

## SELEKSI SENYAWA PENHIDROLISIS UNTUK MENGHASILKAN GULA REDUKSI DARI LIMBAH KULIT ARI KEDELAI SEBAGAI BAHAN FERMENTASI BIOETANOL

### *(Solvent Screening for Hydrolisis Process to Produce Reducing Sugar from Soybean Husk as Permentation Material for Bioethanol)*

Zulkifliani<sup>1)</sup>, Siska Handayani<sup>2\*)</sup>, Adisyahputra<sup>2)</sup>, dan Emi Yuliarita<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”  
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan  
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

<sup>2\*)</sup>Korespondensi Penulis: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Jakarta (UNJ)  
Jl. Pemuda No. 10 Rawamangun, Jakarta Timur, Indonesia  
Telepon: +62-21-4894909

E-mail: [zulkifliani@lemigas.esdm.go.id](mailto:zulkifliani@lemigas.esdm.go.id); [emiy@lemigas.esdm.go.id](mailto:emiy@lemigas.esdm.go.id)  
[siskahdy@hotmail.com](mailto:siskahdy@hotmail.com)

Teregistrasi I tanggal 30 Januari 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal 23 Maret 2017;  
Disetujui terbit tanggal: 28 April 2017

#### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui senyawa yang paling efektif untuk menghidrolisis kulit ari kedelai dalam menghasilkan gula sebagai bahan baku fermentasi bioetanol. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah jenis senyawa yang digunakan dalam proses hidrolisis yaitu senyawa asam dan basa yang terdiri dari  $H_2SO_4$ , HCl, NaOH, dan  $NH_3$ . Faktor kedua adalah konsentrasi senyawa penghidrolisis 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% (v/v) dengan masing-masing perlakuan digunakan pengulangan sebanyak 4 kali. Parameter yang diukur adalah kandungan gula reduksi hasil hidrolisis, dengan data sekunder yaitu kandungan selulosa dan hemiselulosa serta berat jenis etanol. Data konsentrasi gula reduksi hasil hidrolisis dari limbah kulit ari kedelai dianalisis dengan uji anava dua arah. Hasil analisis anava menunjukkan bahwa senyawa penghidrolisis terbaik dalam menghidrolisis limbah kulit ari kedelai adalah HCl dengan konsentrasi optimum 0,4%. Serta terdapat interaksi perlakuan senyawa penghidrolisis serta konsentrasinya terhadap konsentrasi gula reduksi (mg/mL) yang dihasilkan dari hidrolisis limbah kulit ari kedelai. Uji *post-hoc* menunjukkan bahwa senyawa HCl 0,4% menghasilkan konsentrasi gula reduksi tertinggi, yaitu 31,23 mg/mL.

**Kata Kunci:** bioetanol, hidrolisis, gula reduksi, kulit ari kedelai

#### ABSTRACT

*This study aims to determine the most effective solvent used to hydrolyze soy husk waste to produce reducing sugar as a feedstock for bioethanol fermentation. The method used is experiment using a randomized block design consisting of two factors. The first factor is the type of compounds used in the hydrolysis process, comprising acid and base compounds:  $H_2SO_4$ , HCl, NaOH, and  $NH_3$ . The second factor is the concentration of hydrolyze compound 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, and 1% (v/v) and every treatment repeated 4 times. Measurement parameters content of reduced sugar, hydrolysis product, and secondary data that content of cellulose and hemicellulose also the density of ethanol. Concentration of reducing sugar from hydrolysis of soybean husk is analyzed by two-way ANOVA test. ANOVA analysis result indicate that the best hydrolysis compounds in hydrolizing soybean husk is HCl with*

the optimum concentration is 0,4%. And there are interactions between treatment of compound used to hydrolyze as well as concentration on reducing sugar concentration (mg/mL) as product from soybean husk waste hydrolysis. Post-hoc test showed that 0,4% HCl produce the highest concentration of reducing sugar at 31.23 mg/mL.

**Keywords:** bioethanol, hydrolysis, reducing sugar, soybean husk.

## I. PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan suatu energi terbarukan yang dibuat dari biomassa (tanaman) melalui proses biologi (enzimatik dan fermentasi). Karbohidrat mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai etanol melalui fermentasi. Untuk mengurangi pemanfaatan bahan pangan sebagai bahan baku energi terbarukan, maka dikembangkan pemanfaatan residu atau limbah agroindustri.

Salah satu limbah/residu agroindustri yang potensial untuk dimanfaatkan yaitu kulit ari kedelai. Kulit ari kedelai banyak dihasilkan dari industri tempe. Tetapi, sampai saat ini masih dibuang dan sebagian untuk pakan ternak (Wachid 2011). Salah satu aspek yang unik dari kulit ari kedelai adalah kandungan lignin yang rendah, sehingga memudahkan dalam menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa. Menurut Peruzza (2010), kandungan selulosa dalam kulit ari kedelai cukup tinggi, yaitu 48,0% dari berat kering. Proses hidrolisis selulosa dan hemiselulosa dapat menghasilkan glukosa.

Salah satu cara yang dilakukan untuk pemecahan selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer-monomernya yaitu proses hidrolisis. Salah satu metode yang paling umum digunakan dalam proses hidrolisis adalah hidrolisis secara kimia. Hidrolisis secara kimia umumnya menggunakan asam dan basa. Menurut Oktavianus (2013), asam yang umum digunakan dalam proses hidrolisis antara lain asam sulfat dan asam klorida. Sedangkan larutan basa yang umum digunakan adalah kalsium hidroksida, natrium hidroksida dan ammonia (Harmsen et al. 2010). Optimasi penggunaan senyawa penghidrolisis dan penentuan optimasi konsentrasinya belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui senyawa penghidrolisis dan penentuan konsentrasi optimal untuk menghidrolisis kulit ari kedelai dalam menghasilkan gula reduksi sebagai bahan baku fermentasi bioetanol.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Preparasi Biomassa

Kulit ari kedelai diperoleh dari salah satu pabrik tempe skala rumahan di daerah Srengseng, Jakarta

Barat. Kulit ari kedelai dijemur hingga kering kemudian digiling hingga ukurannya menjadi lebih kecil hingga mencapai 2 kg berat kering biomassa, selanjutnya dilakukan pengayakan dengan ukuran 2 mm, dan disimpan dalam wadah tertutup.

### B. Hidrolisis

Botol reaksi diisi dengan 10% biomassa (kulit ari kedelai) dan konsentrasi senyawa ( $H_2SO_4$ , HCl, NaOH dan  $NH_3$ ) sesuai dengan perlakuan, yaitu 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8% dan 1% (v/v). Bahan yang telah dicampurkan kemudian diautoklaf pada suhu 121°C selama 30 menit. Diperlukan proses penyaringan untuk memisahkan antara residu dan filtrat biomassa. Hasil hidrolisis terbaik di lihat dari konsentrasi gula reduksi setelah proses hidrolisis.

### C. Biakan Khamir Komersial *S. cerevisiae*

Khamir komersial *S. Cerevisiae* dari Fermipan™ dengan pengenceran  $10^{-8}$  dibiakkan pada medium PDA dengan cara memipet 0,1 mL larutan, kemudian disebarkan pada permukaan medium secara merata dengan triglaski, medium didiamkan selama 48 jam sampai koloninya tumbuh. Peremajaan *S. cerevisiae* dilakukan dengan pengambilan satu ose kultur khamir secara aseptis untuk digoreskan pada media PDA miring dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Media agar yang berisi *S. cerevisiae* disimpan dalam suhu sekitar 5°C untuk dijadikan stok kultur. Dalam penelitian ini tidak dilakukan uji biokimia untuk *S. cerevisiae*. Oleh karena itu, disebutkan sebagai khamir komersial saja. Khamir komersial memiliki bentuk koloni yang hampir sama dengan koloni *S. cerevisiae* ATCC 19433 dalam penelitian Idral (2012). Secara makroskopik, koloni khamir komersial (*S. cerevisiae*) berbentuk bulat, berwarna putih kekuningan, permukaan berkilau, licin dan tekstur lunak. Pengamatan sel khamir secara mikroskopik dilakukan dengan pewarnaan sederhana menggunakan *methylen blue*.

Pembuatan Kurva Pertumbuhan dan Laju Pertumbuhan Khamir Komersial *S. Cerevisiae* dibuat dengan biakan khamir dari media padat diinokulasi dalam 100 mL media cair Potato Dextrose Broth (PDB), kemudian diinkubasi pada suhu 37°C dan kecepatan 100 rpm. Pembuatan kurva

tumbuh dilakukan dengan metode TPC (*Total Plate Count*) setiap 2 jam. Penanaman biakan dilakukan secara duplo. Biakan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Laju pertumbuhan dihitung dengan menggunakan rumus (Fardiaz 1992):

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_o}{T_t - T_o}$$

dimana  $N_t$  adalah jumlah sel pada waktu  $t$ ,  $N_o$  adalah jumlah sel awal,  $T_t$  adalah waktu  $t$  dan  $T_o$  adalah waktu awal. Umur inokulum terbaik ditunjukkan oleh waktu dengan laju pertumbuhan mikroba yang tertinggi.

#### D. Fermentasi

Dari keempat senyawa yang digunakan, senyawa dengan hasil hidrolisis terbaik digunakan untuk fermentasi etanol. Proses fermentasi dilakukan dengan mencampurkan 100 mL hidrolisat kulit ari kedelai yang memiliki konsentrasi gula reduksi tertinggi dengan 10% inokulum *S. cerevisiae*, pH awal diatur pada 4,5. Fermentasi dilakukan selama 4 hari pada suhu 37°C. Proses pemisahan etanol dari kaldu fermentasi dilakukan menggunakan proses distilasi pada suhu 78°C.

#### E. Metode analisis

Berat jenis etanol hasil fermentasi hidrolisat kulit ari kedelai dianalisis menggunakan piknometer.

Kandungan selulosa dan hemiselulosa kulit ari kedelai dianalisis di Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta menggunakan metode *Chesson*. Analisis selulosa dan hemiselulosa dilakukan pada kulit ari kedelai sebelum dan sesudah proses hidrolisis menggunakan senyawa dan konsentrasi pelarut terbaik.

Uji gula reduksi dengan metode *Dinitrosalicylic Acid Reagent* (DNS). Sebanyak 3 mL larutan dipipet ke dalam kuvet. Lalu 3 mL DNS reagent ditambahkan dan dipanaskan dalam *waterbath* selama 5 menit. Ketika isi tabung reaksi masih hangat, ditambahkan 1 mL 40% *Rochelle salt solution*. Didinginkan hingga mencapai suhu ruangan dan dibaca intensitas warna merah tua pada panjang gelombang 575 nm. Untuk menentukan konsentrasi gula reduksi pada sampel, dibuat kurva standar glukosa (Miller 1959). Perhitungan kadar gula reduksi:

$$y = ax + b$$

Keterangan:

$y$  : Nilai absorbansi

$x$  : Kadar gula yang dicari

$a$  &  $b$  : Nilai pada persamaan regresi larutan standar

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Senyawa Penghidrolisis Terbaik

Dari hasil percobaan diketahui bahwa kenaikan jumlah gula reduksi secara umum terjadi pada konsentrasi senyawa penghidrolisis sekitar 0,4% (Tabel 1). Penambahan konsentrasi senyawa penghidrolisis tampaknya akan menyebabkan gugus radikal bebas yang dibentuk akan lebih banyak. Hal tersebut menyebabkan semakin rendahnya proporsi air sebagai penyedia kebutuhan  $\text{OH}^-$  (dari ionisasi  $\text{H}_2\text{O}$ ) sebagai pengikat radikal bebas. Akibatnya glukosa yang dihasilkan semakin sedikit (Lavarack et al. 2002).

Hasil analisis anava menunjukkan bahwa terdapat interaksi perlakuan senyawa penghidrolisis serta konsentrasinya terhadap konsentrasi gula reduksi (mg/ml) yang dihasilkan dari hidrolisis kulit ari kedelai. Uji *post-hoc* menunjukkan bahwa yang memiliki kemampuan hidrolisis terbesar adalah HCl 0,4%. Pada HCl 0,4% konsentrasi gula reduksi yang dihasilkan secara signifikan lebih banyak dibandingkan dengan jenis senyawa dan konsentrasi lainnya sebesar 31,23 mg/mL.

Selain itu, menurut Tewari (1986), peningkatan konsentrasi senyawa penghidrolisis yang digunakan akan menurunkan glukosa yang dihasilkan karena glukosa yang terbentuk akan terdegradasi lebih lanjut menjadi senyawa-senyawa furfural, seperti hidroksimetil furfural.

Hidrolisis menggunakan asam memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan basa. Ikatan glikosidik lebih mudah dihidrolisis oleh asam tetapi tidak oleh basa. Proses hidrolisis menggunakan basa disertai pemanasan memungkinkan terjadinya saponifikasi pada ikatan ester dari residu lignin, serta membuat struktur hemiselulosa menjadi lebih terbuka. Proses ini memungkinkan hemiselulosa ikut terhidrolisis, karena struktur hemiselulosa yang sangat bercabang dan tidak teratur sehingga struktur kristalin yang ikatannya sangat kuat hanya sedikit ada di hemiselulosa (Harmsen et al. 2010).

Hidrolisis dengan menggunakan asam mampu memecah lignin dan polimer gula seperti selulosa dan hemiselulosa. Menurut Balat et al. (2008), pada proses hidrolisis dengan asam, gugus  $\text{H}^+$  dari asam

**Tabel 1**  
**Rerata konsentrasi gula reduksi dari hidrolisat kulit ari kedelai (mg/mL) (Rerata ± SE)**

Senyawa	%				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	27,15 ± 2,45	25,76 ± 23,01	3,63 ± 4,10	2,33 ± 0,54	2,75 ± 0,95
HCl	17,85 ± 1,67	<b>31,23 ± 2,75</b>	27,63 ± 3,92	18,09 ± 4,99	8,13 ± 3,40
NaOH	10,98 ± 1,90	16,43 ± 3,07	14,13 ± 2,22	11,05 ± 2,85	8,55 ± 1,06
NH <sub>3</sub>	7,44 ± 0,94	9,88 ± 1,16	9,39 ± 0,97	8,59 ± 1,03	7,62 ± 1,92

dapat memecah ikatan glikosidik pada selulosa maupun hemiselulosa, sehingga akan terbentuk monomer-monomer gula sederhana. Monomer gula yang dihasilkan masih dalam gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas kemudian akan berikatan dengan gugus OH dari air dan bereaksi pada suhu 120-160<sup>0</sup>C menghasilkan gula reduksi (Lavarack et al. 2002).

Terdapat perbedaan konsentrasi gula reduksi dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan HCl (Tabel 1). Hidrolisis dengan HCl lebih tinggi dibandingkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> karena HCl memiliki tetapan ionisasi asam (K<sub>a</sub>) yang lebih tinggi. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki nilai K<sub>a</sub> sebesar 1,0 x 10<sup>3</sup>, sedangkan K<sub>a</sub> untuk HCl yaitu 1,3 x 10<sup>6</sup> (ncsu.edu 2015).

Penelitian ini berkorelasi dengan penelitian yang dilakukan oleh Irawan (2012) dan Saputra (2010) dengan bahan organik sampah Kota Samarinda dengan konsentrasi dan waktu hidrolisis yang sama. Irawan (2012) melakukan proses hidrolisis dengan asam klorida encer, sedangkan Saputra (2010) menggunakan asam sulfat. Konsentrasi gula yang dihasilkan dari hidrolisis asam klorida 1,75 kali lebih banyak dan rendemen gula 1,71 kali lebih tinggi.

## B. Kandungan Selulosa dan Hemiselulosa

Hasil analisis kandungan selulosa dan hemiselulosa menunjukkan bahwa kulit ari kedelai sebelum hidrolisis memiliki kandungan 54% selulosa dan 20,96% hemiselulosa (Tabel 2). Hasil ini tidak jauh berbeda seperti pernyataan Peruzza (2010), yang menyatakan bahwa pada kulit ari kedelai terdiri dari 48% selulosa dan 17% hemiselulosa.

Hasil analisis kulit ari kedelai sebelum dan sesudah hidrolisis asam (HCl 0,4%) disajikan pada Tabel 2. Proses hidrolisis dengan asam (HCl 0,4%) telah mengakibatkan penurunan hemiselulosa

sebesar 45,56% dan meningkatkan kandungan selulosa sebesar 20,15%. Hal ini dikarenakan asam yang digunakan pada hidrolisis akan memutus ikatan komponen lignoselulosa sehingga jumlah kandungannya akan berubah.

Pemutusan ikatan glikosidik pada hemiselulosa ditandai dengan penurunan kandungan hemiselulosa pada kulit ari kedelai hasil hidrolisis. Penurunan ini disebabkan ikatan glikosidik pada hemiselulosa diputus oleh katalis asam menghasilkan monomer gula penyusunnya seperti xilosa, arabinosa dan glukosa.

Molekul hemiselulosa lebih mudah untuk dihidrolisis dibanding selulosa karena strukturnya yang bercabang sehingga umumnya hemiselulosa tidak berbentuk Kristal (Balat et al. 2008). Berbeda dengan hemiselulosa, ternyata proses hidrolisis dengan HCl 0,4% meningkatkan kandungan selulosa sebesar 20,15%. Kenaikan kandungan selulosa karena selulosa yang awalnya masih berikatan dengan lignin menjadi terlepas setelah hidrolisis.

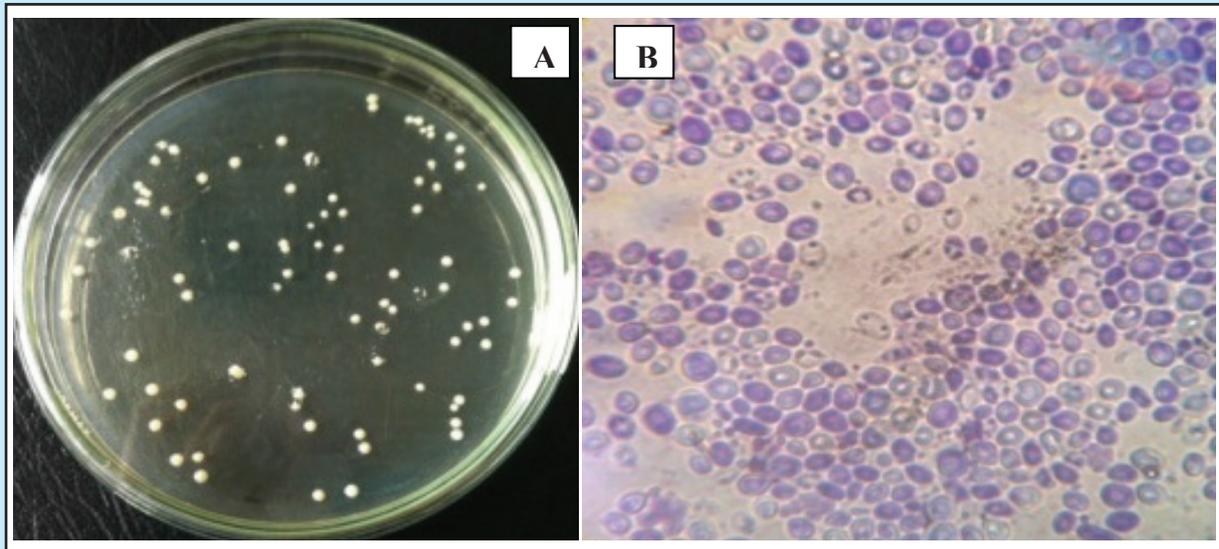
Proses hidrolisis pada suhu tinggi dapat membantu melepaskan lignin dari selulosa dan hemiselulosa serta memecah lignin menjadi partikel yang lebih kecil (Taherzadeh & Karimi 2007). Xu (2009) melakukan penelitian tentang hidrolisis dari tebon jagung (*corn stover*). Hidrolisis dilakukan dengan asam formiat (CH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pada konsentrasi 4%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selulosa mengalami peningkatan, seperti dalam penelitian ini. Selulosa meningkat dari 36,90% menjadi 55,26% setelah proses hidrolisis.

## C. Biakan Khamir Komersial (*S. cerevisiae*)

Pengamatan sel khamir (*S. cerevisiae*) secara makroskopik dan mikroskopik pada Media PDA, Umur 24 Jam dan Suhu Inkubasi 37<sup>0</sup>C nampak pada Gambar 1. Secara mikroskopik, terlihat bahwa sel

**Tabel 2**  
Kandungan selulosa dan hemiselulosa sebelum dan sesudah hidrolisis dengan HCl 0,4%

No.	Analisis	Ulangan	Kulit Ari Kedelai	
			Sebelum Hidrolisis (%)	Sesudah Hidrolisis (%)
1	Selulosa	1	53,14	65,69
		2	54,86	64,06
		<b>Rerata</b>	<b>54</b>	<b>64,88</b>
2	Hemiselulosa	1	21,38	9,46
		2	20,53	9,64
		<b>Rerata</b>	<b>20,96</b>	<b>9,55</b>



**Gambar 1**  
Khamir komersial *S. cerevisiae* secara makroskopik (A) dan mikroskopik (B).

khamir ini terdiri dari sel anak, *budding* dan sel induk. Hal ini disebabkan karena khamir komersial *S. cerevisiae* bereproduksi dengan cara bertunas.

Kurva pertumbuhan khamir komersial *S. cerevisiae* pada Gambar 2 menunjukkan adanya fase adaptasi pada 0-4 jam pertama. Fase logaritmik khamir komersial (*S. cerevisiae*) ditandai dengan pertumbuhan yang cepat dan konstan. Fase logaritmik ditunjukkan dari jam ke-6 sampai jam ke-20. Selama fase logaritmik, mikroba tumbuh dengan laju pertumbuhan maksimum ( $\mu\text{m}$ ). Kemudian dilanjutkan dengan fase stasioner dari jam ke-22 sampai jam ke-26. Khamir komersial *S. cerevisiae* memasuki fase kematian setelah jam ke-28.

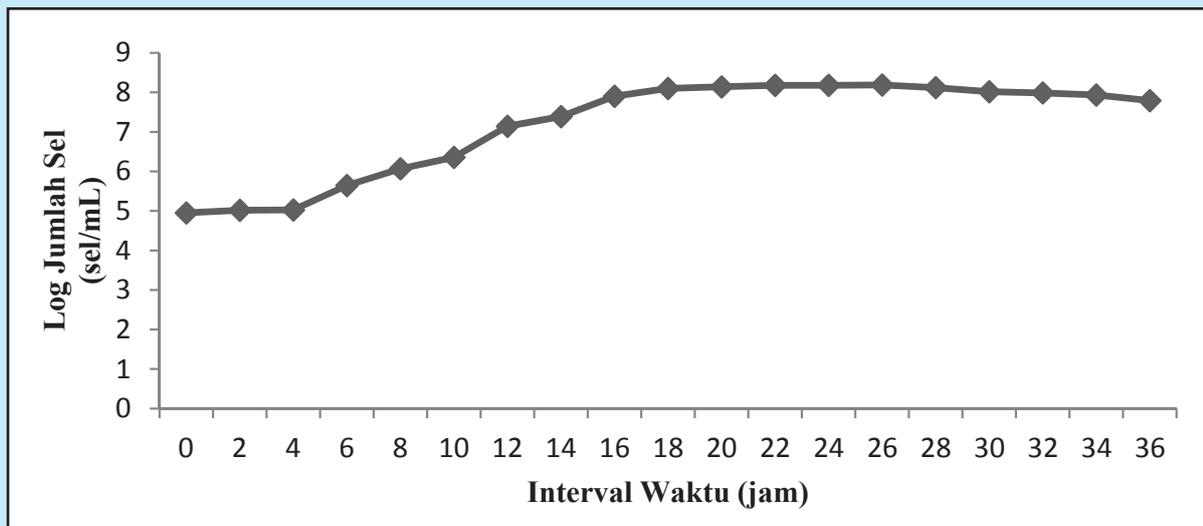
Setelah membuat kurva pertumbuhan, diperlukan perhitungan laju pertumbuhan khamir. Laju

pertumbuhan adalah penambahan sel per satuan waktu. Laju pertumbuhan khamir komersial (*S. cerevisiae*) dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan kurva laju pertumbuhan, umur inokulum khamir komersial (*S. cerevisiae*) yang paling baik digunakan sesuai percobaan yaitu 16 jam sebesar 0,425 sel/s.

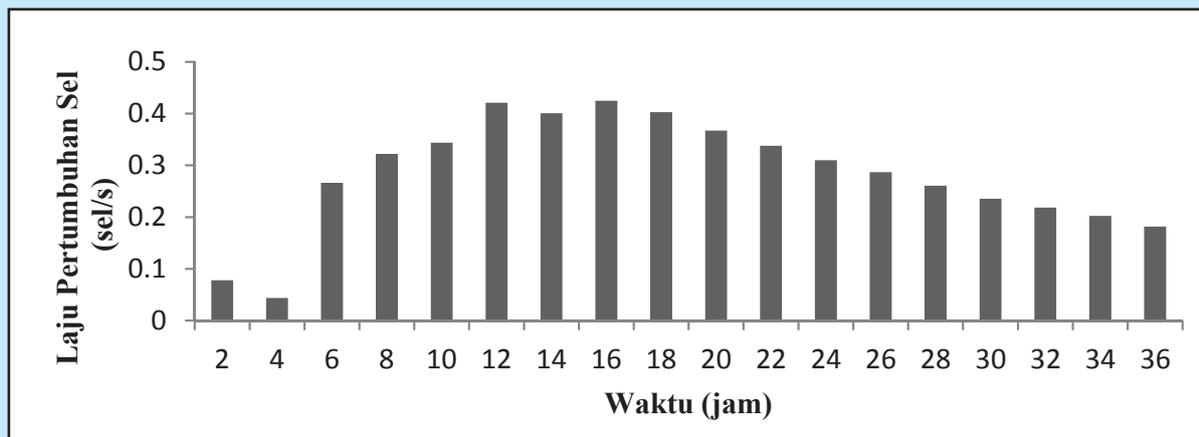
#### D. Fermentasi Hidrolisat Kulit Ari Kedelai

Gula reduksi mengalami penurunan konsentrasi dari 31,24 mg/mL sebelum fermentasi menjadi 13,57 mg/mL setelah fermentasi (Gambar 4). Ini berarti terjadi penurunan konsentrasi gula reduksi setelah fermentasi sebesar 56,56%

Berdasarkan analisis uji-t, didapatkan hasil yang signifikan terhadap konsentrasi gula reduksi sebelum dan sesudah fermentasi. Selama fermentasi terjadi



**Gambar 2**  
 Kurva pertumbuhan khamir komersial (*S. cerevisiae*)  
 dari fermipan pada media PDB, suhu 37°C dan kecepatan 100 rpm.



**Gambar 3**  
 Laju pertumbuhan khamir komersial (*S. cerevisiae*)  
 dari fermipan pada media PDB, suhu 37°C dan kecepatan 100 rpm.

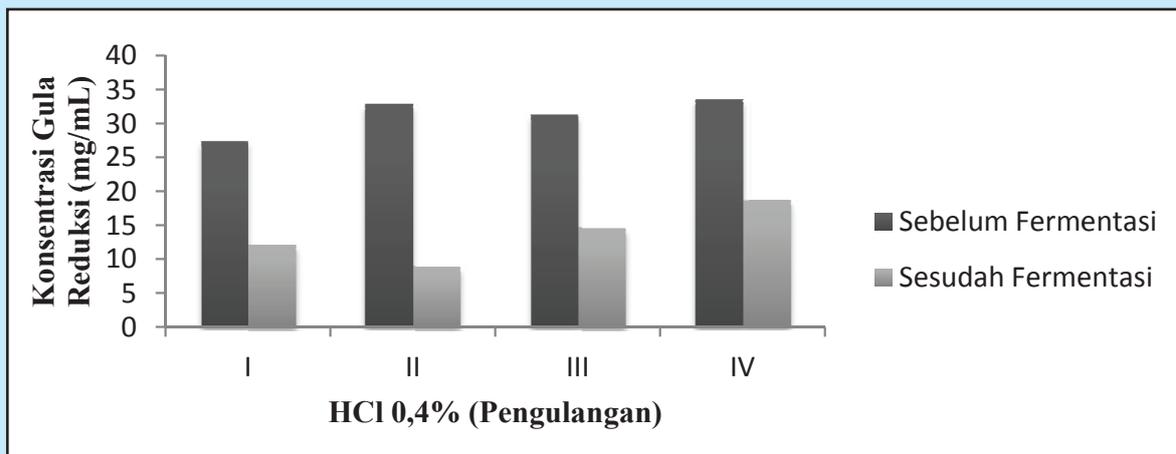
penurunan konsentrasi gula reduksi karena gula yang terdapat dalam media digunakan sebagai sumber karbon bagi khamir komersial (*S. cerevisiae*) untuk mensintesis energi melalui proses fermentasi etanol.

Setelah fermentasi terjadi penurunan pH dari 4,5 menjadi 3,55 (Gambar 5).

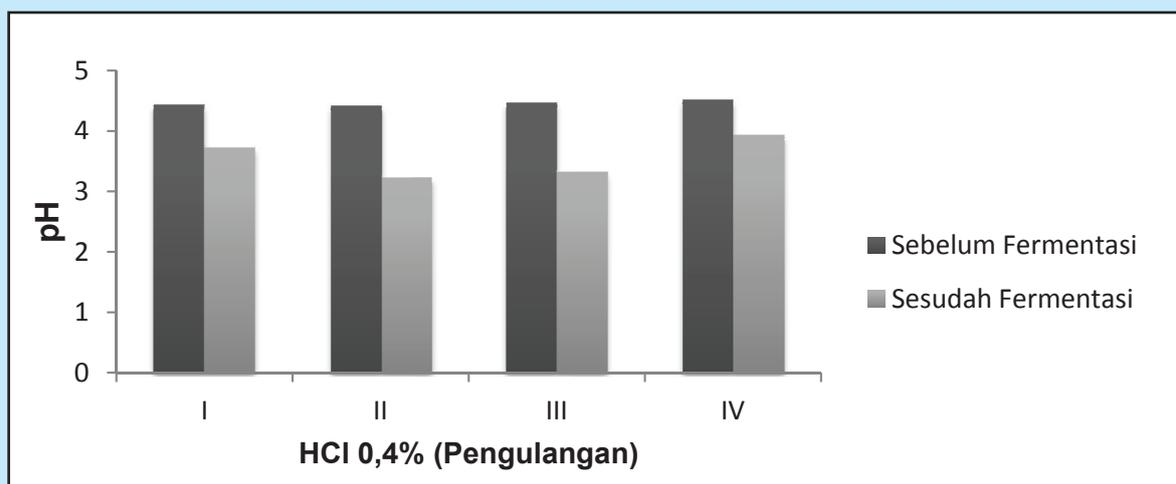
Khamir komersial bersifat homofermentatif, artinya hasil fermentasi yang dihasilkan hanyalah etanol. Etanol bersifat asam. Proses fermentasi juga menghasilkan CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> yang terus diproduksi selama proses fermentasi juga berperan serta dalam meningkatkan keasaman larutan. Gas CO<sub>2</sub> akan bereaksi dengan air yang nantinya akan membentuk

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan H<sup>+</sup> yang bersifat asam. Perubahan pH dalam fermentasi disebabkan juga karena dalam aktivitasnya sel khamir juga menghasilkan asam-asam organik seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam butirat dan asam propionat sebagai hasil sampingan. Asam-asam ini menurunkan pH medium (Sugiharto dalam Idral 2002).

Rerata volume destilat yang dihasilkan dari proses fermentasi 100 mL hidrolisat kulit ari kedelai dengan HCl 0,4% sebesar 11 mL atau 11% volume. Laurentina (2009) menyatakan bahwa alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi biasanya hanya



Gambar 4  
Perubahan konsentrasi gula reduksi sebelum dan sesudah fermentasi.



Gambar 5  
Perubahan pH media sebelum dan sesudah fermentasi.

8-12% volume. Namun konsentrasi etanol dari destilat ini belum cukup tinggi karena berat jenis sampel destilat diperoleh rerata 0,90 g/mL sementara berat jenis etanol absolut yaitu 0,79 g/mL. Hal ini menunjukkan bahwa dalam sampel masih banyak terkandung air.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi gula reduksi tertinggi diperoleh pada hidrolisis dengan HCl konsentrasi 0,4%, yaitu sebesar 31,27 mg/mL. Senyawa penghidrolisis dan konsentrasinya saling mempengaruhi terhadap konsentrasi gula reduksi yang dihasilkan dalam proses hidrolisis limbah kulit ari kedelai. Pemurnian

bioetanol yang dihasilkan perlu dilakukan untuk menghasilkan konsentrasi etanol yang tinggi,

#### KEPUSTAKAAN

- Balat, M., H. Balat and C. Oz.** 2008. Progress in Bioethanol Processing. *Elsevier:SciDir*. 34: 551-573.
- Fardiaz, S.** 1992. *Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Febrina, Rima.** 2013. Konversi Glukosa Menjadi Bioetanol Melalui Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* Dengan Pemanfaatan Limbah Sorghum Manis (*Sorghum bicolor*) Sebagai Biomassa. *Skripsi*. Depok: Departemen Kimia Universitas Indonesia.

- Harmsen, P., W. Huijgen, L. Bermudez, and R. Bakker**, 2010. "Literature Review of Physical and Chemical Pretreatment Processes for Lignocellulosic Biomass", Wageningen UR Food & Biobased Research: Wageningen.
- Idral, Daniel De, M. Salim, dan E. Mardiah**. 2012. Pembuatan Bioetanol Dari Ampas Sagu Dengan Proses Hidrolisis Asam Dan Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Kim. Unand*. 1 (1).
- Irawan, Dedy dan Zainal Arifin**. 2012. Proses Hidrolisis Sampah Organik Menjadi Gula Dengan Katalis Asam Klorida. *J. Tek. Kim*. 6 (2).
- Lavarack, B.P., G. J. Griffin, and D. Rodman**. 2002. Measured kinetics of acid-catalysed hydrolysis of sugar cane bagasse to produce xylose. *J. Catalysis*. 63: 257-265.
- Laurentina, Purnama**. 2009. Produksi Bioetanol Dari Bagas Tebu (*Saccharum officinarum*) Oleh *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi dan *Trichoderma viride*. *Skripsi*. Depok: Departemen Kimia Universitas Indonesia.
- Oktavianus, F., R. M. Sigiro dan M. D. Bustan**. 2013. Pembuatan Bioetanol Dari Bahan Jarak Menggunakan Metode Hidrolisa Dengan Katalis Asam Sulfat. *J. Tek. Kim*. 19.
- Peruzza, A. L.** 2010. Exploring Pretreatment Methods and Enzymatic Hydrolysis of Oat Hulls. *Thesis*. Canada: University of Toronto.
- Saputra, I.** 2010. Hidrolisis Sampah Organik Kota Samarinda Dengan Katalis Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ). *Laporan Tugas Akhir*. Samarinda: Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda.
- Taherzadeh, M. and K. Karimi**. 2007. Acid-based Hydrolysis Processes For Ethanol From Lignocellulosic Materials. *J. Bioresources. Rev*. 2(3):472-499.
- Tewari, H. K., S. S. Marwaha & K. Rupal**. 1986. Ethanol from Banana Peels. *J. Agric. Wastes*. 16: 135-146.
- Wachid, M.** 2011. Potensi Bioethanol Dari Limbah Kulit Ari Kedelai Limbah Produksi Tempe. *Ejournal UMM*. 6: 113 – 122.
- Xu, Jian, M. H. Thomsen dan A. B. Thomsen**. 2009. Pretreatment on Corn Stover with Low Concentration of Formic Acid. *J. Microbiol. Biotechnol*. 19 (8): 845-850.