

DETOKSIFIKASI HIDROLISAT ASAM DARI UBI KAYU UNTUK PRODUKSI BIOETANOL

Yuana Susmiati

Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember

Jl. Mastrip Kotak Pos 164 Jember Email : yu_ana_poltekjem@yahoo.com

ABSTRACT

The production of bioetanol by using acid hydrolysis method resulted the formation of compounds which can destructed the fermentation process, such as HMF or furfural, thus it needs detoxification process to erase or decrease it. Detoxification process is done by adding alkali in to hidrolisat before it is used as fermentation substrat. Alkali compound which is usually used are $\text{Ca}(\text{OH})_2$ or NH_4OH . This research is conducted to compare ethanol rendement resulted from the detoxification process, and also to decide the most optimal detoxification that can be done to produce the best etanol rendement. The study is done by using distinct treatment of catalist, that are $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan NH_4OH as well as the stirring/mixing time, which are control, 15, 30 and 45 minutes during detoxification process. Based on the result of the study, it can be concluded that etanol rendement resulted from hidrolisat which is detoxificated by using catalyst NH_4OH is higher than the one which use catalyst $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Acid hidrolisat detoxification method from cassava in order to produce an optimal bioetanol is by using catalist NH_4OH with free stirring time (less than 15 minutes)

Kata kunci : acid hydrolysis, etanol, detoxification

PENDAHULUAN

Sumber energi alternatif diperlukan untuk mengatasi kelangkaan energi yang sudah mulai terjadi saat ini. Untuk itu produksi bioetanol skala rumah tangga maupun industri sudah banyak dikembangkan dari berbagai macam bahan baku. Salah satu alternatif proses pembuatan bioetanol adalah melalui hidrolisis secara asam. Cara hidrolisis tersebut memberikan keuntungan dapat menghasilkan bioetanol yang lebih banyak dengan waktu yang relatif lebih pendek dan diperlukan katalis yang mudah serta murah harganya. Kekurangan penyediaan substrat dengan hidrolisis asam adalah terbentuknya senyawa-senyawa inhibitor yang mengganggu proses fermentasi, sehingga berpengaruh terhadap tingkat produksi bioetanol.

Usaha yang dilakukan untuk menekan dan mengurangi terbentuknya senyawa inhibitor tersebut adalah dengan proses detoksifikasi, yaitu penambahan katalis atau senyawa lain dengan perlakuan tertentu pada hidrolisat asam sebelum digunakan sebagai substrat fermentasi. Seperti diungkapkan oleh Purwadi (2006) bahwa

proses detoksifikasi dilakukan untuk meningkatkan kemampuan fermentasi dengan mengkonversi derivatif furan menjadi senyawa lain, dan mengurangi senyawa-senyawa yang bersifat toksik. Metode detoksifikasi hidrolisat dapat dilakukan secara biologis, fisik, dan kimiawi.

Detoksifikasi secara kimiawi dengan menambahkan senyawa alkali merupakan perlakuan yang umum dikerjakan untuk menangani masalah hidrolisat asam. Senyawa alkali yang ditambahkan (misalnya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ /pengapuran, NaOH , dan KOH) dengan meningkatkan pH hidrolisat menjadi 10. Seperti pada proses secara fisik, penambahan alkali ini dapat mengurangi furan dan HMF yang terdapat pada hidrolisat, sehingga terjadi peningkatan produktivitas etanol dari proses fermentasi (Palmqvist dan Hahn-Hagerdal 2000). Cara lain proses detoksifikasi adalah dengan menambahkan ammonium ke dalam hidrolisat yaitu NH_4OH . Penggunaan ammonium merupakan detoksifikasi simultan dengan penambahan nutrient yang diperlukan pada waktu fermentasi (Alriksson *et al.*, 2005).

Detoksifikasi meningkatkan biaya proses, oleh karena itu pemilihan metode detoksifikasi yang murah dan efisien perlu dilakukan. Detoksifikasi kimia yang umum dilakukan adalah metode overliming (penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan dengan penambahan NH_4OH . Kedua metode detoksifikasi tersebut perlu dibandingkan dan dipilih mana yang lebih efisien diaplikasikan sehingga diperoleh rendemen bioetanol yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian yang diusulkan adalah ubi kayu segar. Katalis yang digunakan untuk hidrolisis adalah H_2SO_4 . Bahan kimia yang digunakan untuk detoksifikasi hidrolisat yaitu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan NH_4OH . Mikroorganisme yang dipakai dalam proses fermentasi adalah *Saccharomyces cerevisiae* komersial (fermipan). Nutrien yang ditambahkan pada proses fermentasi berupa urea dan NPK.

Alat yang digunakan pada penelitian adalah otoklaf, timbangan analitis, handrefractometer, pH meter/kertas lakmus dan alat-alat gelas.

Prosedur Penelitian

Penelitian didahului dengan karakterisasi bahan baku meliputi bentuk dan ukuran bahan, kadar air dan kadar pati. Bahan baku berupa ubi kayu segar disortasi, kemudian dikupas kulit arinya dan digiling untuk mendapatkan bubur ubi kayu. Bubur tersebut kemudian dicampur dengan katalis H_2SO_4 encer berkonsentrasi 0,4 M untuk dihidrolisis. Proses hidrolisis dilakukan pada suhu 121 °C menggunakan otoklaf selama 10 menit.

Hidrolisat asam yang dihasilkan kemudian didetoksifikasi menggunakan NH_4OH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Detoksifikasi dilakukan dengan menambahkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 20% (overliming) hingga pH mencapai 10 dengan suhu 22 °C dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 15, 30 dan 45 menit. Setelah didiamkan beberapa saat hidrolisat disaring dan ditambahkan H_2SO_4 untuk menurunkan pH menjadi 4,8-5,5 sehingga hidrolisat siap difermentasi. Detoksifikasi menggunakan NH_4OH dilakukan dengan cara

yang sama dengan metode overliming, akan tetapi konsentrasi NH_4OH cukup pekat (96-98%) sesuai dengan yang ada di pasaran (teknis) dan proses penyaringan tidak dilakukan. Sebagai pembandingan dilakukan detoksifikasi menggunakan kedua bahan dengan suhu ruang, pH rendah (4,8-5,5), pengadukan manual dan waktu tidak dibatasi.

Substrat yang sudah siap difermentasi kemudian dipasteurisasi pada suhu 105°C selama 15 menit. Tujuan pasteurisasi tersebut adalah untuk membunuh mikroba-mikroba selain *yeast* yang mengganggu proses fermentasi. Penurunan suhu sampai dengan 30°C dilakukan sebelum proses fermentasi. Mikroorganisme fermentasi dalam hal ini *Saccharomyces cerevisiae* dalam bentuk ragi roti ditambahkan ke dalam hidrolisat yang sudah siap menjadi substrat fermentasi, dilanjutkan dengan penambahan nutrisi lainnya seperti urea dan NPK. Proses fermentasi dilakukan pada suhu ruang selama 72 jam. Supernatan hasil fermentasi kemudian didistilasi dan diamati kadar etanolnya. Rendemen etanol dihitung berdasarkan kadar etanol dan berat bahan baku yang diproses. Data yang diperoleh dianalisis dengan Statistika RAL faktorial dengan faktor jenis katalis dan waktu pengadukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah ubi kayu kuning yang dibeli dari pasar Patrang Kabupaten Jember. Ubi kayu kuning dikenal masyarakat dengan ubi kayu mentega dan mempunyai daya simpan lebih baik dibandingkan dengan ubi kayu putih. Ubi kayu kuning digunakan dalam bentuk segar, dengan kadar air 61, 55% dan kadar pati 25-30%. Ciri-ciri fisik ubi kayu tersebut sama dengan ubi kayu lainnya, berbentuk selinder memanjang dengan bagian ujung semakin meruncing, kulit berwarna kehitaman dan daging buah berwarna kuning seperti mentega. Ubi kayu yang digunakan dalam penelitian berukuran panjang rata-rata $23,75 \pm 4,52$ cm, diameter rata-rata $5,16 \pm 0,48$ cm dan berat rata-rata $578,86 \pm 148,61$ gr.

Kelebihan ubi kayu sebagai bahan baku bioetanol adalah mempunyai kandungan

karbohidrat yang tinggi (lebih dari 60% dari berat kering bahan) sehingga akan menghasilkan gula sederhana lebih banyak jika diproses. Selain itu ubi kayu mudah didapat di masyarakat karena mudah dikembangbiakkan, bahkan mampu tumbuh di lahan-lahan marginal.

Proses Hidrolisis Asam

Hidrolisis merupakan proses pemecahan senyawa karbohidrat (ubi kayu) menjadi gula-gula sederhana dengan bantuan katalis dan panas. Katalis proses hidrolisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah katalis asam yaitu H_2SO_4 (asam sulfat). Untuk hidrolisis bahan yang banyak mengandung pati diperlukan asam sulfat dengan konsentrasi rendah yang diperoleh melalui proses pengenceran, karena ikatan-ikatan molekul dalam pati lebih mudah terurai jika terkena asam dan suhu tinggi. Larutan asam sulfat berkonsentrasi 0,4 M ditambahkan pada ubi kayu parut (ubi kayu dengan kulit dalam) sebanyak 30%. Suspensi pati dengan asam sulfat 0,4 M tersebut kemudian dipanaskan menggunakan otoklaf dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 10 menit (Susmiati, 2010).

Pada waktu hidrolisis pati dan serat ubi kayu dipecah menjadi polimer-polimer dan kemudian monomer-monomer gula sederhana. Pati yang terdiri dari polimer amilosa dan amilopektin dihidrolisis menjadi glukosa, sedangkan serat karbohidrat yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa dihidrolisis menjadi glukosa, xilosa dan gula sederhana lainnya.

Hidrolisis asam dilakukan untuk menggantikan proses hidrolisis enzimatis menggunakan enzim α -amilase dan amiloglukosidase hanya memutuskan ikatan α -1,4 glikosida pada pati. Hal tersebut dilakukan agar selain pati, karbohidrat lain terutama hemiselulosa dan selulosa akan ikut terhidrolisis sehingga gula-gula sederhana yang diperoleh akan meningkat dibandingkan menggunakan enzim. Hidrolisis asam yang dilakukan pada penelitian menghasilkan total gula hidrolisat 13%. Rendahnya total gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis tersebut sangat dipengaruhi oleh konsentrasi suspensi antara ubi kayu dan larutan asam. Kadar air yang tinggi pada ubi kayu (61,55%)

menyebabkan konsentrasi suspensi menjadi rendah ketika penambahan bahan baku (ubi kayu parut) 30%. Selain kadar air, nilai total gula hasil hidrolisis juga dipengaruhi oleh jenis atau varietas ubi kayu. Ubi kayu kuning mempunyai kadar serat yang lebih tinggi dibandingkan dengan ubi kayu putih. Semakin tinggi kadar serat dalam bahan baku berarti semakin tinggi kadar selulosa dan hemiselulosanya yang menghasilkan glukosa lebih sedikit dibandingkan dengan pati.

Penelitian sejenis lainnya dilakukan oleh Kongkiattikajorn dan Yoonan (2006) pada sakarifikasi kulit ubi kayu menggunakan H_2SO_4 0,025 M pada tekanan 15 *lb/inch*² selama 90 menit menghasilkan gula pereduksi 59,99%, sedangkan menggunakan kombinasi enzim (amilase, amiloglukosidase, selulase, xilanase, dan pektinase) pada pH 5, suhu 50 °C selama 24 jam menghasilkan gula pereduksi 54,14%.

Srinorakutara *et al.* (2005) melakukan hal yang serupa yaitu hidrolisis ongkok ubi kayu dengan H_2SO_4 0,6 M pada suhu 120 °C mendapatkan gula pereduksi 6,1%, tidak jauh berbeda dengan hasil yang dicapai dengan hidrolisis enzimatis (campuran enzim selulase, pektinase, amilase dan amiloglukosidase) pada pH dan suhu yang sesuai dengan masing-masing enzim yaitu 6,2%. Menurut Adrados *et al.* (2005) didapatkan total gula 50,4% dari hidrolisis kulit ari biji gandum menggunakan H_2SO_4 1% pada suhu 130 °C selama 40 menit, dan total gula 22% dari hidrolisis enzimatis.

Proses Detoksifikasi

Hidrolisat asam yang dihasilkan pada proses hidrolisis mempunyai pH yang sangat rendah yaitu 1,9-2,0 pH. Kondisi pH yang terlalu rendah tersebut menyebabkan hidrolisat asam tidak dapat digunakan sebagai substrat fermentasi tanpa adanya proses peningkatan pH atau netralisasi terlebih dahulu. Selain itu hidrolisat asam juga mengandung inhibitor, yaitu HMF, furfural dan senyawa-senyawa fenol, oleh karena itu perlu adanya proses detoksifikasi sebelum digunakan sebagai substrat fermentasi. Perlakuan netralisasi dan detoksifikasi larutan hasil hidrolisis dilakukan untuk menaikkan pH dan menghilangkan senyawa-senyawa toksik dalam fermentasi.

Efektifitas metode- metode detoksifikasi tergantung pada jenis hidrolisat dan mikroorganisme yang digunakan, karena masing-masing jenis hidrolisat berbeda tingkat toksifitasnya dan masing-masing jenis mikroorganisme mempunyai daya toleransi terhadap inhibitor yang berbeda-beda (Larsson et al. 1999). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ merupakan alkali yang murah dan mudah digunakan untuk detoksifikasi hidrolisat asam. Detoksifikasi hidrolisat asam secara kimia menggunakan alkali berupa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ telah banyak dilakukan supaya hidrolisat dapat difermentasi dengan baik (Larson et al. 1999 dan Purwadi 2006).

Detoksifikasi yang dilakukan pada penelitian ada dua faktor perlakuan yaitu faktor katalis yang digunakan ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau NH_4OH) dan faktor waktu proses (15 menit, 30 menit, 45 menit dan bebas). Jenis katalis dan waktu yang diberikan pada proses detoksifikasi memberikan hasil berbeda-beda terhadap hidrolisat asam, terkait dengan total gula, dan kadar serta rendemen etanol yang dihasilkan.

Pada proses detoksifikasi dilakukan pada suhu 22 °C dan diaduk dengan magnetic stirrer, yang bertujuan untuk mengendalikan reaksi yang terjadi. Suhu yang relatif lebih rendah dari suhu lingkungan tidak akan berakibat merusak hidrolisat selama proses. Apabila proses terjadi pada suhu tinggi, akibatnya reaksi konversi gula dalam hidrolisat akan semakin besar, sehingga kadar gula menurun. Pengadukan dengan magnetic stirrer bertujuan untuk meratakan reaksi yang terjadi, yaitu pengikatan HMF atau furfural oleh senyawa alkali ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau NH_4OH). Selama proses detoksifikasi terjadi perubahan kadar gula hidrolisat seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Sesuai dengan Tabel 1, penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai katalis detoksifikasi mengakibatkan kadar gula hidrolisat asam menurun dari 13% menjadi 10%, sedangkan penggunaan NH_4OH tidak menurunkan kadar gula hidrolisat, bahkan dapat menaikkan kadar gula seperti yang terlihat pada pengadukan selama 15 dan 45 menit. Penurunan kadar gula disebabkan oleh terjadinya konversi total gula menjadi gula pereduksi oleh senyawa

alkali (Ca) dan terbentuknya gypsum diakhir proses. Gypsum yang terbentuk tersebut mengikat sebagian gula yang ada dalam hidrolisat.

Tabel 1. Perubahan kadar gula hidrolisat selama proses detoksifikasi

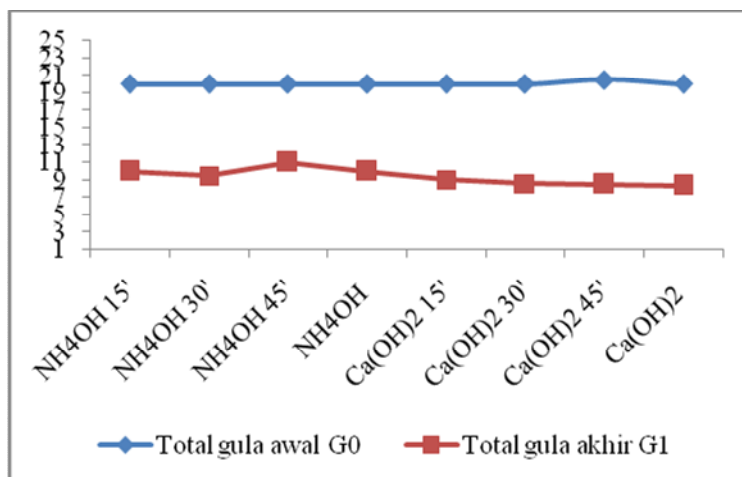
Katalis	Waktu detoksifikasi	Kadar gula awal sebelum detoksifikasi (%)	Kadar gula akhir setelah detoksifikasi (%)
NH_4OH	15 menit	13	15
	30 menit	13,2	13
	45 menit	13,2	15
	bebas	13	13
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	15 menit	13	10
	30 menit	13	10
	45 menit	13	10
	bebas	13	10

Fermentasi Hidrolisat

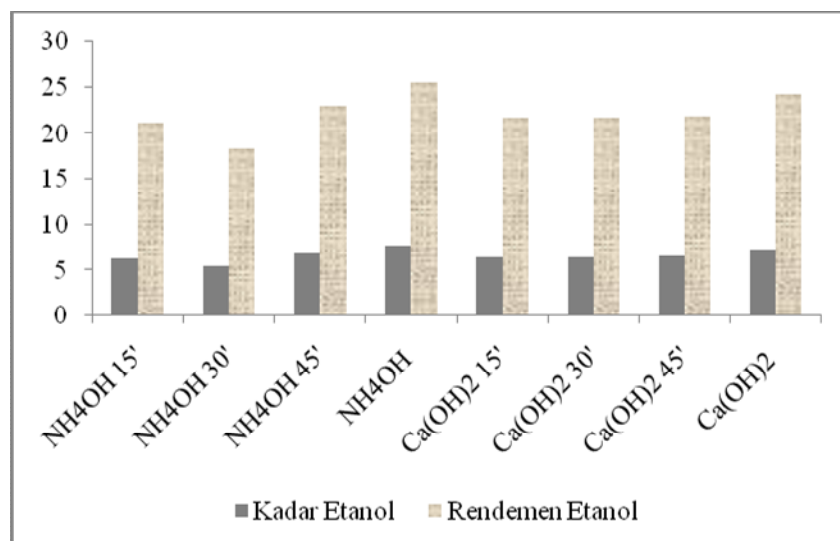
Hidrolisat asam yang sudah didetoksifikasi kemudian difermentasi untuk menghasilkan etanol. Fermentasi dilakukan pada hidrolisat yang sudah dinaikkan kadar gulanya menjadi 20% dengan penambahan khamir *Saccharomyces cerevisiae*, yang dilarutkan pada 10% volume substrat, nutrisi yaitu urea dan NPK. Peningkatan kadar gula tersebut dilakukan karena kondisi optimum pertumbuhan ragi atau khamir pada substrat berkadar gula 20%.

Fermentasi dilakukan pada substrat bervolume 150 ml, pada suhu ruang dan pH 4,8-5,5 selama 72 jam. Selama proses fermentasi terjadi penurunan total gula substrat. Hal tersebut menunjukkan bahwa khamir *Saccharomyces* melakukan aktivitas hidup dan mengalami pertumbuhan sel sehingga mampu menghasilkan etanol. Penurunan total gula rata-rata lebih dari 10%, hal tersebut menunjukkan bahwa selama 72 jam khamir tumbuh dengan baik. Pada perlakuan detoksifikasi tidak terdapat perbedaan yang signifikan satu dengan lainnya. Penurunan gula substrat sedikit lebih banyak terjadi pada hidrolisat yang didetoksifikasi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Gambar 1 menunjukkan perubahan total gula selama proses fermentasi.

Proses fermentasi secara umum sangat dipengaruhi oleh konsentrasi gula pada



Gambar 1. Perubahan total gula selama proses fermentasi



Gambar 2. Kadar dan rendemen etanol pada berbagai perlakuan detoksifikasi

substrat, suhu fermentasi, pH dan nutrient dalam substrat. Pada umumnya pH fermentasi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* terbaik pada pH 5-5,5. Faktor-faktor tersebut mempengaruhi laju pertumbuhan mikroba. Elevri dan Putra (2006) menyatakan bahwa nilai pH awal media fermentasi sangat mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan karena proton-proton mempengaruhi kinerja enzim-enzim dalam jalur EMP diantaranya enzim fosfofruktokinase yang berperan dalam glikolisis pada tahap konversi fruktosa 6-fosfat menjadi fruktosa 1-6-difosfat.

Pada akhir fermentasi dilakukan proses distilasi untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan. Berdasarkan kadar etanol yang dihasilkan dapat ditentukan berapa besar

rendemen etanol dari proses fermentasi yang telah dilakukan. Rendemen etanol merupakan perbandingan antara bobot etanol yang dihasilkan dengan bobot ubi kayu yang diproses. Gambar 2 berikut ini menunjukkan besar kecilnya kadar dan rendemen etanol pada berbagai macam perlakuan detoksifikasi.

Besar kecilnya kadar etanol yang terbentuk sangat berpengaruh terhadap rendemen etanol. Semakin besar kadar etanol, semakin besar pula rendemen etanol. Kadar etanol sangat dipengaruhi oleh proses fermentasi yang dilakukan. Efisiensi penggunaan substrat oleh mikroba fermentasi dapat menjadi parameter terbentuknya etanol. Masih tingginya kadar gula pada akhir fermentasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, menunjukkan bahwa efisiensi

penggunaan substrat selama 72 jam proses masih belum maksimal. Hal tersebut masih mungkin untuk dilanjutkan proses fermentasi.

Metode Detoksifikasi Terbaik

Berdasarkan analisis sidik ragam (Anova), diketahui bahwa perlakuan dan waktu detoksifikasi berpengaruh nyata pada taraf 0,05 terhadap nilai kadar etanol, sedangkan jenis katalis dan interaksi antara katalis serta waktu berpengaruh tidak nyata/non significant terhadap kadar etanol. Selain analisis ragam dilanjutkan dengan uji Duncant dan menunjukkan bahwa nilai tertinggi kadar etanol terdapat pada perlakuan detoksifikasi menggunakan katalis NH_4OH dengan waktu pengadukan bebas yaitu 7,65%. Waktu bebas berarti pengadukan menggunakan magnetic stirrer kurang dari 15 menit. Semua perlakuan detoksifikasi berbeda sangat nyata pada taraf 0,01 terhadap perlakuan terbaik. Nilai terendah kadar etanol diperoleh pada perlakuan detoksifikasi menggunakan NH_4OH yang diaduk selama 30 menit yaitu 5,49%.

Rendemen etanol dihitung berdasarkan besar kecilnya kadar etanol, dan merupakan perbandingan antara bobot etanol dan bobot bahan baku yang diproses. Semakin tinggi kadar etanol, akan semakin tinggi juga rendemennya.

Berdasarkan Uji Duncant, rendemen etanol terbaik dengan nilai tertinggi adalah pada proses detoksifikasi menggunakan NH_4OH dengan waktu proses bebas yaitu 25,51%. Penggunaan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan waktu bebas juga memberikan nilai yang tidak berbeda nyata (non signifikan) dengan hasil terbaik yaitu 24,22%. Pada proses detoksifikasi menggunakan NH_4OH selama 45 menit memberikan hasil dengan rendemen etanol sebesar 22,96%, hal tersebut berbeda nyata pada taraf 0,05 terhadap nilai terbaik. Untuk perlakuan lainnya memberikan nilai berbeda sangat nyata terhadap nilai terbaik.

Pada perlakuan detoksifikasi menggunakan katalis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang diaduk selama 15, 30 dan 45 menit memberikan hasil yang tidak berbeda nyata satu dengan lainnya. Nilai terkecil rendemen etanol terdapat pada detoksifikasi dengan NH_4OH dan diaduk selama 30 menit yaitu 18,30%. Nilai ini

berbeda sangat nyata terhadap nilai tertinggi dan berbeda nyata terhadap nilai lainnya.

Kadar dan rendemen etanol terbaik pada katalis NH_4OH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lebih kecil menggambarkan bahwa pada alkali NH_4^+ yang menguraikan furfural dan HMF lebih baik dibandingkan Ca^+ . Nitrogen dalam NH_4^+ yang tersisa dalam substrat dapat menambah nutrisi bagi pertumbuhan mikroba sehingga produksi etanol meningkat. Ion-ion Ca^+ akan mengikat gula sederhana dalam substrat membentuk gypsum, dimana gypsum tersebut harus dipisahkan selama proses fermentasi.

Pengadukan menggunakan magnetic stirrer yang lama menghasilkan kadar dan rendemen etanol lebih kecil dibandingkan pengadukan yang tidak terlalu lama, atau kurang dari 15 menit. Pengadukan yang lebih lama akan mengakibatkan gula-gula sederhana pada substrat terurai menjadi senyawa-senyawa turunannya, dimana hal tersebut sulit dimanfaatkan oleh mikroba fermentasi sebagai sumber karbon.

Berdasarkan uraian tersebut metode detoksifikasi yang paling baik digunakan pada hidrolisat asam untuk substrat fermentasi adalah detoksifikasi menggunakan NH_4OH dengan pengadukan bebas, tidak terlalu lama. Keuntungannya dapat menambah nutrisi bagi mikroba karena ammonium yang bereaksi dengan asam sulfat akan membentuk garam ammonium sulfat. Pengadukan yang bebas, tidak perlu waktu terlalu lama juga akan lebih efektif diaplikasikan karena menghemat waktu yang berakibat menghemat biaya proses.

Hasil yang diperoleh dari penelitian tidak jauh berbeda dengan yang dilakukan oleh Alriksson et al. (2005) dan menyatakan bahwa NH_4OH merupakan alkali yang dapat dijadikan sebagai alternatif detoksifikasi hidrolisat bahan berlignoselulosa yang lebih baik digunakan dibandingkan dengan penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Hal itu karena penggunaan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ akan mengakibatkan terbentuknya endapan gypsum, sedangkan untuk NH_4OH selain dapat sebagai pendetoksifikasi juga dapat digunakan sebagai sumber nitrogen pada proses fermentasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rendemen etanol yang

dihasilkan pada hidrolisat asam yang didetoksifikasi menggunakan NH_4OH lebih baik dibandingkan dengan hidrolisat asam yang didetoksifikasi menggunakan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Metode detoksifikasi hidrolisat asam dari ubi kayu yang digunakan sebagai substrat fermentasi untuk menghasilkan bioetanol paling optimal adalah menggunakan katalis NH_4OH dengan pengadukan bebas (waktu kurang dari 15 menit).

Proses produksi bioetanol yang menggunakan substrat dari hidrolisat asam, sebaiknya didetoksifikasi menggunakan NH_4OH dengan pengadukan bebas. Penelitian yang dilakukan masih mungkin dikembangkan untuk mengetahui pengaruh pemberian nutrisi (urea dan NPK) pada hidrolisat asam setelah detoksifikasi dengan NH_4OH .

DAFTAR PUSTAKA

- Adrados BP, P Choteborska, M Galbe dan G Zacchi. 2005. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheat bran. *J. Bioresource Technol.* **96** : 843-850.
- Alriksson B, IS Hovarth, A Sjode, NO Nilvebrant dan LJ Jonsson. 2005. Ammonium hydroxide detoxification of spruce acid hydrolysates. *J. Appl Biochem and Biotechnol.* 121-124.
- Elevri PS dan SR Putra. 2006. Produksi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang diamobilisasi dengan agar batang. *J. Akta Kimia Indonesia.* 1 (2) : 105-114.
- Kongkiattakajorn J dan K Yoonan. 2006. Conversion of cassava industry waste to fermentable sugar. *The 2nd Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)"*, 21-23 November 2006, Bangkok, Thailand.
- Larson S, A Reimann, NO Nilvebrant dan LJ Jonsson. 1999. Comparison of different methods for the detoxification of lignocelluloses hydrolyzates of spruce. *J. Appl Biochem and Biotechnol.* 77-79.
- Palmqvist E dan BH Hahn-Hagerdal. 2000. Fermentation of lignocellulosic hydrolysates. I : inhibition and detoxification. *J. Bioresource Technol* 74 : 17-24.
- Purwadi R. 2006. Continuous ethanol production from dilute-acid hydrolyzates: detoxification and fermentation strategi. Thesis for The Degree of Doctor of Philosophy. Departement of Chemical and Biological Engineering, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
- Srinorakutara T , L Kaewvimol and L Saengow. 2005. Approach of cassava waste pretreatments for fuel ethanol production in Thailand. Biotechnology Departement, Thailand Institute of Scientific and Technological Research. *J. Sci. Res.* Chula, 2006-thailand-energi-info.
- Susmiati Y. 2010. Rekayasa proses hidrolisis pati dan serat ubi kayu untuk produksi bioetanol. [Tesis yang tidak dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB]