



## PEMBUATAN BIOETANOL DARI JERAMI PADI DENGAN BANTUAN ENZIM *SELULASE* DARI JAMUR TIRAM

Hery Setiawan\*) dan Ersanghono Kusumo

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima Mei 2015  
Disetujui Juni 2015  
Dipublikasikan Agustus 2015

Kata kunci:  
jerami padi  
enzim *selulase*  
hidrolisis  
bioetanol

### Abstrak

Kebutuhan energi fosil di Indonesia seperti bensin kian meningkat, sementara itu ketersediaan energi fosil berbanding terbalik dengan kebutuhannya, sehingga dibutuhkan sumber energi alternatif terbarukan seperti bioetanol. Indonesia merupakan penghasil beras besar di dunia yang memberikan limbah padat jerami padi yang sangat besar yaitu 180 juta ton bahan kering per tahun. Jerami padi ini mengandung sekitar 40% selulosa, 30% hemiselulosa dan 15% lignin. Kadar selulosa yang cukup tinggi ini dapat dikonversi menjadi bioetanol. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas rasio enzim *selulase* dari jamur tiram dengan jerami padi dalam proses hidrolisis untuk menghasilkan glukosa yang dapat dikonversi menjadi bioetanol. Jerami padi dijadikan serbuk kemudian dilakukan delignifikasi dengan larutan NaOH 0,01 M. Selanjutnya hidrolisis selulosa menjadi glukosa dengan variasi rasio substrat (g) dengan enzim (mL) sebesar 0,06; 0,08; 0,10 dan 0,20 g/mL diinkubasi 2 jam pada suhu 50°C. Hidrolisat paling baik pada rasio sebesar 0,10 g/mL menghasilkan kadar 0,2738 mg/20 g substrat dianalisis glukosa dengan spektrofotometer UV-Vis serta dilanjutkan proses fermentasi dengan variasi waktu 3, 6, 9, dan 12 hari kemudian didestilasi. Hasil destilat hari ke-6 menghasilkan kadar etanol yang paling tinggi yaitu sebesar 1,78%.

### Abstract

Fossil energy needs in Indonesia such as gasoline is increasing, where the availability of fossil energy is inversely proportional to its needs so it takes a renewable alternative energy sources such as bioethanol. Indonesia is a major rice producer in the world which provides solid waste rice straw very large that is 180 million tons of dry matter per year. The rice straw contains about 40% cellulose, 30% hemicellulose and 15% lignin. Cellulose level is high enough it can be converted into bioethanol. The purpose of this study to determine the effectiveness of cellulase enzyme ratio from oyster mushroom with rice straw in hydrolysis process to produce glucose that can be converted into bioethanol. The rice straw be made powder then carried out the delignification with 0,01 M NaOH solution. Further hydrolysis of cellulose to glucose with variation of the ratio of the substrate (g) with enzyme (mL) is 0.06, 0.08, 0.10 dan 0.20 g/mL incubated 2 hours at a temperature of 50°C. Best hydrolyzate at a ratio of 0.10 g/mL yield 0.2738 mg/20 g substrate levels of glucose was analyzed by UV-Vis spectrophotometer and continued the process of fermentation with variation of 3, 6, 9, and 12 days then distilled. Results distillate 6th day produce the highest levels of ethanol that is equal to 1.78%.

## Pendahuluan

Kebutuhan energi fosil di Indonesia seperti bensin dan solar tiap hari kian meningkat. Kondisi ini menjelaskan bahwa kebutuhan energi di Indonesia masih tergantung pada ketersediaan energi fosil, padahal ketersediaan energi fosil berbanding terbalik dengan kebutuhannya karena sifat energi fosil yang tidak terbarukan. Oleh karena itu diperlukan suatu energi yang terbarukan dan merupakan energi yang ramah lingkungan sehingga dapat mengatasi permasalahan energi dan pemanasan global yang kian hari kian mengancam bumi.

Lima tahun terakhir ini, Indonesia mengalami penurunan produksi minyak nasional yang disebabkan oleh menurunnya cadangan minyak bumi di Indonesia. Di lain pihak, kebutuhan masyarakat akan sarana transportasi dan aktivitas industri juga semakin meningkat, sehingga berakibat pada meningkatnya kebutuhan konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) nasional. Solusi untuk memenuhi kebutuhan BBM nasional, pemerintah mengimpor sebagian BBM dari luar negeri. Akibat ketergantungan Indonesia pada BBM impor tersebut, pemerintah mengalami kesulitan ketika harga minyak dunia terus mengalami kenaikan (Syadzili; 2008).

Salah satu energi alternatif terbarukan yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah bioetanol. Bioetanol dapat diperoleh dari sumber bahan baku yang mengandung glukosa, pati dan selulosa yang tersedia di Indonesia. Di sisi lain, Indonesia merupakan penghasil beras besar di dunia yang memberikan limbah padat jerami padi yang sangat besar yaitu 180 juta ton bahan kering per tahun. Jerami padi ini mengandung sekitar 40% selulosa, 30% hemiselulosa dan 15% lignin. Proses konversi selulosa menjadi gula D-glukosa yang merupakan bahan baku fermentasi menghasilkan etanol sudah banyak dilakukan oleh para peneliti dengan menggunakan katalis enzim *selulase* (Widjaja dan Gunawan; 2012).

Selulosa merupakan polisakarida melimpah di bumi yang dapat diubah menjadi glukosa dengan cara hidrolisis. Di dalam jaringan tanaman, lignin sulit didegradasi karena mempunyai struktur yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa (Anindyawati; 2010), sehingga perlu dilakukan proses perlakuan awal dan delignifikasi untuk mempermudah proses hidrolisis selulosa. Pengembangan teknologi bioproses dengan menggunakan enzim *selulase* pada

proses hidrolisisnya merupakan suatu proses yang lebih ramah lingkungan. Enzim *selulase* dapat diproduksi oleh jamur, bakteri, tumbuhan, dan hewan ruminansia. Salah satu mikroorganisme utama yang dapat memproduksi *selulase* adalah jamur. Hidrolisis menggunakan enzim memiliki banyak faktor yang dapat mempengaruhinya antara lain adalah ukuran partikel bahan baku, pH, waktu dan rasio enzim yang digunakan.

## Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengayak ukuran 100 mesh, neraca analitik, indikator universal, spektrofotometer UV-Vis *Shimadzu QP*, seperangkat alat fermentasi dan alat destilasi, spektrofotometer FT-IR *Perkin Elmer Frontier*, *Gas Chromatography* (GC) *Agilent 6820*, dan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) *Perkin Elmer Clarus 680-SQ 8T*. Bahan baku yang digunakan adalah jerami padi dari perum Korpri Klipang kelurahan Sendangmulyo kecamatan Tembalang, jamur tiram, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC), NaOH, urea, ammonium sulfat, KOH, *Saccharomyces cerevisiae*, glukosa standar, reagen DNS, etanol,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$ , HCl dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Prosedur kerja dalam penelitian ini meliputi tahap perlakuan awal. Jerami padi sebanyak 1 kg dicuci dan dipotong, kemudian di blender hingga halus lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 100-105°C selama 4 jam. Sampel diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh dan didelignifikasi dengan larutan NaOH 0,01 M pada suhu 80°C dan diaduk dengan kecepatan 600 rpm selama 8 jam. Kemudian serbuk jerami padi dicuci dengan aquades sampai pH 7 dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100-105°C.

Serbuk jerami padi ini selanjutnya di hidrolisis dengan enzim *selulase*. Enzim *selulase* diisolasi dari jamur tiram dengan cara 1 kg jamur tiram ditambah 1 L aquabides dihaluskan hingga menjadi ekstrak *selulase*. Ekstrak didinginkan dan disentrifuge dengan kecepatan 3500 rpm selama 30 menit. Hasil sentrifuge didekantasi sehingga dihasilkan supernatant (enzim *selulase*). Sebelum digunakan untuk menghidrolisis, dilakukan pengujian efektivitas enzim pada proses hidrolisis enzim terhadap CMC dan serbuk jerami padi dengan cara 10 mL enzim ditambah 40 mL substrat CMC 0,5% dalam buffer fosfat 0,01 M pH 8. Campuran dishaker dan dilakukan sampling tiap 5 menit sebanyak 1 mL dan ditambah pereaksi *Miller*.

Kemudian campuran sampling dipanaskan dan selanjutnya didinginkan dengan ditambah aquades. Selanjutnya diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum 423 nm. Langkah yang sama dilakukan pada uji efektivitas terhadap serbuk jerami padi.

Proses hidrolisis menggunakan enzim *selulase* jamur tiram dengan variasi rasio antara substrat (g) dan enzim (mL) sebesar 0,06; 0,08; 0,10 dan 0,20 g/mL. Proses hidrolisis diinkubasi selama 2 jam pada suhu 50°C dan dididihkan selama 15 menit. Filtrat hasil hidrolisis dianalisis kadar glukosanya dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan DNS (3,5-dinitrosalisilat 0,1 g dalam 1 liter aquades ditambah 2 tetes KOH 2 M) dengan panjang gelombang yang telah di optimasi yaitu 423 nm. Hidrolisat dengan kadar glukosa paling tinggi kemudian ditambahkan HCl sampai pH 5 kemudian ditambah nutrisi 2 g urea dan 2 g ammonium sulfat. Selanjutnya ditambahkan ragi tape (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 2 g dan diinkubasi pada suhu 27-30°C (*anaerob*) dengan variasi waktu fermentasi yaitu 3, 6, 9, dan 12 hari.

Hasil filtrat fermentasi didestilasi pada suhu 78-80°C hingga diperoleh bioetanol murni yang ditampung di botol sampel. Destilat ini kemudian dianalisis dengan uji  $K_2Cr_2O_7$ , GC, FT-IR, dan GC-MS untuk mengetahui adanya senyawa etanol pada sampel.

**Tabel 1.** Bilangan gelombang spektrum IR bioetanol

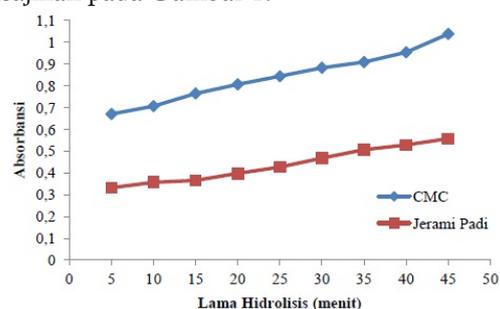
Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Ikatan gugus fungsi
3000 - 3700	-OH
2850 - 3000	-CH (alifatik)
1400 - 1600	-CH <sub>2</sub>
1200 - 1400	-CH <sub>3</sub>
1000 - 1300	-CO

### Hasil dan Pembahasan

Pada tahap perlakuan awal, 1 kg jerami padi dicuci dan dipotong kecil-kecil kemudian di-blender hingga halus, setelah itu dikeringkan untuk mempermudah saat pengayakan. Serbuk jerami padi diayak menggunakan ayakan ukuran 100 *mesh*. Setelah didapatkan serbuk jerami padi ukuran 100 *mesh*, dilakukan proses delignifikasi dengan larutan NaOH 0,01 M untuk melepas selulosa yang terikat dengan lignin sehingga akan mempermudah konversi selulosa menjadi glukosa. Ion hidroksida (OH<sup>-</sup>) dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion natrium (Na<sup>+</sup>) akan berikatan dengan lignin membentuk

natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*) (Safaria, *et al.*; 2013).

Pada residu, dilakukan pencucian dengan aquades sampai didapatkan pH 7 (netral) agar tidak mengganggu kinerja enzim *selulase* saat proses hidrolisis berlangsung. Kemudian residu/serbuk jerami padi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100-105°C selama 2 jam. Sebelum dihidrolisis dengan enzim, dilakukan isolasi enzim *selulase* terlebih dahulu dari jamur tiram. Hasil pengujian efektivitas enzim *selulase* jamur tiram terhadap CMC dan jerami padi disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Kurva efektivitas enzim *selulase* pada proses hidrolisis terhadap CMC dan jerami padi

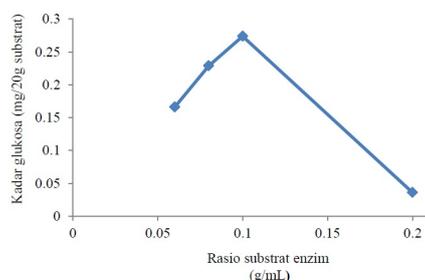
Aktivitas enzim selulase jamur tiram pada proses hidrolisis terhadap CMC dan jerami padi memberikan hasil yang baik dengan meningkatnya absorbansi glukosa. Dengan membandingkan pengujian efektivitas enzim *selulase* pada proses hidrolisis terhadap CMC dan serbuk jerami padi, maka enzim *selulase* cukup efektif dalam menghidrolisis selulosa pada jerami padi. Pada proses hidrolisis, dilakukan dengan menggunakan variasi rasio antara substrat (serbuk jerami padi) dengan enzim *selulase* (jamur tiram) yaitu 20 gram serbuk jerami padi dengan enzim *selulase* berturut-turut sebanyak 100 mL (0,20 g/mL), 200 mL (0,10 g/mL), 250 mL (0,08 g/mL), dan 300 mL (0,06 g/mL) yang diinkubasi pada suhu 50°C selama 2 jam. Setelah itu dididihkan selama 15 menit untuk menghentikan aktifitas enzim yang masih bekerja agar tidak terjadi peruraian saat dilakukan proses fermentasi. Hasil absorbansi dan kadar glukosa sampel hasil hidrolisis jerami padi ditunjukkan pada Tabel 2. dan Gambar 2.

Dihasilkan kadar glukosa yang semakin meningkat pada variasi rasio 0,06 sampai 0,10 g/mL kemudian kadar glukosa setelah variasi rasio 0,10 g/mL mengalami penurunan. Dari keempat variasi rasio, kadar glukosa yang dihasilkan tertinggi yaitu pada rasio substrat

dengan enzim sebesar 0,10 g/mL (20 g substrat : 200 mL enzim) dengan 0,2738 mg/20g substrat. Pada proses hidrolisis enzimatis ini, dipengaruhi beberapa faktor seperti suhu, pH, dan rasio enzim. Suhu di atas 50°C, kinerja enzim secara bertahap akan semakin berkurang dan jika suhu dinaikkan lagi maka enzim akan rusak sedangkan pada suhu rendah aktivitas enzim sangat berkurang. Enzim peka terhadap perubahan pH, jika medium menjadi sangat asam atau sangat alkalis, enzim dapat mengalami inaktivasi sehingga pada proses hidrolisis ini dilakukan pada pH netral agar reaksi berlangsung efektif.

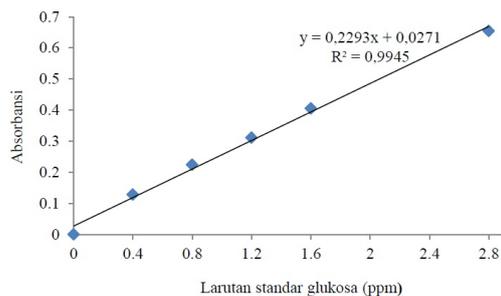
**Tabel 2.** Kadar glukosa pada variasi rasio substrat dengan enzim

Variasi rasio (g/mL)	Absorbansi	Kadar glukosa (ppm)	Kadar glukosa (mg/20 g substrat)
0,06	0,154	0,5534	0,1660
0,08	0,237	0,9154	0,2288
0,10	0,341	1,3689	0,2738
0,20	0,110	0,3615	0,0361



**Gambar 2.** Hubungan rasio substrat dengan enzim terhadap kadar glukosa

Untuk menentukan kadar glukosa yang dihasilkan, dibuat kurva kalibrasi larutan standar glukosa pada panjang gelombang maksimum yang telah dioptimasi yaitu 423 nm.



**Gambar 3.** Kurva kalibrasi larutan standar

Kadar glukosa yang dihasilkan setelah dilakukan hidrolisis dan diukur absorbansinya didapatkan untuk rasio 0,06; 0,08; 0,10 dan 0,20 g/mL berturut-turut sebesar 0,1660; 0,2288; 0,2738 dan 0,0361 mg/20 g substrat.

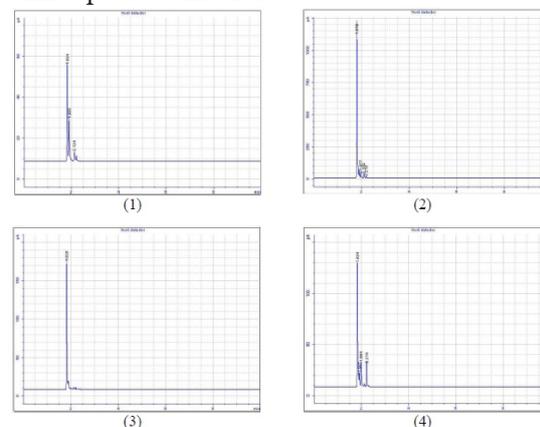
Pada proses fermentasi ini digunakan filtrat hasil hidrolisis yang memiliki kadar glukosa paling tinggi yaitu pada variasi rasio sebesar 0,10 g/mL dengan kadar glukosa sebesar 0,2738 mg/20 g substrat. Filtrat diatur

pHnya sampai 5 dengan menambahkan senyawa asam HCl 1N, kemudian ditambahkan nutrisi urea dan ammonium sulfat sebanyak 2 g. Variasi waktu fermentasi yang dilakukan yaitu 3, 6, 9, dan 12 hari. Reaksi yang terjadi pada proses fermentasi sebagai berikut.



Setelah fermentasi selesai, dilakukan proses destilasi untuk memisahkan etanol dari campuran hasil fermentasi. Dengan memanaskan larutan hasil fermentasi pada suhu rentang 78-80°C akan mengakibatkan sebagian besar bioetanol menguap. Destilat yang sudah diperoleh kemudian dilakukan analisis secara kualitatif dan kuantitatif terhadap destilat dengan uji  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan uji GC, FT-IR, serta GC-MS.

Kalium dikromat merupakan oksidator kuat, jika tereduksi maka larutan orange yang mengandung ion-ion dikromat (VI) ini akan mengalami perubahan warna menjadi sebuah larutan biru yang mengandung ion-ion kromium (III). Kadar destilat bioetanol diuji dengan kromatografi gas dan dibandingkan dengan etanol standar menghasilkan kadar yang berbeda-beda. Kromatogram GC hasil destilasi dari fermentasi glukosa 3, 6, 9 dan 12 hari dapat dilihat pada Gambar 4.

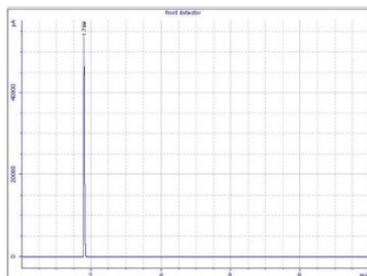


**Gambar 4.** Kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa (1) 3 hari, (2) 6 hari, (3) 9 hari, dan (4) 12 hari.

Hasil kromatogram GC destilat hasil fermentasi glukosa akan digunakan untuk menghitung kadar bioetanol yang dihasilkan dari setiap variasi waktu fermentasi dengan cara membandingkan luas area kromatogram sampel dengan kromatogram etanol standar. Kromatogram etanol standar disajikan pada Gambar 5.

Pengaruh variasi waktu pada proses fermentasi terhadap luas area kromatogram dan kadar masing-masing destilat hasil fermentasi

yang telah dibandingkan dengan etanol standar dapat dilihat dalam Tabel 3.

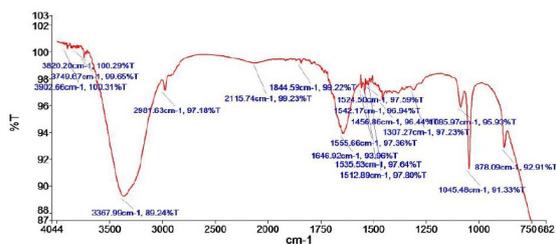


Gambar 5. Kromatogram GC etanol p.a

Tabel 3. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol

Sampel bioetanol	Waktu retensi (menit)	Area [pA*]	Volume destilat (mL)	Kadar bioetanol (%)
Destilat hasil fermentasi 3 hari	1,824	72,7088	2,0	0,0671
Destilat hasil fermentasi 6 hari	1,819	1927,4132	1,5	1,7793
Destilat hasil fermentasi 9 hari	1,825	276,4843	2,5	0,2552
Destilat hasil fermentasi 12 hari	1,824	203,3506	2,0	0,1877
Etanol p.a	1,799	108318,6615		98

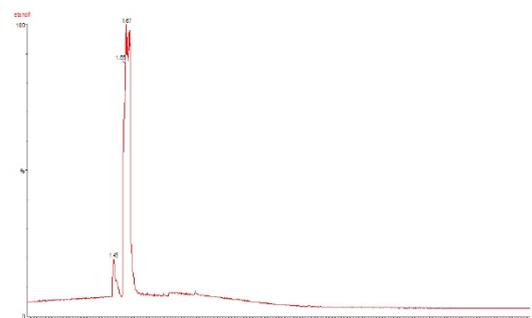
Kadar bioetanol tertinggi didapat pada saat waktu fermentasi optimum 6 hari yaitu 1,7793% dengan luas area sebesar 1927,4132. Pada hari ke-9 dan ke-12 kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami penurunan dikarenakan kinerja dari mikroba sudah terhambat dan menuju fase kematian mikroba. Dari keempat destilat, yang dianalisis dengan spektrofotometer IR dan GC-MS adalah pada waktu fermentasi 6 hari yang memiliki kadar bioetanol paling tinggi. Hasil spektrum IR ditunjukkan dalam Gambar 6.



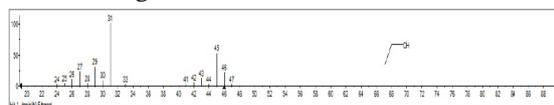
Gambar 6. Spektra FT-IR bioetanol serbuk jerami padi destilat hasil fermentasi 6 hari

Interpretasi spektrum IR bioetanol serbuk jerami padi untuk destilat hasil fermentasi hari ke-6 menunjukkan adanya serapan gugus -OH pada bilangan gelombang 3367,99 cm<sup>-1</sup>, pada bilangan gelombang 2981,63 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan gugus -CH (alifatik), pada bilangan gelombang 1456,86 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan gugus -CH<sub>2</sub>, pada bilangan gelombang 1307,27 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan gugus -CH<sub>3</sub>, dan pada bilangan gelombang

1045,48 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya serapan gugus -CO. Kromatogram GC-MS dan spektrum massa dari destilat fermentasi glukosa selama 6 hari disajikan pada Gambar 7. dan Gambar 8.

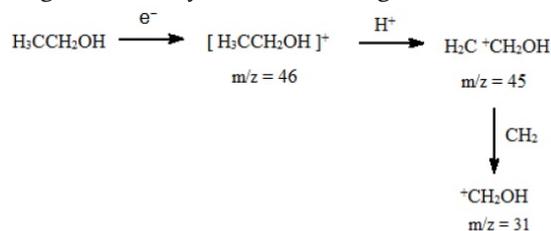


Gambar 7. Kromatogram GC-MS destilat hasil fermentasi glukosa 6 hari



Gambar 8. Spektrum massa destilat hasil fermentasi glukosa 6 hari

Kromatogram senyawa bioetanol hasil fermentasi muncul pada waktu retensi 1,669 dan pembacaan pada Mass Spectroscopy muncul Mr senyawa etanol yaitu Mr = 46. Pendekatan fragmentasi senyawa etanol sebagai berikut.



Gambar 9. Fragmentasi etanol

Pada fragmentasi etanol, gugus CH<sub>3</sub> (alkil) lebih mudah lepas dibandingkan dengan gugus OH, hal ini disebabkan gugus CH<sub>3</sub> memiliki energi ikatan yang lebih rendah dibandingkan dengan gugus OH. Gugus OH yang sulit terlepas mengakibatkan ion molekul bermuatan positif (Putri dan Sukandar; 2008).

**Simpulan**

Efektivitas pembuatan bioetanol dari selulosa jerami padi menggunakan enzim selulase jamur tiram setelah melalui proses delignifikasi, hidrolisis, fermentasi, dan destilasi dihasilkan kadar glukosa tertinggi pada rasio substrat dengan enzim sebesar 0,10 g/mL (20 g substrat : 200 mL enzim) dengan 0,2738 mg/20 g substrat. Waktu optimum fermentasi serbuk jerami padi yaitu pada fermentasi selama 6 hari dengan kadar bioetanol sebesar 1,78%.

**Daftar Pustaka**

- Aisyah, S.N. & K.C. Sembiring. 2009. *Bioproses dan Teknologi Pembuatan Bioetanol*. Tangerang: Pusat Penelitian Kimia-LIPI. Tahun ke-47. Nomor 1
- Anindyawati, T. 2010. Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik. Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI. *Berita Selulosa*, 45(2): 70-77
- Ariyani, E. 2013. *Produksi Bioetanol dari Jerami Padi (Oryza sativa L)*. Skripsi. Semarang. FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Noviani, H. 2013. *Hidrolisis dan Fermentasi Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon Laut Menjadi Bioetanol Menggunakan Saccharomyces cerevisiae*. Skripsi. Semarang. Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang
- Putri, L.S.E. & D. Sukandar. 2008. Konversi Pati Ganyong (*Canna edulis Ker.*) Menjadi Bioetanol melalui Hidrolisis Asam dan Fermentasi. UIN Syarif Hidayatullah. 9(2):112-116
- Safaria, S., N. Idiawati & T.A. Zaharah. 2013. Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. *JKK*, 2(1): 46-51
- Shofiyanto, M.E. 2008. *Hidrolisis Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultur Campuran*. Skripsi. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian IPB
- Syadzili, A. 2008. *Prospek Penerapan dan Pengembangan Bioetanol Kedepan di Indonesia dalam Sektor Perekonomian dan Supply Energi*. Malang. UIN
- Widjaja, A. & S. Gunawan. 2012. Pengembangan Teknologi Produksi Bioetanol Generasi 2 melalui Pemanfaatan Selulosa dan Hemiselulosa dalam Jerami Padi. *Prosiding InSINas 2012*. Surabaya. ITS
- Yulianto, M.E., I. Diyono, I. Hartati, R. Santiko, & F. Putri. 2009. Pengembangan Hidrolisis Enzimatis Biomassa Jerami Padi Untuk Produksi Bioetanol. *Simposium Nasional RAPI VIII 2009*. ISSN : 1412-9612