

PEMBUATAN BIOETANOL DARI AIR LIMBAH CUCIAN BERAS MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS ENZIMATIK DAN FERMENTASI

Eni R., W. Sari, Rosdiana Moeksin*

*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan
Email : Rosmoeksin@yahoo.co.id

Abstrak

Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk Indonesia, maka kebutuhan pokok berupa beras, yang merupakan makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Beras menjadi nasi, sebelum dimasak dilakukan proses pencucian terlebih dahulu. menghasilkan limbah berupa cucian air beras. Limbah cucian beras ini yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol, masih mengandung karbohidrat yang dapat dihidrolisa untuk menghasilkan glukosa. Pada penelitian ini, proses hidrolisis dilakukan penambahakan enzim glukoamilase dengan variabel bebas yaitu 1, 2, dan 3% (v/v) dengan sampel cucian air beras 1500 ml. Proses fermentasi, dengan variasi waktu fermentasi 2, 4, dan 6 hari, dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 1,5% (v/v), pH fermentasi 4,5; Hasil penelitian kadar penambahakan enzim glukoamilase sebesar 3% (v/v) dan waktu optimum hidrolisis 6 jam menghasilkan kadar glukosa sebesar 93,02 mg/L. Waktu optimum fermentasi 4 hari yang menghasilkan kadar etanol sebesar 11,177%

Kata Kunci :beras, bioetanol, enzim glukoamilase, fermentasi, hidrolisis.

Abstract

*The increasing growth of Indonesia's population, it will also increase the basic necessities such as rice. In the processing of rice into the rice, resulting in waste of water washing rice which still contain carbohydrates that can be hydrolyzed to produce glucose. In this study, the hydrolysis process is carried out with the addition of glucoamylase independent variables are 1, 2, and 3% (v/v) and the fixed variables such as washing rice water 1500 ml. In the fermentation process, the independent variable is the fermentation time is 2, 4, and 6 day. The dependent variable is the addition of *Saccharomyces cerevisiae* as much as 1,5% (v/v), fermentation pH of 4.5; and fermentation temperature is room temperature. The results showed that the optimum levels of glucoamylase is the addition of 3% (v/v) and the optimum time is 6 hours hydrolysis produces glucose level of 93,02 mg/L. While the optimum fermentation time is 4 days that produce ethanol content of 11,177%.*

Keywords : rice, bioethanol, glucoamylase, fermentation, hydrolysis.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar merupakan salah satu jalan pemecahan masalah energi pada saat ini. Penggunaan bioetanol, selain dapat mengurangi tingkat polusi, juga dapat menghemat bahan bakar fosil yang

jumlahnya terbatas, tidak dapat diperbaharui, dan tidak ramah lingkungan.

Bioetanol yang digunakan selama ini umumnya diperoleh dari tanaman yang mengandung karbohidrat seperti tebu, kentang, singkong, dan jagung. Tetapi sekarang telah

Beras merupakan makanan pokok yang dikonsumsi hampir oleh seluruh masyarakat Indonesia (>90%), selain itu beras juga berkaitan erat dengan segala aspek budaya (Anonim, 2004). Bagian terbesar beras didominasi oleh karbohidrat amilosa dan amilopektin. Beras juga mengandung protein, vitamin, mineral, dan air.

Pada proses pengolahan beras menjadi nasi beras biasanya dicuci berulang kali hingga dianggap bersih. Air cucian tersebut biasanya akan langsung dibuang karena dianggap tidak memiliki nilai apapun, namun sebenarnya air cucian tersebut masih mengandung karbohidrat, protein, dan vitamin B (Moehyi, 1992)

Dari kandungan karbohidrat dalam air cucian beras, maka dapat dihidrolisa untuk menghasilkan glukosa. Glukosa kemudian difermentasi secara anaerob menjadi bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Bioetanol dapat dibuat dari biomassa yang mengandung gula, pati, atau selulosa yang telah diproses menjadi glukosa. Etanol atau etil alkohol (lebih dikenal dengan alkohol) adalah cairan tak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, larut dalam air, tidak karsinogenik. Secara umum, etanol memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Nama : Etanol
- Rumus molekul : C₂H₅OH
- Berat molekul : 46,07 gr/grmol
- Densitas : 0,789 gr/cm³
- Titik didih : 78,4 OC
- Titik nyala : 21 OC
- Titik kritis : 234,4 OC
- Titik leleh : 112 OC
- Titik lebur : -114,3 OC
- Tekanan kritis : 63 atm
- Wujud (25 OC) : cair tidak berwarna
- Cp (25 OC) : 0,69 kkal/mol
- Volatilitas : Mudah menguap/volatil

(Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Etanol>)

Fermentasi sendiri adalah peruraian senyawa organik menjadi senyawa sederhana dengan bantuan mikroorganisme sehingga menghasilkan energi (Fardiaz, 1987).

Sebagai salah satu negara agraris, Indonesia memiliki bahan baku melimpah berupa tanaman yang berpotensi untuk menghasilkan etanol.

- Bahan bergula atau yang mengandung glukosa (sugary materials) seperti tebu dan sisa produknya (molase, bagase), gula bit, tapioka, kentang manis, sorgum manis.
- Bahan-bahan berpati (starchy materials) juga dapat dimanfaatkan, diantaranya ubi kayu, jagung, sorgum biji, sagu, tapioka, maizena, barley, gandum, padi, dan kentang (Yudiarto 2008).
- Bahan-bahan lignoselulosa (lignosellulosic material). Sumber selulosa dan lignoselulosa berasal dari limbah hasil industri kehutanan (contohnya serat kayu), limbah hasil industri pertanian (contohnya sekam padi, jerami, tongkol jagung, dsb) serta limbah domestik berupa sampah organik. Menurut Hidayat dalam Kusnadi (2009), lignoselulosa mengandung tiga komponen penyusun utama, yaitu selulosa (30-50%-berat), hemiselulosa (15-35%-berat), dan lignin (13-30%-berat). Pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa memerlukan empat unit proses utama yaitu :
 - a. Pretreatment, untuk memecah ikatan lignoselulosa dan memisahkan lignin dari rantai polimer selulosa dan hemiselulosa.
 - b. Hidrolisis, untuk menghidrolisa polimer menjadi monomer.
 - c. Fermentasi, memfermentasi monomer menjadi etanol dengan menggunakan mikroorganisme.
 - d. Purifikasi, pemurnian etanol dengan melalui proses distilasi dan dehidrasi. (Anuj Kumar Chandel et al dalam Rahman, 2011)

Sifat Fisik dan Kimia Air Cucian Beras

Beras merupakan hasil pengolahan padi, bagian terbesar beras didominasi oleh pati (sekitar 80-85%). Beras juga mengandung protein, vitamin (terutama pada bagian aleuron), mineral, dan air.

Pati beras tersusun dari dua polimer karbohidrat :

- amilosa, pati dengan struktur tidak bercabang
- amilopektin, pati dengan struktur bercabang dan cenderung bersifat lengket

Hidrolisis basa ini berlangsung menggunakan soda kaustik secukupnya, dengan tekanan dan konsentrasi tinggi.

d). Hidrolisis dengan enzim

Enzim adalah protein yang diproduksi dari sel hidup dan digunakan oleh sel-sel untuk mengkatalisis reaksi kimia yang spesifik. Hidrolisis enzimatis adalah proses pemecahan polimer menjadi monomer - monomer penyusunnya dengan bantuan enzim. Enzim amilase adalah enzim yang mampu menurunkan energi aktivasi sehingga dapat mempercepat pemecahan rantai polimer polisakarida menjadi monomer gula penyusunnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hidrolisis

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan reaksi pada proses hidrolisis:

1. Katalisator

Hampir semua reaksi hidrolisis memerlukan katalisator untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalisator yang dipakai dapat berupa enzim atau asam sebagai katalisator, karena kerjanya lebih cepat, pada proses hidrolisis pati biasanya digunakan asam klorida (Agra dkk,1973; Stout & Rydberg Jr.,1939).

2. Waktu reaksi

Untuk hidrolisis pada temperatur yang rendah biasanya dibutuhkan waktu yang lama. Dengan waktu yang lama maka hidrolisis akan semakin rata dan luas kontak permukaan antara partikel dengan cairan semakin tinggi, tetapi apabila waktu terlalu lama maka dapat mengakibatkan sebagian glukosa yang terbentuk mengalami pengurangan, waktu optimum untuk menghidrolisis pati menjadi gula berkisar 2 jam (Groggins,1958).

3. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius. Makin tinggi suhu, makin cepat jalannya reaksi. Untuk mencapai konversi tertentu diperlukan waktu sekitar 3 jam untuk menghidrolisis pati ketela rambat pada suhu 100°C. Tetapi kalau suhunya dinaikkan sampai suhu 135°C, konversi yang sebesar itu dapat dicapai dalam 40 menit (Agra dkk,1973).

4. Pengadukan

Supaya zat pereaksi dapat saling bertumbukan dengan sebaik-baiknya, maka perlu adanya pencampuran. Untuk proses batch, hal ini dapat dicapai dengan bantuan pengaduk atau alat

pengocok. Apabila prosesnya berupa proses alir (kontinyu), maka pencampuran dilakukan dengan cara mengatur aliran di dalam reaktor supaya berbentuk olakan. (Agra dkk,1973).

5. pH (derajat keasaman)

pH merupakan faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrolisis yang sesuai dengan yang diinginkan. pH yang baik untuk proses hidrolisis dengan asam adalah 2,3 (Tjokroadikoesoemo,1986).

Proses Fermentasi

Fermentasi adalah proses perombakan senyawa organik dalam kondisi anaerob atau aerob yang menghasilkan produk berupa asam organik, alkohol dan gas.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi yaitu:

1. Jenis mikroba yang digunakan

Ada tiga karakteristik penting yang harus dimiliki oleh mikroba bila akan digunakan dalam fermentasi:

a) Mikroba harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok dan mudah untuk dibudidayakan dalam jumlah besar.

b) Organisme harus memiliki kemampuan untuk mengatur atau memecah komponen yang kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna, dan menghasilkan enzim-enzim esensial dengan mudah dan dalam jumlah besar agar perubahan-perubahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi.

c) Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan dan produksi maksimum secara komparatif harus sederhana (Desrosier, 1988).

2. pH (Derajat Keasaman)

Menurut Prescott dan Dunn (1959), untuk mendapatkan pH yang optimum (4,0-4,5) dapat dilakukan dengan menambahkan asam, misalnya asam sitrat, tartarat, atau malat dan bisa juga dengan menambah basa, misalnya KOH. Selama fermentasi, pH akan menurun dari pH semula. Penurunan pH disebabkan sebagian alkohol diubah menjadi asam-asam organik.

3. Suhu

Mikroorganisme mempunyai temperatur maksimal, optimal, dan minimal untuk pertumbuhannya. Temperatur optimal untuk *Saccharomyces cerevisiae* berkisar antara 25-30 °C dan temperatur maksimal antara 35-47 °C. Beberapa jenis *Saccharomyces cerevisiae* dapat hidup pada suhu 0 °C. Temperatur selama

fermentasi perlu mendapatkan perhatian, karena di samping temperatur mempunyai efek yang langsung terhadap pertumbuhan khamir juga mempengaruhi komposisi produk akhir (Fardiaz, 1988)

4. Oksigen

Tersedianya oksigen pada fermentasi dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganismenya. Jamur mempunyai sifat aerobik (memerlukan oksigen), sedangkan khamir bersifat aerobik atau anaerobik tergantung pada kondisinya. Adanya oksigen juga dapat memperkecil kadar etanol yang didapat. Bakteri diklasifikasikan menjadi empat kelompok yaitu aerob obligat (tumbuh jika persediaan oksigen banyak), aerob fakultatif (tumbuh jika oksigen cukup juga dapat tumbuh secara anaerob), anaerob obligat (tumbuh jika tidak ada oksigen), dan anaerob fakultatif (tumbuh jika tidak ada oksigen juga dapat tumbuh secara aerob) (Gaman and Sherrington, 1992).

5. Makanan (Nutrisi)

Semua mikroorganismenya memerlukan nutrisi yang menyediakan energi biasanya diperoleh dari substansi yang mengandung karbon. Dalam banyak keadaan bila konsentrasi nutrisi semakin meningkat, maka suatu daerah penghambatan substrat akan terjadi. Dalam industri fermentasi dibutuhkan substrat yang murah, mudah tersedia dan efisien penggunaannya (Thontowi, 2007). Selulosa mulai banyak digunakan sebagai substrat fermentasi karena mudah didapat dan harganya murah. Sumber selulosa pada umumnya dalam bentuk limbah, misalnya jerami, bonggol jagung, limbah kayu dan sampah organik. Biasanya penggunaan selulosa sebagai sumber karbon tidak dapat langsung, tetapi harus mengalami hidrolisis terlebih dahulu secara kimia ataupun enzimatis. Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa dapat digunakan untuk memproduksi etanol (Fardiaz, 1988).

Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan larutan berdasarkan perbedaan titik didih. Titik didih etanol murni adalah 78°C. Proses distilasi akan meningkatkan kandungan etanol hingga 95%. Sisa air yang masih ada dihilangkan dengan proses dehidrasi hingga kandungan etanol mencapai 99,5% (Yogamina, 2011).

2. METODOLOGI PENELITIAN

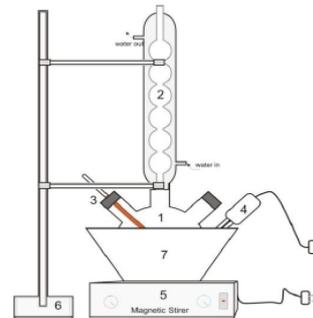
Dalam penelitian ini, pembuatan bioetanol dilakukan melalui proses fermentasi secara anaerob, hidrolisis enzimatis dan fermentasi menggunakan ragi.

1. volume enzim glukamilase (1% (v/v), 2% (v/v), dan 3% (v/v)).
2. waktu fermentasi (2 hari, 4 hari, dan 6 hari).
3. Penambahan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 1,5% (v/v) pH fermentasi sebesar 4,5

Pengujian Kadar Glukosa

Pengukuran Volume dan Kadar Bioetanol Setelah Fermentasi

Alat dan Bahan



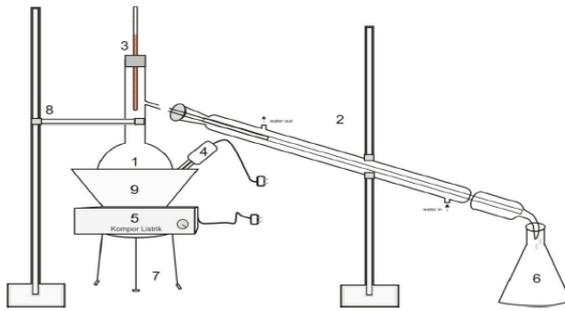
Gambar 1. Rangkaian Alat Hidrolisis

Keterangan gambar 1:

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| 1. Labu leher tiga | 5. <i>Magnetic stirrer</i> |
| 2. Pendingin balik | 6. Statif dan klem |
| 3. Termometer | 7. <i>Waterbath</i> |
| 4. <i>Heater</i> | |



Gambar 2. Fermentor (Erlenmeyer)



Gambar 3. Rangkaian Alat Distilasi

Keterangan gambar 3 :

1. Labu distilasi
2. Pendingin
3. Termometer
4. Heater
5. Kompor listrik
6. Erlenmeyer
7. Kaki tiga
8. Statif dan klem
9. Waterbath

Bahan yang Digunakan untuk Percobaan

- Air cucian beras dengan cucian air yang pertama sebanyak 1500 ml
- Aquadest
- Larutan HCl 1 N
- Larutan Iodium 1 N
- NaOH 1 N
- Ragi tape

Bahan yang Digunakan untuk Analisa

- Sampel yang mengandung etanol: secukupnya
- Air suling : secukupnya
 - Indikator amilum 1% : 100 ml
 - Kertas Lakmus : secukupnya
 - HCl 36% : 400 ml
 - KMnO_4 : 10 gr
 - $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 50 gr
 - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: 25 gr
 - CH_3COOH : 5 ml
 - NaOH : 60 gr
 - Na_2CO_3 : 145 gr
 - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$: 350 gr
 - KI : 47 gr
 - H_2SO_4 96% : 250 ml

Prosedur Penelitian

a. Penyiapan bahan baku

Beras seberat 3000 gram ditambahkan dengan air sebanyak 3500 ml kemudian diaduk merata untuk diambil air cucian berasnya, air cucian beras yang diambil yaitu pada cucian yang pertama sebanyak 3000 ml.

b. Hidrolisis Air Cucian beras

Air cucian beras sebanyak 3000 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 1 liter yang kemudian ditambahkan dengan HCl 1 N hingga mencapai kondisi pH 4.5 dan diaduk agar larutan menjadi homogen lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga, menggunakan alat hidrolisis seperti pada gambar 2. Larutan dipanaskan hingga suhu 60°C . Setelah kondisi operasi terjaga pada pH dan suhu tersebut, dilakukan penambahan enzim glukoamilase dengan variasi 1% (v/v), 2% (v/v), dan 3% (v/v) pada masing-masing sampel. Setiap 2 jam dilakukan pengukuran kadar glukosa dengan cara mengambil 50 ml dan dianalisa dengan metode loof school. Kemudian larutan didinginkan hingga suhu ruangan.

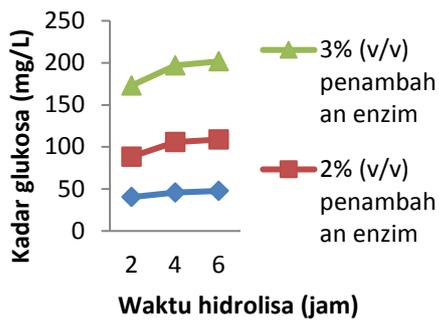
c. Proses Fermentasi

- Menambahkan 1,5% (v/v) *Saccharomyces cerevisiae* ke dalam 250 ml masing-masing sampel hasil hidrolisis disertai nutrisi masing-masing 1 gram urea, KNO_3 , Na_3PO_4 .
- Melakukan proses fermentasi dengan variasi waktu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam.
- Mendistilasi bioetanol yang diperoleh.
- Menganalisa kadar bioetanol menggunakan *Gas Chromatography*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh konsentrasi enzim terhadap kadar glukosa hasil hidrolisa air cucian beras

Proses hidrolisis air cucian beras ini dilakukan dengan metode enzimatik yaitu dengan menggunakan enzim glukoamilase dimana dilakukan variasi penambahan volume enzim yaitu 1% (v/v), 2% (v/v) dan 3% (v/v). Pada proses ini, suhu hidrolisis dijaga pada suhu 55°C , kemudian pada setiap 2 jam, 4 jam, dan 6 jam waktu hidrolisa dilakukan penentuan kadar gula reduksi dengan menggunakan metode luff schorl.



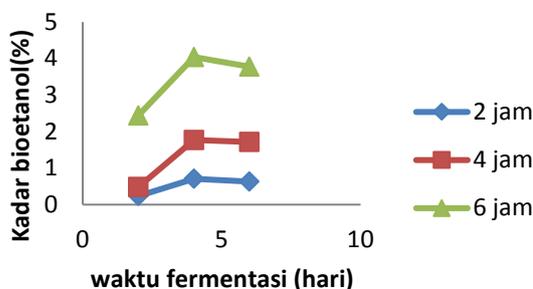
Gambar 4. Grafik hubungan waktu hidrolisa terhadap kadar glukosa

Dari gambar 4, diketahui pada konsentrasi penambahan enzim 1%(v/v) untuk masing-masing waktu hidrolisa, kadar glukosa meningkat per dua jamnya. Hal tersebut juga terjadi pada tiap-tiap penambahan enzim 2%(v/v) dan 3%(v/v) yaitu kadar glukosa mengalami kenaikan untuk per dua jamnya. Sedangkan hasil kadar glukosa tertinggi yaitu pada penambahan enzim glukoamilase 3%(v/v) dan waktu hidrolisa 6 jam yaitu 93,02 mg/L. Semakin tinggi suhu, maka semakin naik laju reaksi kimia, baik yang tidak dikatalis maupun yang dikatalis oleh enzim. Hal ini disebabkan proses hidrolisa yang terjadi pada hidrolisis enzim cenderung memerlukan waktu yang lama karena suhu hidrolisis hanya berkisar antara 50-60°C sehingga kerja enzim cukup lambat dalam perannya sebagai katalisator dalam proses pemecahan gula. merupakan suhu yang rendah dalam proses hidrolisis yang menyebabkan hidrolisa enzim memerlukan waktu yang cukup lama dalam proses pemecahan pati menjadi glukosa. Adapun reaksinya adalah :

glukoamilase



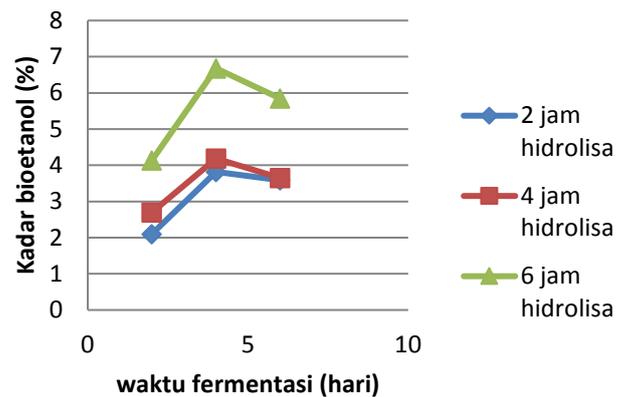
Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol



Gambar 5. grafik hubungan waktu fermentasi terhadap persen kadar bioetanol pada penambahan 1%(v/v) enzim glukoamilase

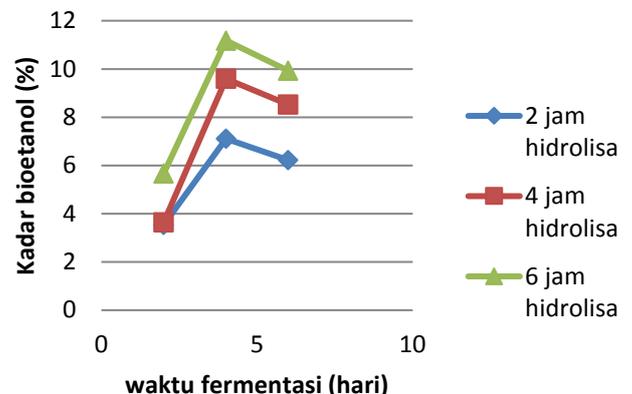
Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu hidrolisa maka akan dihasilkan persentase kadar bioetanol yang semakin tinggi pada masing-masing waktu hidrolisa. a suhu sekitar 37°C. Di dalam proses fermentasi terjadi proses perubahan glukosa menjadi etanol dan CO₂.

Dari grafik, menunjukkan 6 jam waktu hidrolisa dan 4 hari waktu fermentasi menghasilkan persen kadar bioetanol tertinggi yaitu 4,038% sedangkan pada 2 jam waktu hidrolisa dan 2 hari fermentasi menghasilkan persen kadar bioetanol terendah yaitu 0,234%.



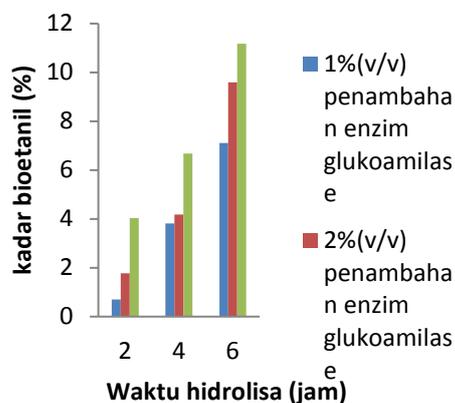
Gambar 6. Grafik hubungan waktu fermentasi terhadap persen kadar bioetanol pada penambahan 2% enzim glukoamilase

Dari gambar 6 tampak bahwa pada 6 jam waktu hidrolisa dan 4 hari fermentasi menghasilkan persen kadar bioetanol tertinggi yaitu 6,678% sedangkan pada 2 jam waktu hidrolisa dan 2 jam waktu fermentasi menghasilkan persen kadar bioetanol terendah yaitu 2,099%.



Gambar 7. Grafik hubungan waktu fermentasi terhadap persen kadar bioetanol pada penambahan 3% enzim glukoamilase

Dari gambar 7 tampak bahwa pada 6 jam waktu hidrolisa dan 4 hari fermentasi menghasilkan persen kadar bioetanol tertinggi yaitu 11,179% sedangkan pada 2 jam waktu hidrolisa dan 2 jam waktu fermentasi menghasilkan persen kadar bioetanol terendah yaitu 3,535%.



Gambar 8.. Histogram rata-rata konsentrasi etanol pada 4 hari fermentasi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu hidrolisa yang lama dan penambahan enzim glukamilase sebagai katalis dalam proses hidrolisa air cucian beras dapat meningkatkan kadar glukosa yaitu pada 3%(v/v) penambahan enzim glukamilase dan 6 jam hidrolisa menghasilkan kadar glukosa 93,02 mg/L
2. Waktu optimum fermentasi cucian air beras adalah 4 hari yang menghasilkan kadar etanol 11,177%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes, K.,N, Lazuardy R.,Z. Hargono.,2013. "Pembuatan Bioetanol Grade Bahan Bakar dari Bahan Baku Umbi Gadung Melalui Proses Fermentasi dan Distilasi-Dehidras".i. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 2, No.3, Hal. 163-169.
- Agra,I.B.,Wamijati,S.,Rijadi,R.S.,1969."Hydrolysis of Sweet Potato Starch at Atmospheric Pressure",Research Journal,2,B-series,35-44.
- Agra, I.B.,Wamijati,3.,dan Pujianto, B.,1973."Hidrolisa Pati Ketela Rambat

pada Suhu Lebih dari 1000C", Forum Teknik,3,115-129.

- Aurand, L.W and A.E. Woods,1973. "Food Chemistry". The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Cheetam, D., A., 1992, Solid State Compound, Oxford university press, 234-237
- Desrosier, N. W., 1988. "Teknologi Pengawetan Pangan". Jakarta. UI-Press.
- Dewi, Retno G. Pengolahan Pati Menjadi Sirup Glukosa Melalui Hidrolisis Enzim-Enzim. Diambil 17 Maret 2014 dari <http://akademik.che.itb.ac.id>
- Fardiaz, S. 1987. "Fisiologi Fermentasi" Bogor. Pusat Antar Universitas IPB.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1986. "Organic Chemistry". Third Edition, California.Wadsworth, Inc.
- Fogler, Scott H, 1992, "Elements of Chemical Reaction Engineering", University of Michigan, USA.
- Gaman, P. M, Dan K. B. Sherrington. ,1992. "Ilmu Pangan". Yogyakarta.Gadjah Mada University Press.
- Hervina T., O., Sri Sumiyati, ST, M.Si., Ir., Endro S., MS., 2013. "Pemanfaatan Limbah Air Cucian Beras sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Padat Secara Fermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae*".Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hidayatullah, Rahmat. 2012. Pemanfaatan Limbah Air Cucian Beras sebagai Substrat Pembuatan Nata De Leri dengan Penambahan Kadar Gula Pasir dan Starter Berbeda. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga : Yogyakarta
- Moehyi, Sjahmien. 1992. Makanan Institusi dan Jasa Boga. Bhratara : Jakarta
- Kaswinarni, Fibria.,2007."Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu". Tesis. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Groggins, P H.,1958."Unit Processes in Organic Synthesis".Fifth edition.Kogakusha;Mc.Graw Hill Book Co,Inc.
- Narita, V. 2005. "Saccharomyces cerevisiae Superjamur yang Memiliki Sejarah Luar Biasa", Harian Kompas KCM, Ilmu Pengetahuan, Rabu 21 September 2005.
- Rachman., F. Didik H., Slamet P., 2012, "Pengaruh Waktu Fermentasi Adsorben dalam Pembuatan Bioetanol Fuel Grade dari Limbah Pod Kakao", Jurnal

- Teknologi Kimia dan Industri, Vol 1,
No. 1.
- Rahman, Ansori, 1992. "Teknologi Fermentasi
Industrial: Produksi Metabolit
Primer". Bandung; Penerbit Arcan.
- Sitorus, Marham. 2008. "Kimia Organik Fisik".
Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tjokroadikoesoemo, P. Soebijanto, 1986. "HFS
dan Industri Ubi Kayu Lainnya". PT
Gramedia : Jakarta