

# Biokonversi Kertas HVS Bekas menjadi Bioetanol dengan Variasi Kondisi Hidrolisis Asam dan Waktu Fermentasi

Pri Wahyu<sup>1)</sup>, Chairul<sup>2)</sup>, Yelmida<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia  
Laboratorium Teknologi Proses

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru  
28293

E-mail: [priwahyu90@gmail.com](mailto:priwahyu90@gmail.com)

## ABSTRACT

*Indonesia is one of the largest paper producing and exporting countries in the world. Along with the increasing production of paper, the amount of used paper in the world is increase, and in Indonesia also. Waste paper is a very large source of fiber, if this can be used properly, waste paper can produce bioethanol which is able to overcome the scarcity of fossil fuels. Every kilogram of waste paper can produce 0.28 liter of bioethanol with proper operation condition. The purpose of this study is to see the effect of the pretreatment process, find the best acid hydrolysis parameters, and also to find the optimum fermentation time of used HVS fiber with separate hydrolysis and fermentation (SHF) method. The sequence of this study is; pretreatment with NaOH solution for deinking process, then hydrolysis process with variation of acid concentration 2%, 4%, 6% dan 8% for two hours in variation temperature 120, 130 and 140 °C, and the last is fermentation. In the fermentation process, 1 gram Saccharomyces cerevisiae is added in to the sample and let the fermentation process is occur with time variation 24, 48, 72 and 96 hour. The maximum sugar concentration can produce from the hydrolysis process is 85,53 gr/l with acid concentration 8% and hydrolysis temperature 120 °C. The best time for fermentation is 72 hours with bioethanol produced 4%.*

**Keywords:** Bioethanol, fermentation, hydrolysis, Saccharomyces cerevisiae, waste paper.

### 1. Pendahuluan

Menurunnya jumlah produksi minyak mentah Nasional dapat menghambat laju pertumbuhan

ekonomi dan investasi di Indonesia.

Salah satu upaya untuk menyelesaikan permasalahan di atas adalah dengan meningkatkan penggunaan energi

terbarukan seperti pemanfaatan limbah biomassa menjadi bioetanol. Bioetanol adalah bahan bakar alternatif yang diolah dari sumber biologi yaitu tumbuhan, dimana memiliki keunggulan angka oktan yang cukup tinggi (129) dan mampu menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 1,3%. Bioetanol saat ini diproduksi umumnya berasal dari generasi pertama, yaitu etanol yang berasal dari gula (tebu) atau pati-patian (singkong, jagung, dll). Bahan bahan tersebut adalah bahan pangan, sehingga akan menimbulkan permasalahan penyediaan pangan serta kenaikan harga pangan jika bahan tersebut digunakan dengan jumlah besar untuk pembuatan bioetanol. Pilihan yang paling menarik dan efisien adalah dengan memanfaatkan bahan limbah yang ada sebagai bahan baku. Ada beberapa sektor yang dapat dimanfaatkan untuk pilihan tersebut yaitu sektor limbah kehutanan, limbah pertanian, dan limbah industri misalnya kertas (Tajalli, 2015). Kertas bekas memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku bioetanol karena memiliki kandungan selulosa yang

tinggi yaitu sekitar 90% (Taruna dkk, 2010). Komposisi kertas dan kandungannya dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

**Tabel 1.** Komposisi bahan penyusun kertas.

Parameter	% Komposisi
Selulosa	85 %
Hemiselulosa	8 %
Lignin	5 %
Senyawa abu	2 %

(Taruna, dkk. 2010).

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah Kertas HVS bekas dari limbah perkantoran PT. RAPP. Asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 96%, NaOH (1,5%), dan HCl 0.1 N. Bahan-bahan pendukung lainnya yang digunakan adalah aquadest, reagen Antron, urea dan ragi (*Saccaromyces cerevisiae*). Untuk berlangsungnya reaksi dipakai bio reaktor dengan *hot plate stirrer*. Untuk pengukuran kadar glukosa digunakan spektrofotometer

UV-Vis, serta alkohol meter. Alat pendukung lainnya yaitu termometer, tabung reaksi, neraca analitik, blender, wadah penampungan, botol kaca, pipet volume, stop watch, labu ukur, pH meter, alat penyaring, botol kaca, selang plastik, spatula, dan kertas saring.

## 2.2 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini ialah waktu hidrolisis: 120 menit (Sari, 2012), berat kertas: 100 gram (Sari, 2012), berat ragi: 10% Sampel (R. Maceiras, 2016), Padatan: Larutan: 1 : 30 (R. Maceiras, 2016), waktu inokulasi: 24 jam (Amalia, 2014), pH fermentasi: 4,5 (Sari, 2012), Volume inokulum: 10% (v/v) (Kusumaningati dkk, 2013), Berat urea: 1 gram, pengadukan: 150 rpm (R. Maceiras, 2016). Variabel yang berubah pada penelitian konversi kertas HVS bekas menjadi bioethanol ini adalah konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 2, 4, 6, dan 8 % volume, temperature hidrolisis 120, 130, 140 °C, dan waktu fermentasi 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam (T. Indah Sari, 2012).

## 2.3 Rancangan Percobaan

Secara garis besar tahapan penelitian ini terdiri atas empat tahap. Tahap pertama ialah persiapan bahan baku dari kertas bekas menjadi bubuk kertas yang bebas dari tinta. Tahap kedua yaitu menghidrolisis selulosa yang ada di kertas bekas dengan menggunakan senyawa kimia asam sulfat dan menganalisa gula awal hasil dari hidrolisis tersebut. Tahap ketiga yaitu mengubah larutan gula menjadi alkohol (bioetanol) dengan cara fermentasi menggunakan yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Dan tahap keempat yaitu melakukan analisa hasil kadar bioetanol yang didapat.

## 2.4 Prosedur Penelitian

### 2.4.1 Persiapan Sampel

Bagian kertas bekas didipotong sebesar 5x5. Sampel kertas dihancurkan dengan menggunakan blender komersial dengan ditambahkan 300 ml air dan NaOH 1.5% volume. Selanjutnya dilakukan pencucian dan penyaringan bubuk kertas. Lakukan pengukuran pH sampel dan pastikan pH sampel netral. Bubur kertas

kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kadar airnya. (Seftian dkk, 2012).

#### **2.4.2 Hidrolisis Asam**

Encerkan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 96% berdasarkan persentase volume yang telah ditetapkan ke dalam labu ukur. Kertas yang telah melalui tahap *pretreatment* dimasukkan kedalam bio reaktor, selanjutnya tambahkan  $H_2SO_4$  yang telah dibuat sebelumnya dengan perbandingan 1: 30 (b/v). Reaktor yang berisi sampel selanjutnya diletakkan di atas *hot plate* yang dilengkapi dengan pengaduk magnetik selama 120 menit dengan variabel temperatur yang telah ditetapkan. Setelah waktu reaksi yang ditetapkan tercapai, lakukan pendinginan dan penyaringan terhadap sampel hasil hidrolisa. Sampel hasil hidrolisa diambil sebagian untuk dilakukan pengecekan kandungan gulanya. Hasil proses hidrolisa yang menghasilkan kandungan gula terbaik akan diambil untuk selanjutnya dilakukan proses fermentasi.

#### **2.4.3 Pembuatan Inokulum**

Lakukan pengukuran pH hasil hidrolisis dengan pH meter, lakukan penambahan NaOH sedikit demi sedikit sampai pH menjadi 4-5. Ambil 20 ml larutan hidrolisa dan masukkan kedalam erlenmeyer serta tambahkan 0.1 gram urea. Sebelum di inokulasi, medium disterilisasi ke dalam autoclave dengan temperatur  $121^\circ C$  selama 15 menit, setelah itu medium inokulum didinginkan hingga mencapai temperatur ruang. Setelah temperatur medium inokulum mencapai temperatur ruang, yeast dimasukkan sebanyak 1 gram lalu diinokulasikan selama 24 jam dan diaduk.

#### **2.4.4 Tahap Fermentasi**

Cairan hasil proses hidrolisis dimasukkan kedalam unit fermentor. Substrat untuk fermentasi sebanyak 200 ml yang terdiri dari 180 ml cairan hasil hidrolisis dan inokulum sebanyak 20 ml. Kemudian ditambahkan nutrisi  $(NH_2)_2CO$  sebanyak 0,9 gram ke dalam fermentor. Sampel fermentasi dan rangkaian alat fermentor dibuat sebanyak 4 buah untuk mewakili

variasi waktu fermentasi 48 jam, 96 jam, 144 jam, dan 192 jam. Setelah waktu fermentasi tercapai, sampel hasil fermentasi dianalisa kadar glukosa sisa dan bioetanol yang dihasilkan.

#### **2.4.5 Tahap Pemisahan**

Larutan sampel hasil fermentasi yang didapat kemudian diambil 100 ml untuk dipisahkan bioetanol dengan pengotornya menggunakan *rotary vacuum evaporator* dan 20 ml digunakan untuk analisa kadar gula sisa. Prinsip utama *rotary vacuum evaporator* yaitu terletak pada penurunan tekanan sehingga pelarut dapat menguap pada suhu dibawah titik didihnya yakni 70 °C.

#### **2.4.6 Analisa Hasil**

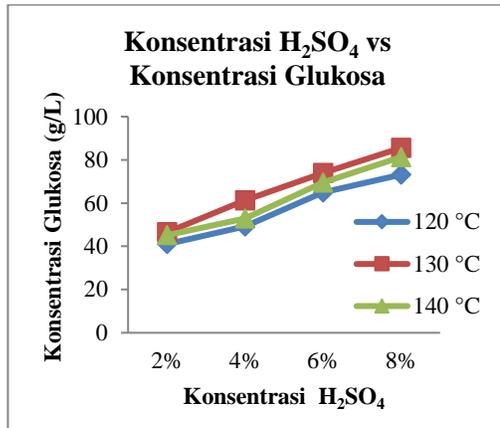
Pada penelitian ini parameter yang di analisa yaitu konsentrasi bioetanol dan konsentrasi glukosa. Konsentrasi glukosa dianalisa dengan metode antrone. Sedangkan untuk penentuan kadar bioetanol dilakukan dengan menggunakan alkoholmeter

dengan membandingkan berat jenis antara larutan air dan alkohol.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

#### **3.1 Hidrolisis Kertas HVS bekas**

Reaksi hidrolisis secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam encer maupun asam pekat. Menurut Kardono (2010) hidrolisis menggunakan asam sulfat dapat menghasilkan rendemen (*yield*) lebih tinggi dibandingkan hidrolisis dengan menggunakan asam klorida. Oleh karena itu, pada penelitian ini selulosa dihidrolisis menggunakan larutan asam sulfat dengan variasi konsentrasi asam dan temperatur hidrolisis. Konsentrasi glukosa yang didapat setelah proses hidrolisis pada masing-masing kondisi dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



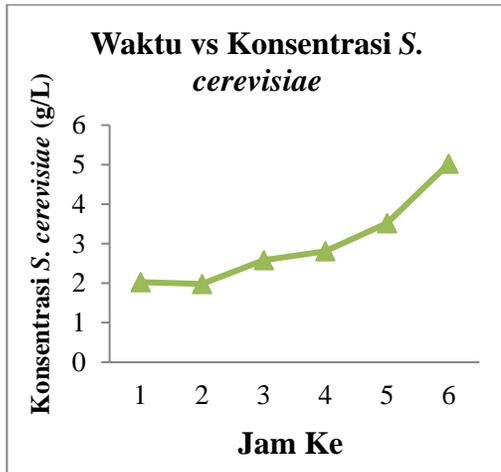
**Gambar 1** Konsentrasi Larutan Glukosa Awal Hasil Hidrolisis Asam.

Gambar 1 di atas menunjukkan konsentrasi larutan glukosa yang diperoleh dari proses hidrolisis kertas bekas yang selanjutnya akan digunakan sebagai medium fermentasi. Hasil glukosa terbaik didapat pada konsentrasi asam sulfat 8% dan temperatur hidrolisis 130 °C yaitu 85,53 g/L. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan, maka glukosa yang dihasilkan akan semakin tinggi pula (Tahezadeh dan Karimi, 2007). Berbeda dengan parameter temperatur hidrolisis, dimana temperatur memiliki nilai optimal, jika temperatur hidrolisis terlalu tinggi glukosa yang pecah akan berubah menjadi arang dan produk

samping seperti *5-hydroxymethyl furfural* (HMF), *levulinic acid*, asam asetat, asam format, asam uronic, *4-hydroxybenzoic acid*, *vanilic acid*, vanillin, fenol, *cinnamaldehyde*, dan formadehid (Haryani dkk, 2015).

### 3.2 Analisa Berat Kering Sel Inokulum

Analisa berat kering sel inokulum ini digunakan untuk melihat dan mengukur pertumbuhan sel selama fase inokulasi. Hal ini dilakukan untuk melihat apakah mikroba dapat menyesuaikan diri dan berkembang biak saat proses inokulasi sehingga dapat memperpendek masa penyesuaian mikroba dengan lingkungannya (fase lag) pada saat fermentasi. Sampel diambil pada waktu 4 jam, 8 jam, 12 jam, 16 jam, 20 jam, dan 24 jam. Sampel diambil 10 ml untuk mengukur berat kering sel kemudian dioven dan ditimbang sampai beratnya konstan. Gambar 2 berikut merupakan hasil pengukuran berat kering sel *S. cerevisiae* selama proses inokulasi gula dari kertas bekas.

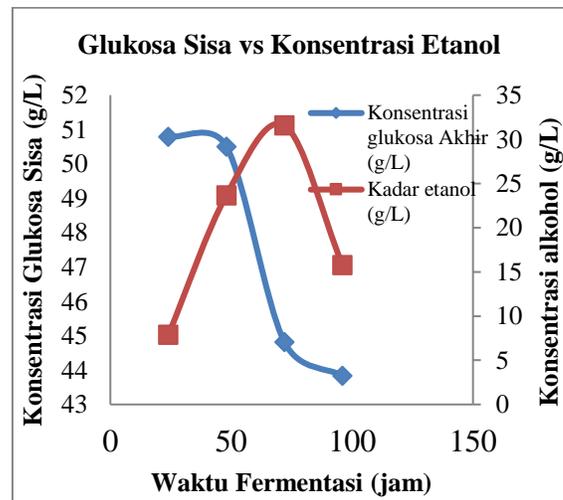


**Gambar 2** Pengukuran Konsentrasi *Sacromices Cerevisiae* Dalam Media Inokulum.

Berdasarkan Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa konsentrasi sel meningkat pada akhir waktu inokulasi. Hal ini menandakan pada awal inokulasi, sel membutuhkan waktu untuk penyesuaian sehingga konsentrasi sel lebih rendah, setelah memasuki waktu 24 jam, konsentrasi sel sudah mulai meningkat yang berarti, sel sel sudah mulai melakukan pertumbuhan dan perkembangbiakan. Peningkatan berat kering sel ini sangat penting untuk fase selanjutnya yaitu fase eksponensial dan stasioner.

### 3.3 Hubungan Konsentrasi Glukosa Terhadap Konsentrasi Bioetanol

Glukosa adalah medium pertumbuhan mikroba selama proses fermentasi, artinya glukosa akan digunakan sebagai sumber makanan oleh mikroorganismenya *S.cerevisiae* untuk menghasilkan alkohol atau bioetanol. Sejalan dengan hal tersebut, konsentrasi glukosa akan menurun seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Gambar 3 berikut ini menunjukkan jumlah penurunan kadar glukosa pada awal dan akhir fermentasi untuk masing masing waktu.



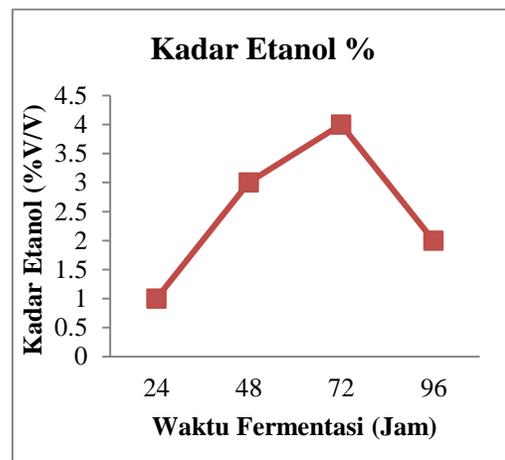
**Gambar 3** Hubungan Waktu Fermentasi, Konsentrasi Glukosa Sisa dan Kadar Bioetanol.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa sisa dengan kadar bioetanol yang terbentuk. Secara keseluruhan, dengan berkurangnya konsentrasi glukosa maka kadar bioetanol akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa glukosa yang di konsumsi oleh mikroba akan dikonversi menjadi bioetanol. Tetapi jika dilihat terhadap penurunan konsentrasi glukosa, tidak semua glukosa yang dikonsumsi oleh mikroba dikonversi menjadi bioetanol. Maharani (2011) mengatakan bahwa glukosa pada proses fermentasi tidak hanya diubah menjadi bioetanol saja tetapi juga digunakan untuk pembentukan sel dan juga untuk pembentukan metabolit sekunder seperti asam piruvat.

### 3.4 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Konsentrasi Bioetanol

Bioetanol adalah produk akhir yang diinginkan dalam proses fermentasi, Gambar 4 berikut memperlihatkan hubungan antara

waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan.



**Gambar 4** Hubungan antara Waktu Fermentasi terhadap Konsentrasi Bioetanol.

Gambar 4. di atas menunjukkan hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol yang diperoleh. Pada waktu fermentasi 24 jam sampai 72 jam terjadi peningkatan kadar bioetanol. Konsentrasi bioetanol tertinggi yaitu 4% (v/v) pada waktu fermentasi 72 jam. Pada waktu fermentasi 96 jam kadar bioetanol menurun ke angka 2 %, hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu karena adanya bioetanol yang menguap pada proses pemurnian, serta

berkurangnya aktivitas mikroba oleh menurunnya kadar gula pada saat akhir fermentasi sehingga *S. cerevisiae* kehabisan nutrisi untuk bertahan hidup dan mengalami fase kematian. Selanjutnya bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam – asam organik lainnya akibat terjadi reaksi oksidasi bioetanol (Purwoko, 2007).

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sintesa bioetanol menggunakan bahan baku Kertas HVS bekas dengan metode *separate hydrolysis and fermentation* (SHF), dimana proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah. Hidrolisis menggunakan larutan  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi terbaik 8%, dan temperature 120 °C dengan perolehan kadar glukosa sebanyak  $\pm 85$  gr/L.
2. Waktu fermentasi terbaik diperoleh pada jam ke 72 dengan konsentrasi bioetanol yang diperoleh sebesar 4% v/v.

Adapun saran pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan proses *pretreatment* yang lebih baik terhadap proses penghilangan tinta kertas bekas. Hal ini bisa dilakukan dengan menambahkan proses flotasi.
2. Perlu dilakukan penelitian *acid pretreatment* menggunakan  $H_2SO_4$  pada temperatur rendah.
3. Pada penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan jumlah variasi ragi yang lebih tinggi dari 10% v/v
4. Pada saat pemurnian bioetanol perlu dilakukan dengan hati hati agar bioetanol tidak menguap.
5. Perlu dilakukan pengukuran kadar bioetanol menggunakan alat ukur yang lebih teliti.

#### Daftar Pustaka

- Anindyawati, T. 2009. Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Selulosa*, Vol 44 (01). Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI. Bogor

- Delcampo, I., Alegria, I., Zazpe, M., Echeverria, M., dan Echeverria, I. 2006. Diluted acid hydrolysis pretreatment of agri-food wastes for bioethanol production. *Industrial Corps and Products*. 24: 214 – 222.
- Fatmawati, A., dan Rudy, A. 2014. Model Dinamika Orde Satu untuk Menentukan Parameter Kinetika Reaksi Hidrolisa Enzimatis Sabut Kelapa. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjo XI*. Program Studi Teknik Kimia. Universitas Surabaya.
- Ozvaldo, Z. S., Panca Putra S., dan M. Faizal, 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam Dan Waktu Pada Proses Hidrolisis Dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- R. Maceiras, V. Alvonsin. 2016. Bioethanol Production from Waste Paper Office. *International Scientific Journal*. Diambil dari [www.environment.scientific-journal.com](http://www.environment.scientific-journal.com) (31 Oktober 2017).
- Sari, Tuti Indah., Maryadi, & Muhammad Haviz. 2012. Pembuatan Bioetanol dari Koran Bekas dengan Hidrolisis Asam Encer (Studi Pengaruh Konsentrasi, Waktu, dan Temperatur Hidrolisis). *Prosiding SNTK TOPI 2012*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Seftian, D., Antonius, F., dan Faizal, M. 2012. Pembuatan Etanol dari Kulit Pisang Menggunakan Metode Hidrolisis Enzimatik dan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 1 (18), Universitas Sriwijaya. Palembang.