



## PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI UNTUK PRODUKSI BIOETANOL MENGUNAKAN SEL RAGI IMOBIL SECARA BERULANG

Novianti<sup>1</sup>, Mappiratu<sup>2</sup>, Musafira<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

<sup>2</sup>Lab. Penelitian Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

<sup>3</sup>Lab. Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

### ABSTRACT

Study about the Utilization of sawdust waste as a substrat in Bioethanol production by using repeated-immobilized yeast cells has been done. The aim of this research was to determine the best ratio of sulfuric acid to sawdust and to determine the optimum hydrolysis time, its in order to get the highest sugars content and alkohol content, and also to know the activity of the immobilized yeast cell for in alkohol production by repeated-use of immobilized cell. It was done by applying 9 levels of sulfuric acid (50%) ratio to sawdust (v/b) {i.e. 2 : 1 (A), 3 : 1 (B), 4 : 1 (C), 5 : 1 (D), 6 : 1 (E), 7 : 1 (F), 8 : 1 (G), 9 : 1 (H) and 10 : 1 (I)}, and 5 levels of hydrolysis time (i.e. 0,5; 1; 1,5; 2; and 2,5) . The result showed that the best ratio of sulfuric acid to sawdust was 5 : 1 (v/b), it could produce the sugars content for about 43,52%. While the best hydrolysis time was 2 hours and it could gave 43,72% of sugars content, when the fermentation proseses was done in 72 hours. The activity of immobilized yeast cell was decreased in repeated-used system, and there was no alkohol can produced in the fourth time of immobilized yeast cell used.

Keywords: *Bioethanol, sawdust, hydrolysis, cell immobilization.*

### ABSTRAK

Penelitian tentang Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Untuk Produksi Bioetanol Menggunakan Sel Ragi Imobil Secara Berulang telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rasio asam sulfat terhadap serbuk gergaji dan waktu hidrolisis yang menghasilkan kadar gula yang tinggi, serta mengetahui aktivitas sel ragi imobi terhadap kadar alkohol selama penggunaan berulang. Pada pengaruh rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji diterapkan sembilan tingkatan masing-masing 2 : 1 (A), 3 : 1 (B), 4 : 1 (C), 5 : 1 (D), 6 : 1 (E), 7 : 1 (F), 8 : 1 (G), 9 : 1 (H) dan 10 : 1 (I) atas dasar volume per berat (v/b), sedangkan pengaruh waktu hidrolisis diterapkan lima tingkatan masing-masing 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, dan 2,5 jam. Dari hasil penelitian diperoleh rasio terbaik asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji adalah pada rasio 8 : 1

Corresponding Author : musafira77@yahoo.com

(v/b) menghasilkan kadar gula total sebesar 43,52%. Waktu hidrolisis terbaik adalah 2 jam, menghasilkan kadar gula sebesar 43,72 %. Fermentasi gula hasil hidrolisis dilakukan pada suhu ruang selama 72 jam. Sel ragi imobil dalam fermentasi alkohol menggunakan produk hidrolisis asam sulfat mengalami penurunan aktivitas pada penggunaan berulang, dan pada penggunaan yang keempat kali, tidak ditemukan adanya alkohol dalam arti hanya dapat digunakan selama tiga kali pengulangan.

Kata Kunci : *Bioetanol, serbuk gergaji, hidrolisis, immobilisasi sel.*

## I. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya penduduk dan pertumbuhan ekonomi di Indonesia, serta menipisnya cadangan minyak bumi, maka dicari energi alternatif untuk menunjang kebutuhan akan energi. Salah satunya dengan mengkonversi biomasa menjadi bioetanol. Kekayaan Indonesia yang berlimpah akan sumber daya hayati termasuk mikroorganisme, sangat memungkinkan untuk pemanfaatan biomasa/lignoselulosa menjadi bioetanol, yang sampai saat ini belum dikembangkan secara optimal (Anindyawati, 2009).

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Sedangkan etanol adalah ethyl alkohol ( $C_2H_5OH$ ) adalah senyawa organik yang mengandung gugus hidroksil (OH) dengan rumus kimia  $CH_3CH_2OH$ . Etanol dapat dibuat dengan cara sintesis etilen atau bisa juga dengan fermentasi. Untuk bahan dari tanaman, produksi etanol melalui fermentasi

gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* atau *Saccharomyces elipsoides* (Richana, 2011).

Bioetanol selain dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bensin, juga sebagai bahan baku industri turunan alkohol seperti untuk minuman beralkohol, bahan dasar industri farmasi, dan bahan pelarut parfum. Etanol yang digunakan sebagai bahan baku industri memiliki kemurnian antara 90-96,5%, campuran minuman beralkohol dan bahan industri farmasi 96-99,5%, sebagai bahan pengganti bensin 99,5-100% (Nurdyastuti, 2005 dalam Ikbal, 2010).

Salah satu limbah berlignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku membuat bioteanol adalah serbuk gergaji/kayu. Menurut Irawati dkk (2009), serbuk kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku etanol dengan cara hidrolisa, baik menggunakan asam maupun enzim, sehingga polisakarida (selulosa dan hemiselulosa) terdegradasi menjadi

monosakarida terutama glukosa, yang dilanjutkan dengan fermentasi menggunakan yeast. Sebagai bahan baku etanol, serbuk kayu memiliki keunggulan, yaitu potensinya berlimpah, harganya murah dan tidak bersaing dengan penggunaan manusia sebagai sumber bahan makanan.

Produk kayu jadi yang dihasilkan Sulawesi Tengah rata-rata 245 ton per bulan. Ini berarti setiap bulannya akan menghasilkan serbuk gergaji sebanyak 36,75 ton. Jumlah ini cukup potensi untuk diolah menjadi suatu produk bernilai ekonomi (Mappiratu, 1993).

Fermentasi merupakan salah satu upaya untuk mengubah senyawa karbohidrat menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme. Selama ini proses fermentasi menggunakan cara yang konvensional, yaitu dengan mencampurkan sel ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dengan substrat gula dalam gelas erlenmeyer yang digoyang dalam shaker pada kondisi tertentu. Cara ini mempunyai kelemahan karena pemisahan produk lebih sulit dan sel ragi yang bercampur dengan produk sulit dipisahkan. Untuk mengatasinya dilakukan dengan teknik imobilisasi sel (Sebayang, 2006).

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu adanya upaya pemanfaatan limbah

serbuk gergaji untuk memproduksi bioetanol menggunakan sel ragi imobil. Dengan upaya tersebut, dua hal tertangani, yaitu akan pemanfaatan limbah dan memenuhi energi terbarukan dengan cara yang efisien.

## II. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung pada bulan Februari sampai bulan juni 2013. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Kimia Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tadulako.

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah, baskom plastik, neraca analitik, ayakan 60 mesh, kertas saring, pH meter, *injector*, sakarometer, alkoholmeter, autoclaf, dan alat-alat gelas yang umum digunakan dalam laboratorium kimia. Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah serbuk gergaji, asam sulfat, ragi roti, aquadest, alginat, kalsium klorida, dan natrium hidroksida.

### 2.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan melihat faktor penentuan rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji dan waktu hidrolisis yang

menghasilkan kadar gula tertinggi. Dimana untuk pengaruh rasio asam sulfat 50% terhadap limbah serbuk gergaji terdiri atas 9 perlakuan, setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 27 unit percobaan. Untuk pengaruh waktu hidrolisis terdiri atas 5 perlakuan, setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 15 unit percobaan.

## **2.4 Prosedur Penelitian**

### **2.4.1 Proses Persiapan Bahan Baku**

Perlakuan awal terhadap serbuk gergaji meliputi pencucian, pengeringan, dan pengayakan. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan yang terikut dalam serbuk gergaji seperti tanah, cangkang dan kotoran lain. Pengeringan dilakukan dibawah sinar matahari, sampai bahan kering. Pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air.

### **2.4.2 Tahap Produksi Gula**

#### **a. Pengaruh Rasio Asam Sulfat 50% Terhadap Limbah Serbuk Gergaji**

Perlakuan pengaruh rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji digunakan sembilan tingkatan rasio yang terdiri atas 2:1 (A), 3:1 (B), 4:1 (C), 5:1 (D), 6:1 (E), 7:1 (F), 8:1 (G), 9:1 (H) dan 10:1 (I) atas dasar volume/berat (v/b). Serbuk gergaji halus

terlebih dahulu ditambahkan dan direndam menggunakan asam sulfat 5% dan disaring, sebelum dihidrolisis dengan asam sulfat 50% sesuai perlakuan. Tahap selanjutnya adalah dilakukan hidrolisis dengan pengadukan pada suhu ruang selama 2 jam. Parameter yang diamati adalah kadar gula dalam filtrat. Penentuan kadar gula dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kadar gula (sakarometer). Hasil terbaik dari perlakuan ini akan digunakan untuk perlakuan lebih lanjut.

#### **b. Pengaruh Waktu Hidrolisis**

Perlakuan pengaruh waktu hidrolisis terhadap kadar gula digunakan lima tingkatan waktu hidrolisis masing-masing 0,5 jam (A), 1 jam (B), 1,5 (C), 2 jam (D), dan 2,5 jam (E). Rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji (rasio asam sulfat 50% / serbuk gergaji) yang digunakan diambil dari rasio asam sulfat 50% / serbuk gergaji yang terseleksi dari tahap sebelumnya. Tahap ini dilakukan pada suhu ruang. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga terdapat lima belas unit percobaan. Parameter yang diamati adalah kadar gula dalam filtrat. Penentuan kadar gula dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kadar gula (sakarometer). Hasil

terbaik dari perlakuan ini akan digunakan untuk perlakuan lebih lanjut.

Setelah dilakukan proses hidrolisis menggunakan asam kuat, selanjutnya akan dilakukan proses netralisasi menggunakan natrium hidroksida untuk menjaga pH antara pH 4,5 dan pH 5. Selanjutnya, larutan hasil netralisasi ditambahkan  $\text{CaCl}_2$  1M untuk menghilangkan sisa sulfat yang ada pada larutan.

### 2.4.3 Tahap Produksi Alkohol

#### a. Imobilisasi Sel

Sel yang digunakan dalam imobilisasi adalah sel khamir *Sacharomises cereviceae* (ragi roti), sedangkan bahan pengimobilisasi digunakan larutan alginat 2%. Natrium alginat 2 % dibuat dengan cara, natrium alginat 2 g ditambahkan 100 ml akuades dan dipanaskan hingga alginat larut. Campuran ditutup dengan kapas dan disterilkan selama 15 menit. Larutan alginat yang telah dingin, dicampur dengan suspensi ragi roti (10 g ragi ditambahkan akuades 30 ml, diaduk hingga membentuk larutan suspensi). Campuran dimasukkan ke dalam injektor, kemudian diteteskan ke dalam larutan kalsium klorida 1M sambil diaduk. Setelah itu imobil telah siap untuk digunakan pada proses fermentasi (Mappiratu dkk, 1993).

#### b. Uji Aktivitas Sel Ragi Imobil

Perlakuan ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas sel ragi imobil yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Uji aktivitas sel ragi imobil dilakukan dengan cara penggunaan berulang sel imobil dalam proses fermentasi alkohol. Rasio cairan (substrat) terhadap sel ragi imobil yang digunakan adalah 1 : 1 atas dasar volume/berat (v/b). Waktu inkubasi yang digunakan adalah 72 jam. Parameter yang diamati adalah kadar alkohol dalam medium. Penentuan kadar alkohol dilakukan dengan menggunakan alkohol meter.

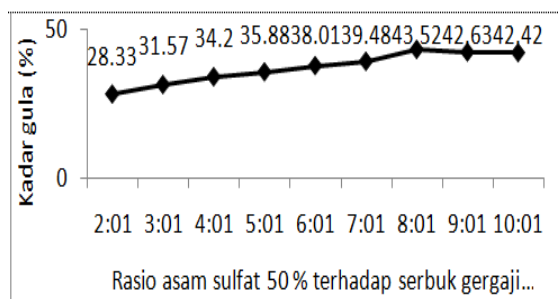
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kadar Gula pada Berbagai Rasio Asam Sulfat 50% Terhadap Serbuk Gergaji

Proses hidrolisis untuk menghasilkan kadar gula tertinggi diawali dengan perendaman serbuk gergaji dengan asam sulfat encer 5% kemudian dilanjutkan dengan hidrolisis menggunakan asam sulfat 50% dengan sembilan tingkatan ratio.

Untuk mengetahui rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji yang menghasilkan kadar gula yang tinggi, diterapkan sembilan tingkatan rasio. Hasil yang diperoleh (Gambar 1) menunjukkan kadar gula tertinggi (43,52 %) ditemukan

pada rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji 8 : 1 (v/b), dan kadar dan kadar gula terendah (28,33%) terdapat pada penggunaan rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji 2 : 1 (v/b).



**Gambar 1** Kadar gula pada berbagai rasio asam sulfat 50 % terhadap serbuk gergaji.

Pada Gambar 1 memperlihatkan perubahan kadar yang meningkat dengan meningkatnya rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji hingga rasio 8 : 1 (v/b). Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Saha dkk, (2005) dalam Fatmawati dkk, (2008), semakin besar konsentrasi asam sulfat maka proses pelarutan semakin cepat, sehingga fasa menjadi lebih homogen dan reaksi pun berlangsung lebih cepat. Pada rasio di atas 8:1 (v/b), kadar gula cenderung mengalami penurunan, sehingga pola perubahan kadar gula terhadap rasio asam sulfat 50%/serbuk gergaji cenderung mengikuti garis kurva parabola. Hal yang sama ditemukan oleh Siswati dkk, (2010) ada penggunaan asam sulfat dengan konsentrasi 10, 20, 30 %.

Kadar gula menurun dari 5 % menjadi 4% pada peningkatan konsentrasi asam sulfat dari 20% menjadi 30% pada suhu reaksi 100°C dengan perbandingan 10:1 (v/b) dan waktu reaksi selama 4 jam.

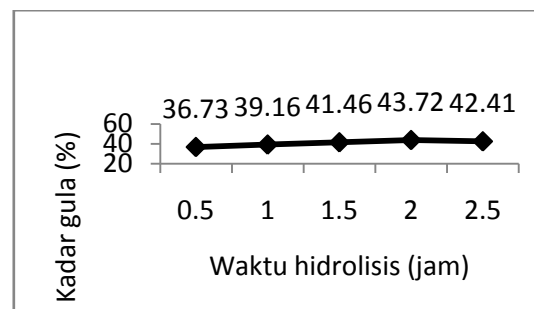
Adanya kecenderungan penurunan kadar gula pada penggunaan rasio asam sulfat 50%/serbuk gergaji di atas 8:1 (v/b) diduga disebabkan karena adanya perubahan gula glukosa yang terbentuk menjadi senyawa turunannya (bentuk siklik) karena dehidrasi (Ashadi, 1988 dalam Syam dkk, 2009).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan rasio asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji berpengaruh sangat nyata terhadap kadar gula yang dihasilkan. Hasil analisis lanjut menggunakan uji BNJ pada taraf 5% memberikan keterangan kadar gula hasil hidrolisis asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji tidak berbeda pada penggunaan rasio 8 : 1 dengan rasio 9 : 1 dan 10 : 1 (v/b). Dengan demikian kadar gula hasil hidrolisis asam sulfat 50 % terhadap serbuk gergaji mencapai maksimum pada penggunaan rasio 8 : 1 (v/b).

### 3.2 Kadar Gula pada Berbagai Waktu Hidrolisis

Selain suhu dan konsentrasi asam sulfat, waktu reaksi juga berpengaruh

terhadap kadar gula dalam produk hidrolisis (Gusmawarni dkk, 2011). Untuk mengetahui pengaruh waktu hidrolisis serbuk gergaji dengan asam sulfat 50% terhadap kadar gula yang dihasilkan, diterapkan lima tingkatan waktu hidrolisis. Hasil yang diperoleh (Gambar 2 ) menunjukkan bahwa hasil hidrolisis terus mengalami peningkatan seiring dengan penambahan waktu hidrolisis dari 0,5 jam hingga 2 jam. Dengan adanya penambahan waktu hidrolisis maka terjadinya kontak antara reaktan yang mengakibatkan konversi dari reaktan menjadi produk akan semakin sering terjadi (Anugrahini dkk, 2013). Hasil juga menunjukkan kadar gula dalam produk hidrolisis cenderung menurun pada penggunaan waktu hidrolisis di atas 2 Jam. Pada penggunaan waktu hidrolisis 2 jam dihasilkan gula dengan kadar 43,72%, sedangkan pada waktu hidrolisis 2,5 jam dihasilkan gula dengan kadar 42,41%. Nilai tersebut relatif sama pada penggunaan rasio asam sulfat 50 % terhadap serbuk gergaji 8:1 (v/b), yakni 43,53% dengan waktu hidrolisis 2 jam.



**Gambar 2** Kadar gula dalam produk hidrolisis pada berbagai waktu reaksi

Gusmawarni dkk, (2010) menemukan hal yang sama dengan temuan dalam penelitian ini. Peningkatan waktu reaksi dari 10 menit hingga 90 menit dengan selang waktu 10 menit menghasilkan kadar gula tertinggi (13,08 %) pada waktu reaksi 80 menit, dan menurun menjadi 10,04 % pada waktu reaksi 90 menit. Menurut Gusmawarni dkk (2010), kadar gula harusnya tetap dalam arti mencapai maksimum pada waktu reaksi tertentu. Adanya kecenderungan penurunan kadar gula, diduga disebabkan karena adanya perubahan gula glukosa yang terbentuk menjadi senyawa turunannya (bentuk siklik) karena dehidrasi (Ashadi, 1988 dalam Syam *et al.*, 2009).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan waktu hidrolisis serbuk gergaji dengan asam sulfat 50% berpengaruh sangat nyata terhadap kadar gula yang dihasilkan. Hasil analisis lanjut menggunakan uji BNJ pada taraf 5%

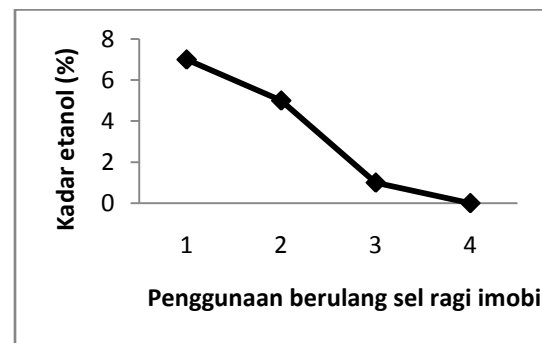
memberikan keterangan kadar gula hasil hidrolisis asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji tidak berbeda pada penggunaan waktu hidrolisis 2 jam dan 2,5 jam. Dengan demikian kadar gula hasil hidrolisis asam sulfat 50% terhadap serbuk gergaji mencapai maksimum pada penggunaan waktu hidrolisis sekitar 2 jam.

### 3.3 Kadar Alkohol Pada Penggunaan Berulang Sel *Sacharomyces cereviceae* Imobil

Salah satu keuntungan dari proses fermentasi menggunakan sel imobil adalah fermentasi dapat berlangsung secara bersinambung dan fermentasi yang tidak bersinambung, sel imobil dapat digunakan secara berulang (Taherzadeh dan Karimi, 2008; Cheetham dalam Mappiratu dkk, 1993). Berdasarkan hal itu, maka produksi alkohol ecara fermentasi dari hasil hidrolisis serbuk gergaji dilakukan menggunakan sel ragi imobil. Sel ragi diimobilisasi dengan alginate, kemudian digunakan untuk produksi alkohol secara berulang dalam arti setelah fermentasi berlangsung, sel ragi imobil digunakan kembali.

Hasil pengukuran kadar etanol pada penggunaan berulang sel ragi imobil dalam gambar 3 menunjukkan kadar alkohol menurun dengan meningkatnya penggunaan ulang. Waktu fermentasi yang dibutuhkan

sehingga terbentuknya etanol adalah 72 jam. Pada penggunaan pertama menghasilkan alkohol dengan kadar 7%, kemudian menurun menjadi 5%, 1% dan 0% pada penggunaan berulang berturut-turut 2 kali, 3 kali dan 4 kali. Berdasarkan hal itu, maka ragi imobil hanya dapat digunakan dua kali saja.



**Gambar 3** Pengaruh penggunaan berulang sel ragi imobil terhadap kadar etanol

Penurunan kadar etanol dari setiap penggunaan berulang menunjukkan berkurangnya aktivitas sel ragi amobil. Putra Asga (2006) dalam Ikbal (2010), mengungkapkan bahwa aspek efektivitas sel imobil jika digunakan dalam fermentasi secara berulang dengan cara menggunakan sel imobil yang sama untuk beberapa kali fermentasi. Hasil yang diperoleh bahwa kadar etanol setelah beberapa kali fermentasi mengalami penurunan. Terjadinya penurunan kadar etanol disebabkan oleh terjadinya kerusakan dan



pelepasan pada sebagian kecil sel akibat pengaruh mekanik.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini berbeda dengan hasil yang dikemukakan oleh Mappiratu dkk, (1993) yang menyatakan bahwa fermentasi yang menghasilkan alkohol tertinggi sebesar 8,3% dengan waktu inkubasi 5 jam. Hasil penelitian ini juga berbeda dengan hasil yang dikemukakan oleh Gani (2011), yang menyatakan bahwa hasil menunjukkan penggunaan Ca-alginat sebagai bahan pengamobil ragi roti cukup baik digunakan selama 10 kali pengambilan ulang. Hal ini mungkin disebabkan karena masih terdapat asam sulfat yang tidak sepenuhnya terendapkan, mengingat konsentrasi asam sulfat yang digunakan cukup tinggi yaitu 50%. Sehingga mengakibatkan kerusakan pada sebagian kecil gel yang mengikat sel amobil dan menghambat aktivitas sel ragi imobil dalam proses fermentasi. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Ratio asam sulfat 50% terhadap limbah serbuk gergaji berpengaruh sangat nyata terhadap kadar gula hasil hidrolisis. Kadar gula tertinggi ditemukan pada penggunaan rasio asam sulfat 50%/serbuk gergaji 8:1

(v/b), namun tidak berbeda dengan rasio 9:1 dan 10:1 (v/b).

2. Waktu reaksi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar gula yang dihasilkan. Waktu hidrolisis yang menghasilkan kadar gula tertinggi ditemukan pada waktu reaksi 2 jam, namun tidak berbeda dengan waktu hidrolisis 2,5 jam.
3. Sel ragi imobil hanya dapat digunakan dua kali penggunaan ulang untuk bahan hasil hidrolisis dengan asam sulfat 50%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anindyawati, T. 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol*. Pusat Penelitian Bioteknologi – LIPI. Cibinong.
- Anugrahini, S.F. Agung, Ismuyanto, B., dan Idahyanti, E. 2013. *Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Biji Durian (*Durio zibethinua* Murr.) Menjadi Glukosa dengan Variasi Temperatur dan Waktu*. KIMIA.STUDENTJOURNAL, Vol. 2, No. 1, pp. 344-351-
- Fatmawati, A., Soesono, N., Chiptadi, N., dan Natalia, S. 2008. *Hidrolisis Batang Padi dengan Menggunakan Asam Sulfat Encer*. Jurnal Teknik

- Kimia, Vol. 3, No. 1, September 2008.  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Surabaya. Surabaya.
- Gani, AS. 2011. *Kajian Penggunaan Ulang Ragi Roti Amobil Dalam Bioreaktor Fermentasi Sistem Batch Menggunakan Substrat Gula Pasir*. Skripsi Kimia FMIPA Universitas Tadulako. Palu.
- Gusmawarni, S.R., Budi, M.S.P., Sediawan, W.B., dan Hidayat, M., 2010. *Pengaruh Perbandingan Berat Padatan dan Waktu Reaksi Terhadap Gula Pereduksi Terbentuk pada Hidrolisis Bonggol Pisang*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Vol. 9 No. 3 Desember 2010, 77-82. Grup Riset Energi Biofuel, STTNAS dan Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Ikbal, M. 2010. *Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (Oryza sativa) Secara Fermentasi Menggunakan Inokulum Ragi Roti Amobil*. Sripsi Kimia FMIPA Universitas Tadulako. Palu.
- Irawati, D., Wulan, C., dan Ayu, D. 2009. *Biodelignifikasi Limbah Kayu Sengon Oleh Tiga Jenis Jamur Konsumsi*. Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan – UGM. Yogyakarta.
- Mappiratu. 2012. *Buku Ajar Imobilisasi Enzim dan Sel*. Jurusan Kimia Universitas Tadulako. Palu.
- Mappiratu, Alam, N., dan Muhandi. 1993. *Alkohol dan Obat Nyamuk Koil dari Limbah Serbuk Gergaji*. Universitas Tadulako. Palu.
- Richana, N. 2011. *Bioetanol: Bahan Baku, Teknologi, Produksi dan Pengendalian Mutu*. Nuansa Cendekia. Bandung.
- Richana N. dan Suarni. 2010. *Teknologi Pengolahan Jagung*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen. Bogor.
- Sebayang, F. 2006. *Pembuatan Etanol dari Molase Secara Fermentasi Menggunakan Sel Saccharomyces cerevisiae yang Terimobilisasi pada Kalsium Alginat*. Jurnal Teknologi Proses 5(2) Juli 2006: 68-74. Departemen Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Siswati, N.D., Yatim, M., dan Hidayanto, R. 2010. *Bioetanol dari Limbah Kulit Kopi dengan Proses Fermentasi*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.
- Syam, L.K., Farikha, J., dan Fitriana, D.N. 2009. *Pemanfaatan Limbah Pod Kakao untuk Menghasilkan Etanol*

*Sebagai Sumber Energi Terbarukan.*

PKM-GT. Institut Pertanian Bogor.

Bogor.