

Pemanfaatan Bagas sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode *Pretreatment* Alkali

Rima Daniar

Program Studi S1 (Terapan) Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia,
 Politeknik Negeri Sriwijaya
 Email: daniarrima@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan biomassa yang melimpah seperti bagas. Hal ini dapat menyediakan bahan baku yang murah untuk pembuatan bioetanol dengan proses fermentasi menghasilkan bahan bakar dalam jumlah yang besar, ekonomis, dapat diperbarui dan ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan krisis energi dapat diatasi. Bagas mengandung lignoselulosa yang dapat didegradasi menjadi glukosa dan menghasilkan etanol dengan proses fermentasi. Penelitian ini menjelaskan pretreatment bagas dengan metode alkali yang berbeda. Bagas dipretreatment dengan proses pemanasan (80°C) dan tanpa pemanasan (25°C) dan dengan konsentrasi alkali (NaOH) yang berbeda. Penelitian ini juga menjelaskan pengaruh waktu fermentasi terhadap indeks bias, volume dan kadar bioetanol yang dihasilkan. Pretreatment alkali secara efektif meningkatkan hidrolisis enzim terhadap selulosa bagas. Berdasarkan hasil analisa, kondisi pretreatment terbaik untuk menghasilkan selulosa tertinggi (50,71 %) adalah pretreatment dengan pemanasan dengan konsentrasi NaOH 3 N. Indeks bias tertinggi yaitu 1,3391 dihasilkan dari waktu fermentasi 5 hari. Volume tertinggi yaitu 16 ml dihasilkan dari waktu fermentasi 7 hari. % Etanol tertinggi adalah 56 berdasarkan metode analisa kurva baku dan 47,708 berdasarkan metode analisa GC.

Kata kunci: Alkaline Pretreatment; Bioethanol Production; Sugarcane Bagasse.

ABSTRACT

Indonesia being an agricultural country produces a large amount of cellulosic biomass such as sugarcane bagasse. This provides a low-cost feedstock for fermentative production of a wide range of fuels, economic, renewable and environmentally friendly. With utilization of renewable energy resource a crisis of energy could be solved. Sugarcane bagasse contains lignocellulose which can be broken down into glucose and produce ethanol by fermentation process. This study describes the pretreatment of sugarcane bagasse with different method of alkaline pretreatment. Sugarcane bagasse was pretreated with heating process (80°C) and without heating process (25°C) and different concentration of Alkaline (NaOH). This study also describes the influence of fermentation time to refractive index, volume of bioethanol and % Ethanol. The alkaline pretreatment method was able to effectively increase enzymatic digestibility of sugarcane bagasse cellulose. Based on the best result, the best condition for pretreatment to produce highest cellulose (50,71 %) was pretreatment with heating process and using NaOH 3 N. The highest refractive index was 1,3391 from 5 days fermentation. The highest volume of bioethanol was 16 ml from 7 days fermentation. The highest % ethanol was 56 based on standard plot analysis method and 47,708 based on GC analysis method.

Keywords: Alkaline Pretreatment; Bioethanol Production; Sugarcane Bagasse.

PENDAHULUAN

Indonesia terus mengalami penurunan

produksi minyak nasional. Hal ini disebabkan oleh secara alamiah cadangan minyak

semakin menurun dan juga penambahan penduduk yang terus meningkat, meningkatnya penggunaan transportasi dan aktivitas industri berakibat pada meningkatnya kebutuhan konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan adanya bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Salah satu alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah bioetanol. Bioetanol merupakan etanol yang berasal dari sumber hayati. Bioetanol bersumber dari gula sederhana, amilum dan selulosa (Ardian dkk, 2007).

Satu diantara energi alternatif yang murah ditinjau aspek produksinya dan ramah lingkungan adalah pengembangan bioetanol dari limbah-limbah pertanian (biomassa) yang mengandung banyak lignocellulose seperti bagas (limbah padat industri gula). Indonesia memiliki potensi limbah biomassa yang sangat melimpah seperti bagas. Industri gula menghasilkan bagas yang cukup melimpah, seperti di Pabrik Gula Cinta Manis yang dikelola oleh PTPN VII, Inderalya Sumatera Selatan. Selain itu keuntungan lain dari pemanfaatan bioetanol adalah dapat digunakan mensubstitusi langsung atau bahan campuran premium. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar mempunyai beberapa keunggulan dibanding dengan BBM, yaitu : a) kandungan oksigen yang tinggi (35%) sehingga jika dibakar sangat bersih , b) ramah lingkungan karena emisi gas karbon monoksida lebih rendah 19-25% dibanding BBM sehingga tidak memberikan kontribusi pada akumulasi karbon dioksida di atmosfer dan bersifat terbarukan, sedangkan BBM akan habis karena bahan bakunya fosil (Broto, 2010)

Selulosa adalah komponen organik dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang merupakan polisakarida yang tersusun atas beta-glukosa. Selulosa menyusun dinding sel tanaman hijau. Selain ditemukan secara alami pada tumbuhan, selulosa juga dapat disintesa oleh beberapa mikroba seperti bakteri asam asetat, alga, dan juga oomicetes. Berdasarkan susunan selulosa yang merupakan polisakarida dan adanya potensi selulosa

untuk dikonversi menjadi etanol, maka selulosa sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku etanol. Ketersediaan selulosa yang melimpah di bumi karena keberadaannya sebagai penyusun dinding sel tumbuhan hijau, serta keberadaannya yang melimpah pada bahan non pangan, bahan berselulosa bisa dijadikan pilihan yang tepat (Broto, 2010).

Material berbasis lignoselulosa (*lignocellulosic material*) memiliki substrat yang cukup kompleks karena didalamnya terkandung lignin, polisakarida, zat ekstraktif, dan senyawa organik lainnya. Bagian terpenting dan yang terbanyak dalam *lignocellulosic material* adalah polisakarida khususnya selulosa yang terbungkus oleh lignin dengan ikatan yang cukup kuat. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil konversi bagas menjadi etanol yang optimal digunakan proses pretreatment alkali yaitu dengan menggunakan NaOH. Proses pretreatment dilakukan untuk menghilangkan lignin sehingga bagas tebu dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan bioetanol.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rurry Patradhiani dkk menggunakan metode pemanasan dalam melakukan pretreatment alkali. Bahan yang digunakannya adalah dedak gandum. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penelitian terhadap pengaruh pretreatment alkali dengan metode yang berbeda untuk mengetahui metode pretreatment alkali yang paling baik.

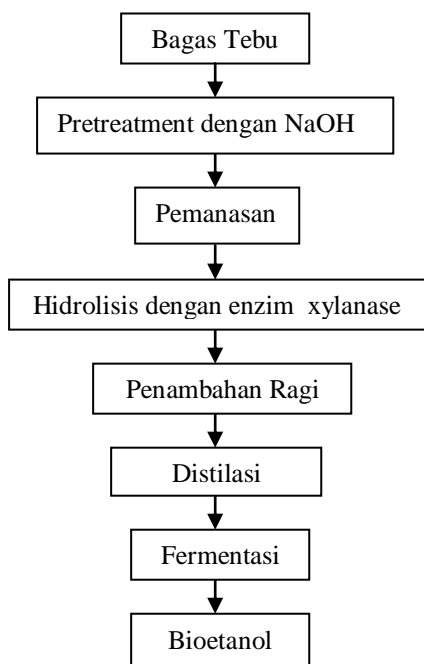
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, Gas Chromatography, Furnace, *Distillation Set*, *Hot Plate* dan seperangkat alat praktikum kimia pada umumnya.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah *Enzym Xylanase*, *Saccharomyces Cerevisiae*, $(NH_4)_2SO_4$, NaOH, H_2SO_4 , dan aquadest. Sampel yang digunakan adalah bagas yang diambil dari limbah penjualan es tebu disekitar Palembang

Prosedur



Gambar 1. Diagram alir pembuatan bioetanol

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Kandungan Lignoselulosa

1. Sebelum Pretreatment

Bagas merupakan bahan berlignoselulosa yang memiliki 3 polimer yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa. Bagas berpotensi untuk menghasilkan etanol karena bagas memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Menurut Samsuri (2007) kandungan selulosa bagas sekitar 52,7 %, sedangkan kandungan lignin dan hemiselulosa masing-masing sekitar 24,2 % dan 17,5 %.

Sebelum bagas diolah menjadi sirup glukosa, terlebih dahulu bagas dianalisa untuk mengetahui kandungan lignoselulosa didalam bagas. Analisa kandungan lignoselulosa pada bagas dilakukan dengan metode Chesson (Datta, 1981). Dari hasil analisa diketahui bahwa kadar selulosa pada bagas yaitu sebesar 34,21 % sedangkan kadar lignin dan hemiselulosa masing-masing sebesar 22,13% dan 9,11 %. Hasil pengukuran tersebut sedikit berbeda dengan yang dilakukan oleh Samsuri, hal ini mungkin dikarenakan jenis tebu yang digunakan berbeda. Kandungan lignoselulosa bagas sebelum pretreatment

dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Lignoselulosa Bagas Sebelum Pretreatment

Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
22,13	34,21	9,11

Bagas merupakan bahan berlignoselulosa yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hemiselulosa dan selulosa pada struktur bahan lignoselulosa terikat (diselubungi) oleh lignin. Struktur lignin sendiri sangat rapat dan kuat sehingga menyulitkan bagi enzim pemecah hemiselulosa dan selulosa untuk bisa masuk ke dalam dan bekerja memecah hemiselulosa dan selulosa menjadi gula sederhana. Untuk membantu kerja enzim, maka terlebih dulu harus dilakukan pretreatment atau perlakuan pendahuluan untuk memecah atau melonggarkan struktur lignin sehingga enzim dapat masuk ke dalam untuk memecah hemiselulosa dan selulosa. Selain lignin, faktor lain yang juga dapat menghambat kerja enzim adalah struktur selulosa itu sendiri. Struktur selulosa terbagi menjadi dua yaitu crystalline region (struktur selulosa lurus dan rapat) dan amorphous region (struktur selulosa lebih renggang). Struktur kristalin selulosa adalah salah satu yang dapat menghambat kerja enzim. Selain merusak struktur lignin, pretreatment juga dapat mengubah struktur kristalin selulosa menjadi struktur yang lebih renggang (amorph).

Pretreatment Lignoselulosa dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu secara kimiawi, fisis, dan mikrobiologis. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Efisiensi dan efektivitas penggunaannya bisa berbeda-beda, bergantung pada sumber bahan dan tujuan prosesnya. Pretreatment secara kimiawi adalah metode yang paling umum digunakan karena lebih mudah, lebih efektif, lebih cepat dan tidak memakan energi terlalu tinggi. Pada penelitian ini dilakukan penelitian proses pretreatment secara kimiawi yaitu menggunakan alkali (NaOH) dengan dua metode perlakuan yang berbeda.

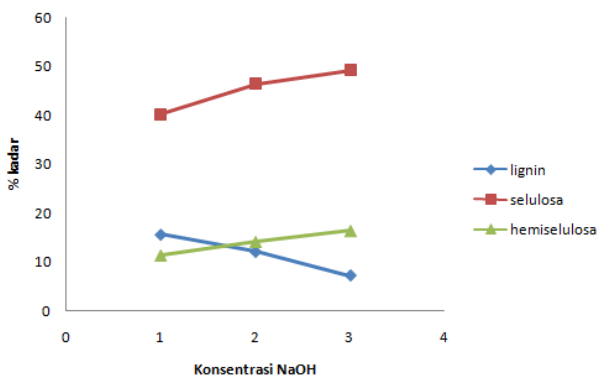
2. Pretreatment Alkali 25°C, 3 hari

Proses pretreatment alkali dengan NaOH dilakukan dengan berbagai konsentrasi yaitu, 1 N, 2 N dan 3 N. Metode pretreatment yang pertama yaitu dengan merendam bagas tebu yang telah dikecilkan ukuran sebelumnya dengan berbagai variasi konsentrasi NaOH selama 3 hari. Penambahan NaOH dengan berbagai variasi dan juga lama inkubasi selama 3 hari dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi yang tepat dalam mendegradasi lignin sehingga diperoleh kadar selulosa yang tinggi. Kandungan selulosa setelah pretreatment dengan metode 1 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Lignoselulosa Setelah Pretreatment Alkali 25°C, 3 hari

Konsentrasi NaOH	Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
1 N	15,59	40,20	11,27
2 N	12,05	46,50	14,12
3 N	7,18	49,25	16,38

Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kandungan kadar lignoselulosa dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kadar lignin, selulosa dan hemiselulosa pada metode pretreatment 1

Hasil analisa terhadap kandungan lignoselulosa pada bagas yang telah dipretreatment dengan perlakuan diinkubasi selama 3 hari menunjukkan penurunan lignin yang cukup signifikan dari konsentrasi terendah yaitu 1 N sampai dengan konsentrasi tertinggi yaitu 3 N. Penurunan kadar lignin untuk pretreatment dengan menggunakan NaOH 1 N yaitu sebesar 22,13% menjadi 15,59% sehingga persentase penurunan kadar lignin sebesar

29,6%. Sedangkan untuk pretreatment dengan menggunakan NaOH 2 N dan NaOH 3 N persentase penurunan kadar lignin masing-masing adalah 45,5% dan 67,6%. Kadar selulosa bagas juga mengalami peningkatan, dari yang semula 34,21% menjadi 40,20%, 46,50%, dan 49,50% untuk masing-masing pretreatment dengan NaOH 1N, 2 N, dan 3N. Begitu juga dengan kadar hemiselulosa yang mengalami peningkatan yaitu dari semula 9,11% menjadi 11,27%, 14,12% dan 16,38% untuk masing-masing konsentrasi NaOH 1 N, 2 N dan 3 N.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi alkali yang digunakan semakin efektif metode pretreatment alkali yang dilakukan. Hasil analisa terhadap kandungan lignoselulosa pada bagas yang telah dipretreatment dengan perlakuan diinkubasi selama 3 hari menunjukkan penurunan lignin yang cukup signifikan dari konsentrasi terendah yaitu 1 N sampai dengan konsentrasi tertinggi yaitu 3 N. Penurunan kadar lignin untuk pretreatment dengan menggunakan NaOH 1 N yaitu sebesar 22,13% menjadi 15,59% sehingga persentase penurunan kadar lignin sebesar 29,6%. Sedangkan untuk pretreatment dengan menggunakan NaOH 2 N dan NaOH 3 N persentase penurunan kadar lignin masing-masing adalah 45,5% dan 67,6%. Kadar selulosa bagas juga mengalami peningkatan, dari yang semula 34,21% menjadi 40,20%, 46,50%, dan 49,50% untuk masing-masing pretreatment dengan NaOH 1N, 2 N, dan 3N. Begitu juga dengan kadar hemiselulosa yang mengalami peningkatan yaitu dari semula 9,11% menjadi 11,27%, 14,12% dan 16,38% untuk masing-masing konsentrasi NaOH 1 N, 2 N dan 3 N.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi alkali yang digunakan semakin efektif metode pretreatment alkali yang dilakukan.

3. Pretreatment Alkali 80°C, 6 jam

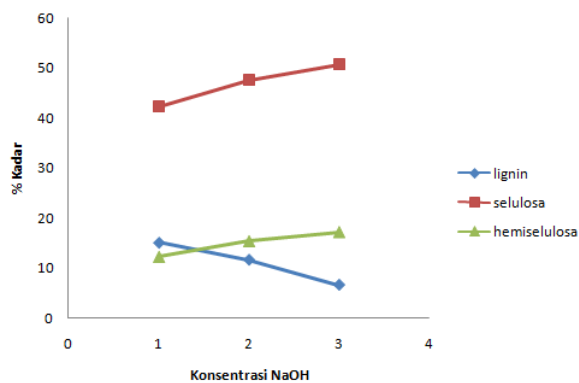
Proses pretreatment alkali dengan NaOH dilakukan dengan berbagai konsentrasi yaitu, 1 N, 2 N dan 3 N. Metode pretreatment yang kedua yaitu dengan merendam bagas tebu yang telah dikecilkan ukuran sebelumnya

dengan berbagai variasi konsentrasi NaOH dipanaskan dengan temperatur 80°C selama 6 jam . Penambahan NaOH dengan berbagai variasi dan juga pemanasan dimaksudkan dapat menambah efektivitas proses pretreatment. Struktur kimia lignin mengalami perubahan pada kondisi suhu tinggi dimana pada suhu tinggi lignin akan terpecah menjadi partikel yang lebih kecil sehingga lignin akan terlepas dari selulosa.

Tabel 3. Kandungan Lignoselulosa Setelah Pretreatment Alkali 80°C, 6 jam

Konsentrasi	Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
1 N	15,11	42,31	12,17
2 N	11,67	47,68	15,30
3 N	6,58	50,71	17,12

Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap kandungan kadar lignoselulosa dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kadar lignin, selulosa dan hemiselulosapada metode pretreatment 2

Hasil analisa terhadap kandungan lignoselulosa pada bagas yang telah dipretreatment dengan perlakuan pemanasan selama 6 jam menunjukkan penurunan lignin yang cukup signifikan dari konsentrasi terendah yaitu 1 N sampai dengan konsentrasi tertinggi yaitu 3 N. Penurunan kadar lignin untuk pretreatment dengan menggunakan NaOH 1 N yaitu sebesar 22,13% menjadi 15,11% sehingga persentase penurunan kadar lignin sebesar 31,72%. Sedangkan untuk pretreatment dengan menggunakan NaOH 2 N dan NaOH 3 N persentase penurunan kadar lignin masing-masing adalah 47,3% dan 70,3%. Kadar selulosa bagas juga mengalami peningkatan,

dari yang semula 34,21% menjadi 42,31%, 47,68%, dan 50,71% untuk masing-masing pretreatment dengan konsentrasi NaOH 1N, 2 N, dan 3N. Begitu juga dengan kadar hemiselulosa yang mengalami peningkatan yaitu dari semula 9,11% menjadi 12,17%, 15,30% dan 17,12% untuk masing-masing konsentrasi NaOH 1 N, 2 N dan 3 N.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi alkali yang digunakan semakin efektif metode pretreatment alkali yang dilakukan. Selain itu metode pretreatment dengan pemanasan lebih efektif dari pretreatment tanpa pemanasan.

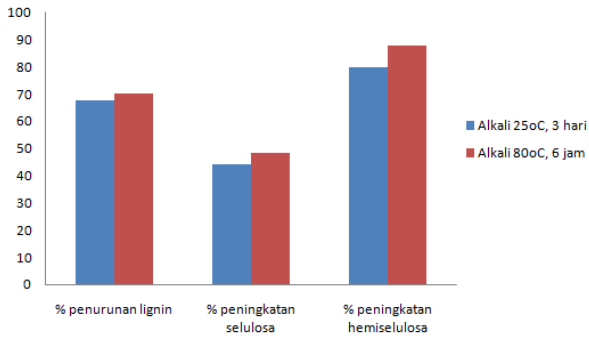
4. Pretreatment Alkali Terbaik untuk Bagas

Kedua metode pretreatment yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan perlakuan tanpa pemanasan yaitu inkubasi selama 3 hari dan dengan perlakuan pemanasan selama 6 jam mampu mendegradasi kompleks lignin-selulosa-hemiselulosa sehingga selulosa mudah diakses oleh enzim untuk menghasilkan gula sederhana. Pretreatment terbaik selanjutnya ditentukan berdasarkan persentase penurunan kadar lignin dan persentase kenaikan kadar selulosa serta persentase kenaikan kadar hemiselulosa yang paling tinggi.

Tabel 4. Persentase Penurunan kadar lignin, peningkatan kadar selulosa dan peningkatan hemiselulosa setelah pretreatment

Jenis Metode Pretreatment	Penurunan Lignin (%)	Peningkatan Selulosa (%)	Peningkatan Hemiselulosa (%)
Alkali 25°C, 3 hari	67,6	43,96	79,80
Alkali 80°C, 6 jam	70,3	48,23	87,93

Perbandingan kedua metode pretreatment dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan kedua metode pretreatment

Metode yang paling efektif dalam mendegradasi lignin adalah metode pretreatment alkali dengan pemanasan selama 6 jam. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penurunan kadar lignin, peningkatan kadar selulosa dan peningkatan kadar hemiselulosa yang paling tinggi dibandingkan dengan metode yang lainnya yaitu masing-masing sebesar 70,3%, 48,23% dan 87,93%.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode alkali dengan NaOH 3 N dengan perlakuan pemanasan merupakan metode yang paling efektif dalam meningkatkan proses pretreatment bahan berlignoselulosa. Metode ini kemudian digunakan untuk pretreatment bagas untuk selanjutnya dihidrolisis dengan menggunakan enzim xylanase untuk menghasilkan sirup glukosa yang selanjutnya akan difermentasi oleh *sacharomyces cereviciae* untuk menghasilkan bioetanol.

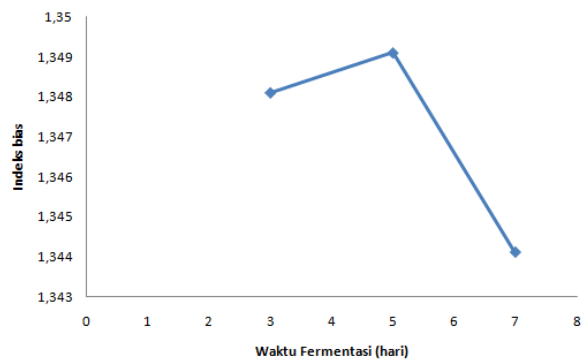
Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Indeks Bias Bioetanol

Indeks bias merupakan salah satu parameter untuk menentukan kualitas bioetanol yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 . Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Indeks Bias Bioetanol

Waktu Fermentasi (hari)	Indeks Bias Bioetanol
3	1,3481
5	1,3491
7	1,3441

Pengaruh waktu fermentasi terhadap indeks bias bioetanol yang dihasilkan juga dapat dilihat pada gambar 5. Dari grafik tersebut indeks bias bioetanol dengan waktu fermentasi 3 hari cenderung masih rendah yaitu sebesar 1,3481, dan pada waktu fermentasi 5 hari indeks bias bioetanol mengalami peningkatan yaitu menjadi 1,3491 akan tetapi pada waktu fermentasi 7 hari indeks bioetanol kembali mengalami penurunan yaitu menjadi 1,3441.



Gambar 5. Grafik pengaruh waktu fermentasi terhadap indeks bias bioetanol

Etanol memiliki indeks bias 1,36. Sehingga dari pengukuran yang dilakukan dapat ditentukan bahwa bioetanol yang memiliki kualitas paling baik adalah bioetanol yang memiliki indeks bias yang paling mendekati indeks bias etanol. Dalam hal ini, indeks bias bioetanol yang paling mendekati indeks bias etanol adalah indeks bias bioetanol dengan waktu fermentasi 5 hari yaitu dengan indeks bias sebesar 1,3491 dan untuk indeks bias terendah adalah bioetanol dengan waktu fermentasi 3 hari yaitu sebesar 1,3441 yang mengindikasikan bahwa bioetanol tersebut memiliki kualitas terendah.

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Volume Bioetanol

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pengaruh waktu fermentasi terhadap volume bioetanol yang dihasilkan. Hasil pengamatan dapat dilihat pada tabel 6.

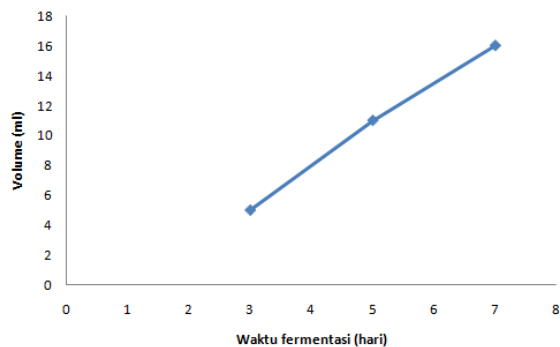
Tabel 6 . Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Volume Bioetanol Yang Dihasilkan

Waktu Fermentasi (hari)	Volume Bioetanol (ml)

3	5
5	11
7	16

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat bahwa waktu fermentasi berbanding lurus dengan volume bioetanol yang dihasilkan. Volume bioetanol yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya adalah instalasi peralatan destilasi dan pengaturan temperatur pemanas. Dari data tersebut terlihat bahwa di hari kelima dan hari ketujuh instalasi peralatan destilasi semakin baik, sehingga volume bioetanol yang dihasilkan pun semakin meningkat. Selain instalasi peralatan destilasi yang juga cukup berpengaruh adalah pengaturan temperatur pemanas dimana temperatur pemanas harus dijaga sehingga etanol dapat menguap dan kemudian terkondensasi menjadi destilat namun jika temperatur pemanas terlalu panas hal ini juga dapat menyebabkan air juga ikut teruapkan. Hal ini kurang baik karena dapat menyebabkan berkurangnya kadar etanol yang dihasilkan.

Hubungan waktu fermentasi terhadap volume bioetanol dapat dilihat pada gambar 6.

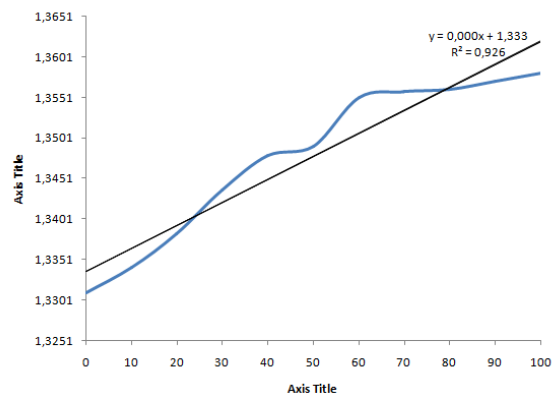


Gambar 6. Grafik pengaruh waktu fermentasi terhadap volume bioetanol

Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi semakin banyak volume yang dihasilkan. Volume bioetanol yang dihasilkan untuk fermentasi selama 3 hari adalah 5 ml, volume bioetanol yang dihasilkan untuk fermentasi selama 5 hari adalah 11 ml, dan volume bioetanol yang dihasilkan untuk fermentasi selama 7 hari adalah 16 ml.

Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Berdasarkan Kurva Baku Bioetanol

Kadar bioetanol yang dihasilkan setelah didistilasi dapat ditentukan menggunakan kurva baku Etanol. Kurva baku etanol adalah sebuah kurva yang dibuat dengan mengukur indeks bias etanol dari 0 sampai 100 % dengan rentang pengukuran 10%. Kurva baku etanol dapat dilihat pada gambar 7.

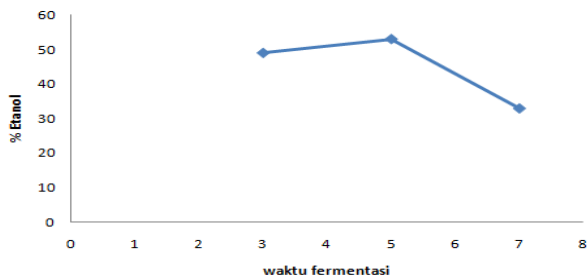


Gambar 7. Kurva Baku Etanol

Tabel 7 . Indeks Bias Bioetanol yang Dihasilkan

Waktu Fermentasi (hari)	Volume Bioetanol (ml)
3	1,3481
5	1,3491
7	1,3441

Hasil analisa indeks bias untuk variasi waktu fermentasi 3, 5 dan 7 hari masing-masing adalah 1,3481 ; 1,3491 dan 1,3441. Hasil analisa menunjukkan bahwa indeks bias etanol cenderung mengalami kenaikan namun setelah hari kelima indeks bias mengalami penurunan. Dengan menggunakan kurva baku diatas maka diketahui bahwa kadar etanol untuk bioetanol dengan waktu fermentasi 3 hari adalah 49%, kadar etanol untuk bioetanol dengan waktu fermentasi 5 hari adalah 53% dan kadar etanol untuk bioetanol dengan waktu fermentasi 7 hari adalah 33%. Untuk lebih jelasnya hasil analisa dapat dilihat pada gambar 8.

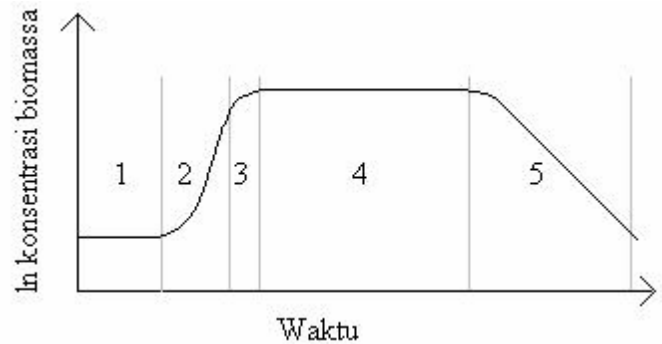


Gambar 8. Grafik pengaruh waktu fermentasi terhadap % etanol berdasarkan kurva baku

Dari gambar 8 terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi kadar bioetanol akan mengalami kenaikan, namun setelah hari kelima kadar bioetanol pada masing-masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena proses fermentasi telah mencapai optimum pada waktu 5 hari, kadar bioetanol mengalami penurunan setelah melewati waktu optimalnya. Kenaikan kadar bioetanol ini terjadi karena lama waktu fermentasi berhubungan erat dengan kurva pertumbuhan mikroba. Pertumbuhan mikroba terdiri dari lima fase, yaitu fase adaptasi, fase pembiakan cepat, fase konstan atau stasioner dan fase terakhir adalah fase kematian.

Berdasarkan kadar % v/v dari etanol pada gambar 8 tersebut dapat dijelaskan bahwa pada saat waktu fermentasi mencapai 4 hari mikroba (*Saccharomyces cerevisiae*) memiliki aktivitas paling besar atau berada pada logarithmic phase. Logarithmic phase merupakan fase untuk pembentukan produk etanol yang terbesar. Kemudian setelah 4 hari mikroba akan mengalami stationary phase, dimana jumlah mikroba yang tumbuh sama banyaknya dengan mikroba yang mati sehingga tidak ada penambahan jumlah mikroba yang akan mengubah substrat menjadi etanol sehingga etanol yang terbentuk cenderung konstan. Setelah mikroba mengalami stationary phase maka akan berlanjut menjadi death phase / fase kematian. Hal ini sesuai dengan kurva pertumbuhan mikroba (gambar 9). Pada saat 24; 48 dan 72 jam etanol yang dihasilkan belum optimal karena yeast *Saccharomyces cerevisiae* berada pada tahap lag phase dan exponential phase. Tahap lag phase merupakan tahap adaptasi mikroba terhadap lingkungan dan

exponential phase adalah tahap dimana mikroba mulai melakukan pertumbuhan. Dengan demikian aktivitas untuk pembentukan produk etanol belum optimal. Kurva tahap pertumbuhan mikroba dapat dilihat pada gambar 9 :



Gambar 9. Kurva pertumbuhan mikroba

Keterangan : 1. Lag phase
2. Exponential phase
3. Logarithmic phase
4. Stationer phase
5. Death phase

Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Berdasarkan Hasil Analisa GC

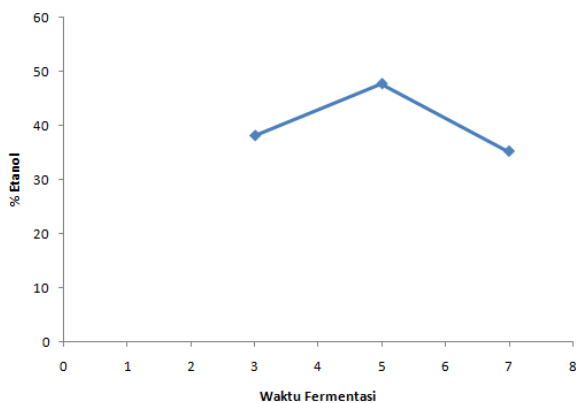
Selain menggunakan kurva baku, kadar etanol dapat dianalisa menggunakan alat GC (*Gas Chromatography*). Pemisahan pada kromatografi gas didasarkan pada perbedaan kecepatan migrasi komponen-komponen suatu cuplikan di dalam kolom. Perbedaan migrasi ini terjadi karena perbedaan interaksi komponen-komponen tersebut dengan fasa diam dan fasa gerak. Fasa diamnya berupa cairan yang melekat pada zat pendukung (adsorben), sedangkan fasa geraknya berupa gas. Karena gas ini berfungsi membawa komponen-komponen sepanjang kolom hingga mencapai detektor, maka fasa gerak disebut juga sebagai gas pembawa (carrier gas).

Dalam menganalisa sampel, kolom yang digunakan adalah kolom kapiler RTX-1 sebagai fasa diam. Kolom kapiler ini diposisikan melingkar sehingga dapat masuk kedalam oven. Gas pembawa yang digunakan adalah nitrogen sedangkan hydrogen dan oksigen berperan sebagai gas pembakar. Hasil analisa kadar etanol menggunakan alat GC dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisa Kadar Etanol Dengan Alat GC

Waktu Fermentasi (hari)	Kadar Etanol (%)
3	38,125
5	47,708
7	35,239

Hasil analisa menunjukkan bahwa kadar etanol cenderung mengalami kenaikan namun setelah hari kelima kadar etanol mengalami penurunan. Dengan menggunakan metode analisa GC dapat diketahui bahwa kadar etanol untuk bioetanol dengan waktu fermentasi 3 hari adalah 38,125 %, kadar etanol untuk bioetanol dengan waktu fermentasi 5 hari adalah 47,708 % dan kadar etanol untuk bioetanol dengan waktu fermentasi 7 hari adalah 35,239 %. Untuk lebih jelasnya hasil analisa dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengaruh waktu fermentasi terhadap % etanol analisa GC

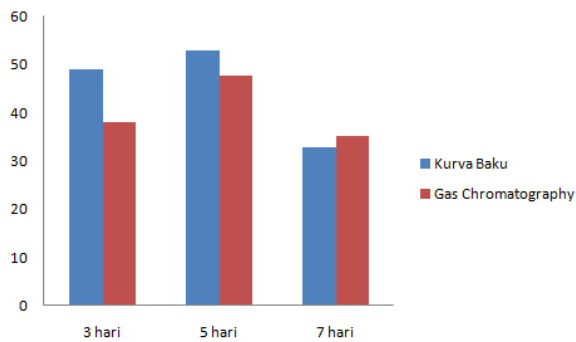
Dari gambar 10 terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi kadar bioetanol akan mengalami kenaikan, namun setelah hari kelima kadar bioetanol pada masing-masing sampel mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena proses fermentasi telah mencapai optimum pada waktu 5 hari, kadar bioetanol mengalami penurunan setelah melewati waktu optimalnya. Kenaikan kadar bioetanol ini terjadi karena lama waktu fermentasi berhubungan erat dengan kurva pertumbuhan mikroba. Pertumbuhan mikroba terdiri dari lima fase, yaitu fase adaptasi, fase pembiakan cepat, fase konstan atau stasioner dan fase terakhir adalah fase kematian.

Berdasarkan kadar % v/v dari etanol pada gambar 10 tersebut dapat dijelaskan bahwa pada saat waktu fermentasi mencapai 4 hari mikroba (*Saccharomyces cerevisiae*) memiliki aktivitas paling besar atau berada pada logarithmic phase. Logarithmic phase merupakan fase untuk pembentukan produk etanol yang terbesar. Kemudian setelah 4 hari mikroba akan mengalami stationary phase, dimana jumlah mikroba yang tumbuh sama banyaknya dengan mikroba yang mati sehingga tidak ada penambahan jumlah mikroba yang akan mengubah substrat menjadi etanol sehingga etanol yang terbentuk cenderung konstan. Setelah mikroba mengalami stationary phase maka akan berlanjut menjadi death phase / fase kematian. Hal ini sesuai dengan kurva pertumbuhan mikroba (gambar 9). Pada saat 24; 48 dan 72 jam etanol yang dihasilkan belum optimal karena yeast *Saccharomyces cerevisiae* berada pada tahap lag phase dan exponential phase. Tahap lag phase merupakan tahap adaptasi mikroba terhadap lingkungan dan exponential phase adalah tahap dimana mikroba mulai melakukan pertumbuhan. Dengan demikian aktivitas untuk pembentukan produk etanol belum optimal. Kurva tahap pertumbuhan mikroba dapat dilihat pada gambar 9.

Perbandingan Hasil Analisa Menggunakan Kurva Baku dan GC

Kedua metode analisa menunjukkan bahwa kadar etanol paling tinggi adalah pada saat waktu fermentasi 5 hari. Angka dari kedua metode analisa berbeda satu sama lain namun hasil analisa dari kedua metode ini memiliki kesimpulan yang sama yaitu kadar etanol cenderung naik sampai hari kelima fermentasi namun setelah 5 hari kadar etanol cenderung menurun. Hal ini dikarenakan sebagian mikroba yang bertugas untuk mengkonversi gula menjadi bioetanol telah berada dalam fase kematian, sehingga kadar etanol yang dihasilkan rendah.

Dibawah ini disajikan diagram perbandingan hasil analisa menggunakan kurva baku dan alat *Gas Chromatography*.



Gambar 11. Perbandingan hasil analisa kadar etanol

Dari gambar 11 analisa kadar etanol baik menggunakan kurva baku maupun alat GC sama-sama mengindikasikan bahwa kadar etanol tertinggi adalah kadar etanol yang dihasilkan dari fermentasi bioetanol selama 5 hari. Terdapat selisih angka antara kedua metode ini, hal ini dapat disebabkan oleh pembacaan indeks bias pada refraktometer yang kurang teliti sehingga berpengaruh pada kurva baku etanol yang dihasilkan. Selain itu, sebelum menggunakan alat GC sampel yang akan dianalisa harus dipreparasi terlebih dahulu. Dapat diasumsikan bahwa pada saat preparasi terdapat etanol yang menguap mengingat bahwa etanol memiliki sifat yang mudah menguap.

KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kedua metode pretreatment yang diteliti mampu mendegradasi lignin. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan persentase lignin yang cukup signifikan dimana semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan pada metode pretreatment alkali maka semakin besar penurunan kadar lignin yang terjadi. Metode yang paling efektif dalam mendegradasi lignin adalah metode pretreatment alkali dengan pemanasan selama 6 jam. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penurunan kadar lignin tertinggi yaitu sebesar 70,3%, peningkatan kadar selulosa tertinggi yaitu sebesar 48,23% dan peningkatan kadar hemiselulosa tertinggi yaitu sebesar 87,93%

Bioetanol yang memiliki kualitas paling baik adalah bioetanol dengan waktu fermentasi 5 hari yaitu 1,3491. Volume bioetanol paling

banyak dihasilkan pada waktu fermentasi 7 hari yaitu sebanyak 16 ml. Kadar etanol tertinggi berdasarkan kedua metode yaitu dihasilkan pada waktu fermentasi 5 hari. Kadar etanol pada bioetanol yang dihasilkan berdasarkan metode analisa kurva baku yaitu 52,33 % sedangkan menurut metode analisa GC kadar etanol tertinggi yaitu 47,708 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ardian, N.D., Endah, R.D., dan Sperisa, D., 2007, *Pengaruh Kondisi Fermentasi terhadap Yield Etanol pada Pembuatan Bioetanol dari Pati Garut*, J. Gema Teknik, 2
- Broto, L. 2010. *Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline*. LIPI
- Datta, R. 1981. *Acidogenic fermentation of lignocellulose-acid yield and conversion of components*. Bioetchnology and Bioengineering
- Patradhiani, Rurry dkk. 2010. *Studi Bahan Baku berlignoselulosa dari Limbah Pertanian untuk Produksi Gula Xilosa Murah Diikuti Proses Fermentasi Menghasilkan Etanol*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya dan M. Nasikin. 2007. *Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*. Makara. Teknologi. Vol 11. No. 1. April 2007: 17-24.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. SNI 7390:2008. Bioetanol. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta