh massa ragi dan waktu fermentasi terhadap hasil perolehan *yield* dan kualitas bioetanol dan memperoleh kondisi operasi optimum (waktu fermentasi dan massa ragi) pembuatan bioetanol dari limbah buah stroberi yang tidak laku atau hampir busuk (buah afkir).

Stroberi merupakan buah kecil yang berwarna merah dengan rasa yang manis asam, yang mengandung banyak air dan tumbuh di daerah dingin. Stroberi merupakan produk hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Buah stroberi banyak dikonsumsi dalam bentuk segar maupun dalam bentuk olahan. Selain itu buah stroberi mempunyai kandungan gizi yang tinggi dan komposisi gizi yang cukup lengkap. Kalori sebanyak 37,00 kal, protein 0,80 g, lemak 0,50 g, karbohidrat 8,30 g, kalsium 28,00 mg, fosfor 27,00 g, zat besi 0,80 mg, vitamin A 60,00 SI, vitamin B1 0,03 mg, vitamin C 60,00 mg, air 89,90 g, bagian yang dapat dimakan 96,00% (Direktorat Gizi Depkes 1981 cit. Rukmana, 1998).

Bioetanol (C₂H₅OH) adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Produk bioetanol yang memenuhi standar, hampir bisa dikatakan tidak mempunyai efek samping yang merugikan selama di pakai memenuhi kriteria.

Bahan bakar etanol adalah etanol (etil alkohol) dengan jenis yang sama dengan yang ditemukan pada minuman beralkohol dengan penggunaan sebagai bahan bakar. Etanol seringkali dijadikan bahan tambahan bensin sehingga menjadi *biofuel* (Wikipedia). Bioetanol ini dapat diproduksi dari proses fermentasi bahan yang mengandung glukosa misalnya molasses yang sudah diproduksi di Yogyakarta, nira, buah salak (Thamrin), buah nyamplung (Kusdianto, 2001), buah papaya (Fauzi, 2011), buah mahkota dewa (Susanti), maupun sampah buah pisang dan nanas (Aulia dan Moesriati). Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol adalah tanaman yang memiliki kadar gula dan karbohidrat tinggi, seperti: tebu, nira, sorgum, ubi kayu, garut, ubi jalar, sagu, jagung, pisang, jerami, bonggol jagung, dan kayu (Wijayanti, 2011).

Biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar substitusi BBM pada motor berbahan bakar bensin; digunakan dalam bentuk neat 100% (B100) atau dicampur dengan premium (EXX).

Pembuatan bioetanol bergantung dari bahan baku yang digunakan. Secara umum, produksi bioethanol ini mencakup 3 (tiga) rangkaian proses, yaitu: persiapan bahan baku, proses fermentasi yaitu mengubah glukosa dari bahan baku menjadi bioetanol dan pemurnian.

Proses fermentasi yang dilakukan adalah proses fermentasi yang tidak menggunakan oksigen atau proses *anaerob*. Cara pengaturan produksi etanol dari gula cukup kompleks, konsentrasi substrat, oksigen dan produk etanol, semua mempengaruhi metabolisme khamir, daya hidup sel, pertumbuhan sel, pembelahan sel dan produksi etanol. Seleksi galur khamir yang cocok dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap baik konsentrasi, substrat ataupun alkohol merupakan hal yang penting untuk peningkatan hasil (Dwijoseputro, 1982). Bibit fermentor yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan fermentasi alkohol adalah:

1. Sumber karbon
Untuk pertumbuhannya, *yeast* memerlukan energi dari karbon. Gula adalah substrat yang lebih disukai, oleh karenanya konsentrasi gula sangat mempengaruhi kuantitas alkohol yang dihasilkan (Waluyo, 1984).
2. Derajat Keasaman
Pada umumnya pH untuk fermentasi buah-buahan atau pembentukan sel khamir dibutuhkan keasaman optimum antara 3,0-5,0. Diluar itu maka pertumbuhan mikroba akan terganggu. Untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH untuk menaikkan dan asam nitrat untuk menurunkan pH.. Sebelum difermentasi, sari buah dipasteurisasi ditambahkan dengan SO₂. Hal ini untuk mencegah timbulnya bakteri dan khamir yang tidak diinginkan. Sumber SO₂ adalah NaHSO₃, kalium atau natrium bisulfit.
3. Nutrisi
Pada proses fermentasi, mikroorganisme sangat memerlukan nutrisi yang baik agar dapat diperoleh hasil fermentasi yang baik. Nutrisi yang tepat untuk menyuplai mikroorganisme adalah nitrogen (N) yang mana dapat diperoleh dari penambahan NH₃, garam amonium, pepton, asam amino, urea. Nitrogen yang dibutuhkan sebesar 400-1000 gr/1000 L cairan. Dan fosfat yang dibutuhkan sebesar 400 gr/1000 L cairan (Soebijanto, 1986). Nutrisi yang lain adalah amonium sulfat dengan kadar 70-400 gr/1000 L cairan (Judoamidjojo, 1992).

4. Suhu
Suhu yang baik untuk pertumbuhan bakteri adalah antara 20° s/d 30°C. Makin rendah suhu fermentasi, maka akan semakin tinggi etanol yang akan dihasilkan, karena pada suhu rendah fermentasi akan lebih komplit dan kehilangan etanol karena terbawa oleh gas CO₂ akan lebih sedikit.
5. Waktu fermentasi
Waktu fermentasi yang biasa dilakukan 3-14 hari. Menurut Judoamidjojo (1992), waktu yang dibutuhkan untuk fermentasi adalah 7 hari. Jika waktunya terlalu cepat *Saccharomyces cereviseae* masih dalam masa pertumbuhan sehingga alkohol yang dihasilkan dalam jumlah sedikit dan jika terlalu lama *Saccharomyces cereviseae* akan mati maka alkohol yang dihasilkan tidak maksimal (Prescott and Dunn, 1959).
6. Kandungan gula
Kandungan gula akan sangat mempengaruhi proses fermentasi, kandungan gula optimum yang diberikan untuk fermentasi adalah 25 % untuk permulaan, kadar gula yang digunakan adalah 16 % (Sardjoko, 1991).
7. Volume starter
Volume starter yang baik untuk melakukan fermentasi adalah 1/10 bagian dari volume substrat. Dalam proses fermentasi ini, glukosa dari hasil fermentasi diubah menjadi etanol dengan reaksi sebagai berikut :

$$\begin{array}{l} \text{Saccharomyces C} \\ \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2 \\ \text{Glukosa} \quad \quad \text{Etanol} \end{array}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan :

1. Limbah buah stroberi (buah afkir) sebagai bahan baku utama.
2. Ragi roti.
3. Urea dan NPK, untuk nutrisi tambahan ragi.

Alat-alat :

1. drum plastik untuk menampung bahan baku dan tempat
2. drum plastik untuk proses fermentasi
3. distilator
4. timbangan kue
5. blender
6. piknometer
7. peralatan pendukung : ember, pengaduk kayu, gayung plastik, pisau dan lain-lain.

Metode Penelitian

Sebelum difermentasi stroberi perlu dites terlebih dahulu kandungan gulanya menggunakan HPLC.

Cara pembuatan Bioetanol

1. Buah stroberi dihancurkan dengan blender sebagai larutan sari buah, kemudian masukkan dalam drum plastik sebanyak 10 liter.
2. Masukkan urea & NPK ke dalam drum diatas dan dicampur sampai homogen.
Perbandingan ragi roti : urea : NPK = 5 : 5 : 2. Sebagai contoh : misal kadar gula

- stroberi adalah 10%, maka untuk setiap volume 10 liter larutan, penambahan bahan-bahannya adalah: 5 gr ragi, 5 gr urea dan 2 gr NPK
3. Larutkan ragi dengan air hangat-hangat kuku, diaduk sampai timbul buih
 4. Masukkan larutan ragi dengan variable 2,5 gr, 5 gr, 7,5 gr, 10 gr dan 12,5 gr kedalam larutan sari buah lalu diaduk sampai benar-benar homogen.
 5. Campuran difermentasi minimal dengan variable selama 3, 5, 7, 9, 11 hari.
 6. Campuran sari buah kemudian diperas dan diambil airnya.
 7. Air perasan ini kemudian didistilasi untuk mendapatkan etanol.

Metode Analisis

Analisa hasil bioetanol

- Piknometer 50 ml yang sudah dikalibrasi dan diketahui beratnya diisi dengan sampel etanol yang sudah didinginkan sampai suhunya 15°C lalu ditutup
- Tunggu 30 menit kemudian dibuka lalu volume ditepatkan sampai tanda batas.
- Bersihkan dan keringkan dengan tissue dan ditutup kembali
- Biarkan piknometer pada suhu ruang selama 15 menit, lalu ditimbang
- Berat etanol = (berat piknometer + etanol)-berat piknometer kosong.
- Kadar etanol dicari dengan menggunakan tabel konversi BJ etanol

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Rendemen Etanol dari Proses Fermentasi Buah Stroberi 1000 ml, Waktu 11 hari, dan Temperatur 80°C

No.	Massa Ragi (gr)	Rendemen etanol (%)
1.	0,25	0,7
2.	0,50	1,6
3.	0,75	2,8
4.	1,0	2,1
5.	1,25	1,3
6.	1,50	0,9

Tabel 2. Hasil Kadar Etanol dari Proses Fermentasi Buah Stroberi 1000 ml, Waktu 11 hari, dan Temperatur 80°C.

No.	Massa Ragi (gr)	Kadar etanol (%)
1.	0,25	1,81
2.	0,50	2,42
3.	0,75	3,04
4.	1,0	2,56
5.	1,25	2,28
6.	1,50	1,94

Tabel 3. Pengaruh Waktu Fermentasi Stroberi Terhadap Rendemen Etanol dengan Banyaknya Stroberi 1000 mL dengan Massa Ragi 0.75 gr dan Suhu Destilasi 80 °C

No.	Waktu (hari)	Rendemen etanol (%)
1.	3	1.0
2.	5	1.3
3.	7	1.7
4.	9	2.5
5.	11	3.0
6.	13	2.2

Tabel 4. Pengaruh Waktu Fermentasi Stroberi terhadap Kadar Ethanol dengan Banyaknya Stroberi 1000 mL dengan Massa Ragi 0.75 gr dan Suhu Destilasi 80 °C

No.	Waktu (hari)	Kadar etanol (%)
1.	3	1.74
2.	5	2.08
3.	7	2.42
4.	9	2.70
5.	11	3.25
6.	13	2.63

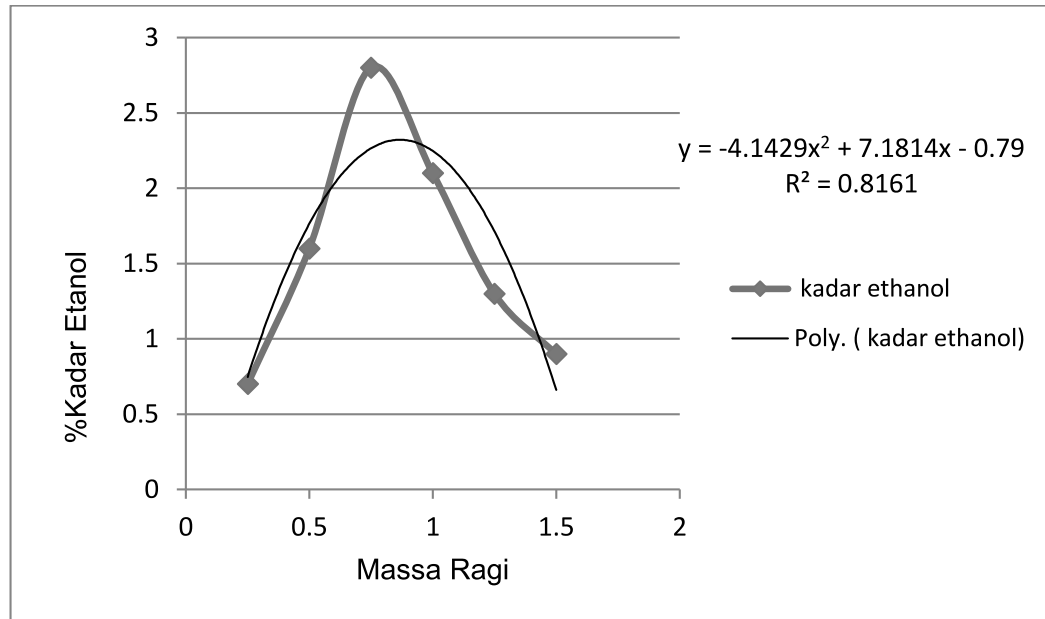
Pembahasan

a. Pengaruh massa ragi terhadap rendemen dan kadar bioetanol

Dari data Tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa etanol dapat dihasilkan dengan cara fermentasi stroberi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan ditambah urea dan NPK. Hasil rendemen etanol yang didapat pada penelitian ini berkisar antara 0,7 % sampai 3,0 % dari stroberi sebanyak 1000 ml. Rendemen etanol yang didapat menunjukkan kenaikan pada penambahan massa ragi 0,50 gr yaitu sebesar 0,90 %, peningkatan hasil rendemen tertinggi terjadi pada penambahan massa ragi sebesar 0,75 % yaitu sebesar 1,20 %, lalu mengalami penurunan pada penambahan massa ragi sebesar 1,0 gr yaitu sebesar 0,70 %, penurunan terus berlanjut pada penambahan massa ragi berturut - turut 1,25 gr dan 1,50 gr yaitu sebesar 0,7 % dan 0,4 % dengan suhu operasi 25°C. Dari penelitian tersebut didapat massa ragi yang optimum 0,75 gr.

Etanol yang didapatkan jumlahnya terus meningkat hingga mencapai massa ragi optimum karena ketersediaan nutrisi masih cukup banyak dan bakteri yang mengubah glukosa menjadi etanol juga banyak sehingga hasil fermentasi yang didapat juga banyak. Namun setelah melewati massa optimum, etanol yang didapatkan jumlahnya terus menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya ketersediaan nutrisi yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup bakteri.

Dari Tabel 1 maka dapat diplot hubungan antara massa ragi dengan % etanol yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Grafik Hubungan antara Massa Ragi dengan % Rendemen Bioetanol

Dari grafik di atas diketahui bahwa massa ragi dapat berpengaruh terhadap hasil rendemen yang didapat. Rendemen terbesar yang didapat pada saat waktu fermentasi 11 hari adalah sebesar 2,8 % pada massa ragi 0,75 gr.

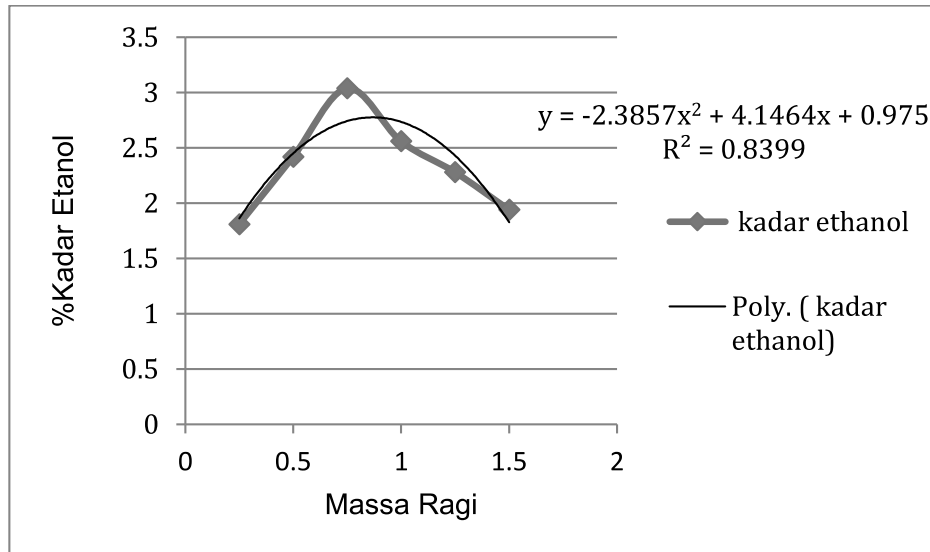
Selain dari penambahan massa ragi, ketersediaan nutrisi dan waktu fermentasi juga sangat mempengaruhi unjuk kerja dari fermentasi. Massa ragi optimum terjadi pada 0,75 gr yang menghasilkan rendemen bioetanol sebesar 2,8 % sedangkan pada massa 1,0 gr rendemen bioetanol mengalami penurunan menjadi 2,1 %. Pada massa 1,0 gr bioetanol yang dihasilkan mengalami penurunan karena ketersediaan nutrisi yang tidak seimbang dengan jumlah ragi. Sehingga kinerja bakteri yang melakukan fermentasi kurang maksimal.

Dengan demikian, semakin banyak massa ragi maka semakin banyak hasil fermentasi yang didapat tetapi jika melewati batas massa optimum pada proses fermentasi maka hasil yang didapatkan akan semakin berkurang.

Dari Tabel 2 maka dapat diplot hubungan antara waktu fermentasi dengan % kadar etanol yang terlihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 diketahui bahwa massa ragi dapat berpengaruh terhadap kemurnian etanol yang didapat. Semakin banyak ragi, maka kemurnian etanol yang didapat juga akan semakin tinggi hingga massa optimum. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak bakteri yang mengubah glukosa menjadi etanol, sehingga kinerja bakteri dapat lebih baik. Namun kemurnian yang dihasilkan tidak terlalu tinggi, hal ini disebabkan karena kandungan glukosa dalam buah stroberi yang rendah.

Dengan hasil yang seperti ini potensi pembuatan bioetanol dari buah stroberi dengan menggunakan metode fermentasi tidak dapat dikembangkan dalam skala besar. Hal ini disebabkan karena proses ini tidak dapat menghasilkan etanol dalam jumlah besar dan kemurnian yang tinggi.



Gambar 2. Plot Grafik Hubungan antara Waktu Fermentasi dengan % Kadar Etanol.

b. Pengaruh waktu fermentasi terhadap rendemen dan kadar bioetanol

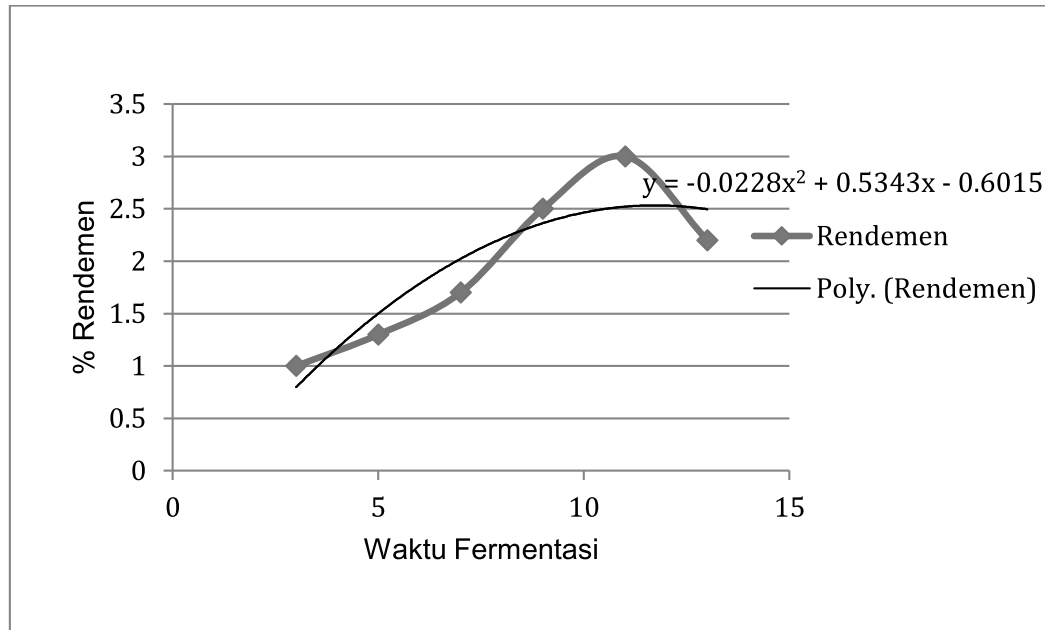
Dari data Tabel 3 di atas dapat diketahui bahwa ethanol dapat dihasilkan dengan cara fermentasi stroberi dengan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan ditambah urea dan NPK. Hasil rendemen ethanol yang didapat pada penelitian ini berkisar antara 1.0% sampai 3.0 % dari stroberi sebanyak 1000 mL. Rendemen ethanol yang didapat menunjukkan kenaikan sebesar 0.3% pada waktu fermentasi 5 hari dan terus meningkat berturut-turut pada waktu 7, 9 dan 11 hari sebesar 0.4%, 0.8% dan 0.5%, lalu mengalami penurunan sebesar 0.80% pada waktu 13 hari dengan suhu operasi 25 °C. Dari penelitian didapat waktu fermentasi yang optimum adalah 11 hari.

Ethanol yang didapatkan jumlahnya terus meningkat hingga mencapai waktu optimum karena ketersediaan nutrisi masih cukup banyak dan bakteri yang mengubah glukosa menjadi ethanol masih terus berkembang biak. Namun setelah melewati waktu optimum, ethanol yang didapatkan jumlahnya terus menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin berkurangnya ketersediaan nutrisi dan masa hidup bakteri yang sudah melewati masa optimum.

Dari Tabel 4 maka dapat diplot hubungan antara waktu fermentasi dengan % rendemen ethanol yang terlihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 diketahui bahwa waktu fermentasi dapat berpengaruh terhadap hasil rendemen yang didapat. Rendemen yang didapat pada massa ragi 0.75 gr dengan waktu fermentasi 3, 5, 7 dan 9 hari yaitu sebesar 1.0%, 1.3%, 1.7% dan 2.5%, hasil rendemen terbesar yang dihasilkan sebesar 3.0% pada waktu fermentasi 11 hari.

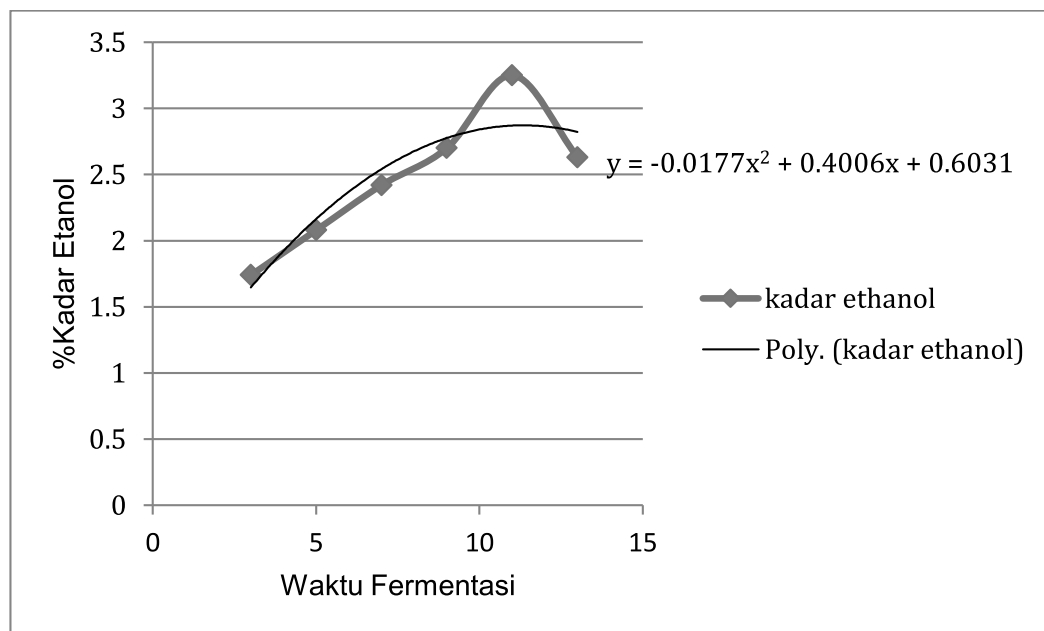
Selain dari waktu fermentasi, ketersediaan nutrisi dan penambahan massa ragi juga sangat mempengaruhi unjuk kerja dari fermentasi. Waktu fermentasi optimum terjadi pada 11 hari yang menghasilkan rendemen bioethanol sebesar 3.0% sedangkan pada waktu 13 hari rendemen bioethanol mengalami penurunan menjadi 2.2%. Pada waktu 13 hari bioethanol yang dihasilkan mengalami penurunan karena ketersediaan nutrisi yang semakin berkurang dan masa hidup optimum bakteri sudah lewat, sehingga kinerja bakteri yang melakukan fermentasi kurang maksimal.



Gambar 3. Plot Grafik Hubungan antara Waktu Fermentasi dengan % Rendemen Etanol

Dengan demikian, semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak hasil fermentasi yang didapat tetapi jika melewati batas waktu optimum pada proses fermentasi maka hasil yang didapatkan akan semakin berkurang.

Dari Tabel 4 maka dapat diplot hubungan antara waktu fermentasi dengan % kadar etanol yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Plot Grafik Hubungan antara Waktu Fermentasi dengan % Kadar Etanol

Dari Gambar 4 diketahui bahwa waktu fermentasi dapat berpengaruh terhadap kemurnian ethanol yang didapat. Semakin lama proses fermentasi berlangsung, maka kemurnian ethanol yang didapat juga akan semakin tinggi hingga waktu optimum. Hal ini disebabkan oleh kemampuan bakteri mengubah glukosa menjadi ethanol yang baik hingga batas optimum masa hidupnya. Namun kemurnian yang dihasilkan tidak terlalu tinggi, hal ini disebabkan karena kandungan glukosa dalam buah stroberi yang rendah.

Dengan hasil yang seperti ini potensi pembuatan bioethanol dari buah stroberi dengan menggunakan metode fermentasi tidak dapat dikembangkan dalam skala besar. Hal ini disebabkan karena proses ini tidak dapat menghasilkan ethanol dalam jumlah besar dan kemurnian yang tinggi.

KESIMPULAN

1. Massa ragi optimum terjadi pada 0,75 gr yang menghasilkan rendemen bioethanol sebesar 2,8 %.
2. Selain dari penambahan massa ragi, ketersediaan nutrien dan waktu fermentasi juga sangat mempengaruhi unjuk kerja dari fermentasi.
3. Bioethanol yang didapat berupa cairan yang sedikit keruh.
4. Waktu optimum fermentasi terjadi pada hari ke 11 yang menghasilkan rendemen bioethanol sebesar 3.0 %
5. Selain dari penambahan massa ragi, ketersediaan nutrien dan waktu fermentasi juga sangat mempengaruhi unjuk kerja dari fermentasi.
6. Bioethanol yang didapat berupa cairan yang sedikit keruh.
7. Pembuatan bioethanol dari stroberi tidak dapat dikembangkan untuk skala besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, <http://forum.kompas.com/kesehatan/68654-8-manfaat-buah.html>, diunduh tanggal 5 Februari 2013.
- Anonimus, www.wikipedia.com, diunduh tanggal 5 Februari 2013.
- Aulia, T., Moesriati, A., *Fermentasi Sampah Buah menjadi Etanol menggunakan Bakteri Zymomonas mobilis*, ITS.
- Dwijoseputro, 1982, *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Djambatan, Malang.
- Fauzi, 2011, *Pemanfaatan Buah Pepaya (Carica Papaya L) sebagai bahan baku bioethanol dengan proses fermentasi dan distilasi*, Laporan Penelitian. UNDIP, Semarang.
- Gray, W.D., 1941, *Studies on the alcohol tolerance of yeast*, Departement of Botany, Miami University, Oxford, Ohio.
- Judoamidjojo, M., 1992, *Teknologi Fermentasi*, Rajawali Press, Jakarta.
- Maemunah, S., Ali, A.S., 2006, "Produksi Kultur Rendam Jamur *Aspergillus Niger* dan *Aspergillus oryzae* ITBCCL sebagai sumber enzim untuk produksi bioethanol dari singkong", *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* Volume 5 No.1, Bandung.
- Narita. 2005. American Society of Microbiology Press: *Ethanol Production from Biomass*, Washington, DC.
- Pelcsar, M. Z., Rein and Chan. 1983. *Microbiology* 4th Edition. Tata Mc. Graw Hill Book Company, Inc. New York.
- Rukmana, Rahmat. 1998. *Stroberi, Budi Daya dan Pasca Panen*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

- Sardjoko, 1991, *Bioteknologi*, Gramedia, Jakarta
- Sondari, W.D., Syamsuriputra, A.A., Setiadi, T., 2006, "Screening of Alcohol-Tolerant Yeast of *Saccharomyces Cerevisiae*", *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* Volume 5 No.2, Bandung 2006.
- Sudarmadji, S. 1981. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta.
- Sunardi, 2006, "Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol pada pembuatan bioetanol dari ampas tahu", *Jurnal Kimia dan Teknologi*. Volume 5 No. 2, Jakarta.
- Thamrin, R., Runtuwene, M.J.R, Sangi, M.S., 2011, Produksi Bio-etanol dari Daging Buah Salak (*Salacca zalacca*), *Jurnal Ilmiah Sains* Vol. 11 No. 2, Oktober 2011
- Wijayanti, T.Y., 2011, *Pembuatan Bioetanol dari Buah Salak dengan Proses Fermentasi dan Distilasi*, Laporan Penelitian. UNDIP, Semarang.