

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Baku Pembuatan Bioetanol (Bagas)

Bagas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada Industri pemurnian gula sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*).

Pada proses penggilingan tebu, terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan bagas tebu. Pada penggilingan pertama dan kedua dihasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan, kemudian pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima dihasilkan nira dengan volume yang tidak sama. Setelah proses penggilingan awal yaitu penggilingan pertama dan kedua dihasilkan ampas tebu basah.



Gambar 1. Ampas Tebu
Sumber : Novaldi dan Raiza, 2011

Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Pada musim giling 2006 lalu, data yang diperoleh dari Ikatan Ahli Gula Indonesia (Ikagi) menunjukkan bahwa jumlah tebu yang digiling oleh 57 pabrik gula di Indonesia mencapai sekitar 30 juta ton, sehingga ampas tebu yang dihasilkan diperkirakan mencapai 9.640.000 ton. Namun, sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas,

bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan. (Novaldi dan Raiza, 2011)

Tanaman tebu yang sering kita lihat tidak hanya berisi air yang digunakan sebagai bahan pembuat gula tetapi memiliki komposisi yang lebih kompleks yakni: sacharose, zat sabut/fiber, gula reduksi dan beberapa bahan lainnya Sabut yang terkandung dalam bagas, tersusun dari beberapa komponen penyusun yakni: lignin, selulosa, hemiselulosa dan beberapa komponen lain , seperti dalam tabel berikut:

Tabel 1. Komponen Penyusun Sabut Bagas

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Lignin	24,2
2	Selulosa	52,7
3	Hemiselulosa	17,5
4	Lain-lain	5,6

Sumber : M Samsuri, 2007

Senyawa kimia yang terkandung dalam ampas tebu adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Senyawa Kimia dalam Bagas

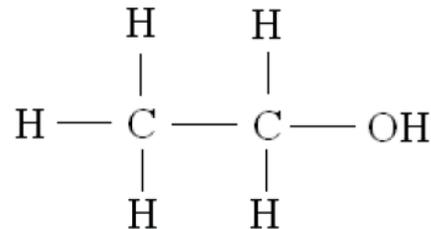
Senyawa	Jumlah (%)
SiO ₂	70,97
Al ₂ O ₃	0,33
Fe ₂ O ₃	0,36
K ₂ O	4,82
Na ₂ O	0,43
MgO	0,82
C ₅ H ₁₀ O ₅	22,27

Sumber : Hasil analisa No 4246/LT AKI/XI/99 Oleh Team Afiliansi dan Konsultasi Industri ITS Surabaya

2.2 Etanol

Etanol atau etil alkohol (C₂H₆O) adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau

yang khas. Kegunaan etanol yang lain adalah sebagai bahan aditif untuk menaikkan nilai oktan bensin, bahan campuran bensin, dan untuk jangka panjang diharapkan dapat menggantikan bensin sebagai bahan bakar.



Gambar 2. Etanol

Sumber : Bioethanol "Science and Technology of Fuel Alcohol"

Tabel 3. Sifat Fisik dan Kimia Etanol

Parameter	
Rumus Kimia	C ₂ H ₅ OH
Berat Molekul	46,07 g/mol
Densitas	0,798 kg/L
Titik didih	78,5 °C (173 F)
Titik beku	-117 °C
Titik nyala	12,8 °C
Tekanan uap	50 mmHg (38 °C)
HHV (20°C)	29800 KJ/kg (pada 20 °C)
LHV (20°C)	21090 KJ/L (pada 20 °C)
Viskositas	1,2 mPa.s (20°C)
Indeks bias	1,36 (25 °C)
Octane number	99

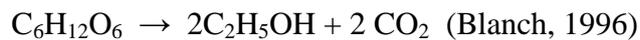
Sumber : Bioethanol "Science and Technology of Fuel Alcohol"

Penggunaan etanol 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-mono-oksida 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)

Etanol dapat diproduksi secara fermentasi dari bahan baku yang mengandung gula atau secara sintesis dapat juga diproduksi dari turunan minyak bumi. Tetapi hampir 93% produksi etanol di dunia diproduksi secara fermentasi. Berdasarkan pengalaman dan ketersediaan teknologi penyediaan glukosa untuk

proses fermentasi inilah proses produksi etanol digolongkan menjadi tiga generasi. Generasi pertama adalah pemanfaatan glukosa dari sirup gula alami seperti nira dan molase sisa pabrik gula. Berdasarkan penilikan sejarah, teknologi seperti ini sudah sangat populer dan melekat hampir di semua budaya masyarakat di belahan dunia mana saja.

Glukosa difermentasikan untuk menghasilkan etanol menurut reaksi:



Proses fermentasi etanol dari gula hasil hidrolisis selulosa dilakukan pada temperatur 30-35°C dan pH 4,5-5,5 selama 36-72 jam (Blanch, 1996). Konsentrasi gula pada larutan fermentasi diatur maksimum 17-18, itu merupakan kadar gula maksimum yang disukai *Saccharomyces* untuk mengkonversi gula menjadi etanol. Proses fermentasi ini menghasilkan etanol maksimal 12% karena diatas kondisi tersebut mikroba akan mati.

Etanol yang diproduksi dari bahan berlignoselulosa meliputi dua tahap reaksi. Tahap pertama adalah konversi selulosa menjadi gula dan tahap kedua adalah produksi etanol dari gula hasil konversi. Konversi selulosa menjadi gula dilakukan melalui reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis dapat dilakukan secara kimia maupun secara enzimatis. (Broto, 2010)

2.3 Parameter Mutu Bioetanol

Bioetanol termasuk jenis sumber energi terbarukan yang sedang dipacu pengembangannya. Penerapan SNI Bioetanol terhadap produk bioetanol akan lebih berdaya guna dan berhasil guna jika didukung oleh sistem akreditasi dan sertifikasi nasional, pengujian dan kalibrasi yang andal dapat dipercaya dan dilakukan sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku. Pelaksanaan program jaminan mutu harus ditunjang oleh laboratorium penguji yang terakreditasi secara nasional atau internasional. Total produksi Bioetanol per Desember 2007 mencapai ± 160.000 kL, yang dihasilkan dari produsen yang berskala proyek riset, kecil dan menengah (small and medium) sampai dengan skala komersial. Produksi ini cukup besar dan perlu dimonitor kualitasnya. (Kussuryani, 2008)

Tabel 4. Parameter Uji Bioetanol sesuai SNI 7390:2008

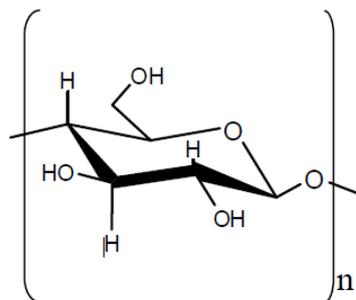
No	Sifat	Unit min/max	Spesifikasi
1	Kadar etanol	% v, min	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)
2	Kadar metanol	mg/L, max	300
3	Kadar air	% v, min	1
4	Kadar denaturan	% v, min % v, max	2 5
5	Kadar tembaga (Cu)	mg/kg, max	0,1
6	Keasaman sebagai CH ₃ COOH	mg/L, max	30
7	Tampakan		Jernih dan Terang, tidak ada endapan dan kotoran
8	Kadar ion klorida (Cl ⁻)	mg/L, max	40
9	Kandungan Belerang (S)	mg/L, max	50
10	Kadar getah (gum) dicuci	mg/100 ml, max	5
11	pHe		6,5-9

Sumber : Badan Standarisasi Nasional

2.4 Komponen Lignoselulosa

Selulosa

Selulosa adalah salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik. Selulosa cenderung membentuk mikrofibril melalui ikatan inter dan intra molekuler sehingga memberikan struktur yang larut. Mikrofibril selulosa terdiri dari 2 tipe, yaitu kristalin dan amorf.



Gambar 3. Struktur Monomer Selulosa

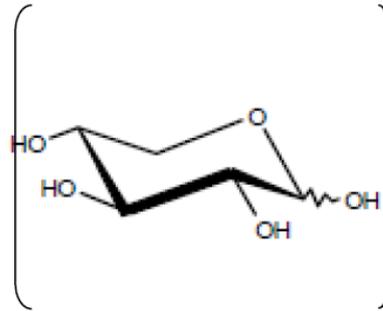
Sumber : Girisuta et al, 2007

Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin, yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau disebut heteropolisakarida, dan dikelompokkan berdasarkan residu gula utama sebagai penyusunnya seperti xylan, mannan, galactan dan glucan. Hemiselulosa terikat dengan polisakarida, protein dan lignin dan lebih mudah larut dibandingkan dengan selulosa.

Di dalam kayu, kandungan hemiselulosa berkisar antara 25-30%, tergantung dari jenis kayunya. Hemiselulosa memiliki keragaman dengan selulosa yaitu merupakan polimer dari unit-unit gula yang terikat dengan ikatan glikosidik, akan tetapi hemiselulosa berbeda dengan selulosa dilihat dari komponen unit gula yang membentuknya, panjang rantai molekul dan percabangannya. Unit gula yang membentuk hemiselulosa dibagi menjadi beberapa kelompok, seperti pentosa, heksosa, asam heksuronat dan deoksiheksosa.

Hemiselulosa adalah heteropolisakarida yang terdiri dari pentose (β -D-xylose, α -L-arabinose), heksosa (β -D-mannose, β -D-glucose, α -D-galactose) dan asam (α -D-glucuronic, α -D-4-O-methylgalacturonic and α -D-galacturonic acids) (Gambar 2.2). Terdapat beberapa gula seperti α -L-rhamnose dan α -L-fucose dalam jumlah kecil dan grup gula hidroksil yang dapat disubstitusi dengan grup asetil. (Gírio et al., 2010) Berbeda dari selulosa yang merupakan homopolisakarida dengan monomer glukosa rantai utama hemiselulosa dapat terdiri atas hanya satu jenis monomer (homopolimer), seperti xilan, atau terdiri atas dua jenis atau lebih monomer (heteropolimer), seperti glukomannan (Schacht et al., 2008).. Xylan merupakan polisakarida dengan ikatan β -1,4-D-xylopyranose dengan rantai bercabang.



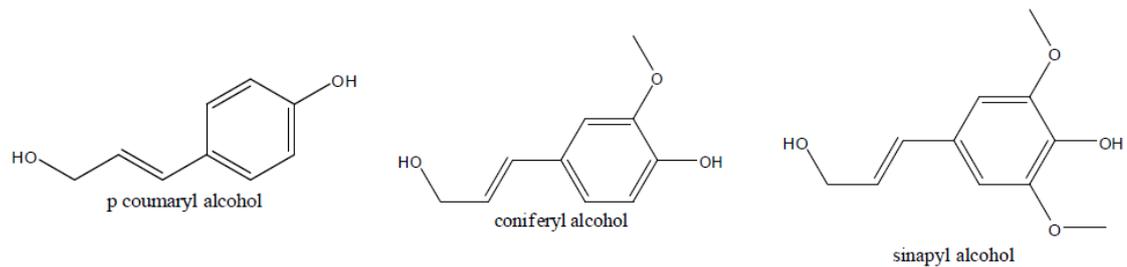
Gambar 4. Struktur Xilosa
Sumber : Girisuta et al, 2007

Hemiselulosa merupakan suatu kesatuan yang membangun komposisi serat dan mempunyai peranan yang penting karena bersifat hidrofilik sehingga berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik serat. Kehilangan hemiselulosa akan menyebabkan terjadinya lubang diantara fibril dan kurangnya ikatan antar serat.

Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40% . Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis

Lignin merupakan polimer alami yang paling melimpah di alam setelah selulosa dan hemiselulosa. Tidak seperti selulosa dan hemiselulosa, meskipun tersusun atas karbon, hydrogen dan oksigen, lignin bukanlah karbohidrat. Lignin adalah heteropolimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi. Lignin tersusun dari tiga jenis unit fenilpropana yang berbeda yaitu *p*-kumaril, koniferil, dan sinapil alkohol. (Muljana, 2013)



Gambar 5. Struktur Lignin

Sumber : Girisuta, 2007

Lignin sangat sulit untuk didegradasi, sehingga keberadaannya memberikan bentuk lignoselulosa yang kompleks dan menghambat degradasi selulosa oleh mikroba ataupun bahan kimia lainnya (Schacht et al., 2008).

2.5 Pretreatment Alkali

Lignocellulosic biomassa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisis. Oleh sebab itu, proses perlakuan awal dan hidrolisis merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi perolehan glukosa dan bioetanol.

Perlakuan awal ini dimaksudkan untuk memecah struktur kristalin selulosa dan memisahkan lignin sehingga selulosa dapat terpisah, serta meningkatkan porositas bahan. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan bioetanol (Schacht et al., 2008).

Perlakuan awal dapat dilakukan secara fisika, fisiko-kimia, kimia, biologis maupun kombinasi dari cara-cara tersebut. Perlakuan awal secara fisika antara lain berupa penggilingan, dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa. Perlakuan awal secara fisikokimia antara lain adalah *steam explosion*, *ammonia fiber explosion* (AFEX), dan CO₂

explosion. Pada metode ini, partikel biomassa dipaparkan pada suhu dan tekanan tinggi, kemudian tekanannya diturunkan secara cepat sehingga bahan mengalami dekompresi eksplosif. Perlakuan awal secara kimia, di antaranya adalah perlakuan awal dengan menggunakan asam, dan alkali (Schacht et al., 2008).

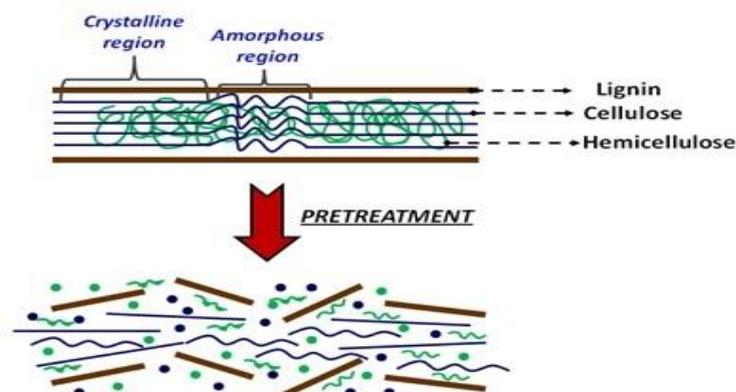
Basa dapat digunakan untuk pretreatment bahan berlignoselulosa. Efek dari pretreatment alkali bergantung pada kandungan lignin dari bahan. Pretreatment alkali berlangsung pada temperatur dan tekanan rendah dibandingkan dengan teknologi pretreatment lainnya. Pretreatment alkali juga dapat berlangsung pada temperatur ambien tetapi pretreatment memerlukan waktu yang lebih lama yaitu dalam hitungan jam atau hari. Dibandingkan dengan proses asam, pada proses basa gula yang terdegradasi lebih sedikit. sodium, potasium, calcium dan ammonium hydroxides adalah agen pretreatment alkali yang bisa digunakan. (Kumar, 2009)

2.6 Proses Pembuatan Bioetanol

Ada 5 tahap dalam pembuatan bioetanol berbahan dasar lignoselulosa, yaitu pretreatment, hidrolisis, fermentasi, distilasi, dan dehidrasi

1. Pretreatment

Proses Pretreatment diperlukan untuk memecah struktur lignin agar selulosa dan hemiselulosa dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan bioetanol. Lignin ada suatu selubung yang menutupi selulosa dan hemiselulosa.



Gambar 6. Pretreatment bahan berlignoselulosa
Sumber : Oktaviany, 2014

2. Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses pemecahan komponen gula kompleks menjadi gula sederhana. Proses hidrolisis biasanya dilakukan dengan penambahan asam atau enzim.

3. Fermentasi

Proses fermentasi adalah proses konversi gula menjadi bioetanol

4. Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan bioetanol berdasarkan perbedaan titik didih

5. Dehidrasi adalah proses penyerapan kadar air sehingga bioetanol yang dihasilkan adalah bioetanol berkualitas FGE (Full Grade Etanol)

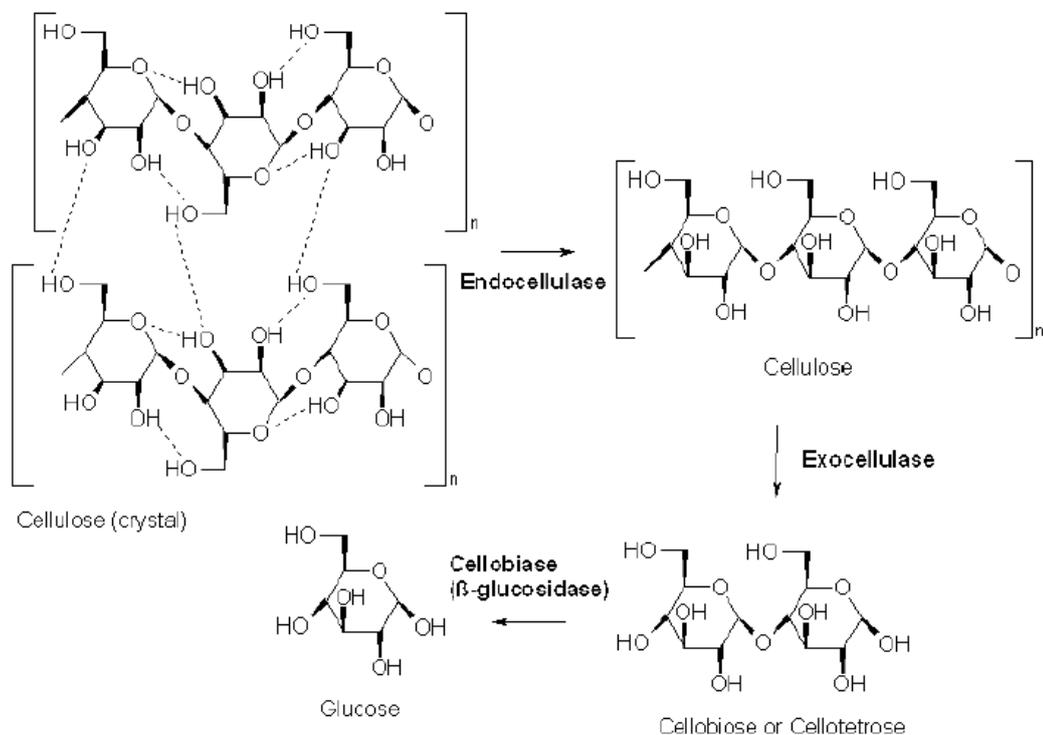
2.7 Hidrolisis Enzimatik

Proses menggunakan enzim biasanya lebih disukai daripada proses menggunakan asam karena enzim bekerja lebih spesifik sehingga tidak menghasilkan produk yang tidak diharapkan, dapat digunakan pada kondisi proses yang lebih ringan, dan lebih ramah lingkungan. (Hengky Muljana, 2013)

Pada proses hidrolisis secara enzimatik dapat digunakan enzim selulase atau enzim lainnya yang dapat memecah selulosa menjadi monomer-monomernya. Aplikasi hidrolisis menggunakan enzim secara sederhana dilakukan dengan mengganti tahap hidrolisis asam dengan tahap hidrolisis enzim. Hidrolisis enzimatis memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, antara lain tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang lebih lunak (pH sekitar 4,70-4,80 dan suhu 45–50°C), tidak terjadi reaksi samping, lebih ramah lingkungan, dan tidak melibatkan bahan - bahan yang bersifat korosif (Cheng & Timilsina, 2011; Schacht et al., 2008). Beberapa kelemahan dari hidrolisis enzimatis antara lain adalah membutuhkan waktu yang lebih lama, dan kerja enzim dihambat oleh produk. Selain itu, enzim bekerja secara spesifik dan tidak bisa menembus lignin yang mengikat selulosa dan hemiselulosa. Sehingga sebelum dihidrolisis secara enzimatis, limbah lignoselulosa harus mengalami proses penghilangan lignin atau biasa disebut delignifikasi. Harga enzim yang

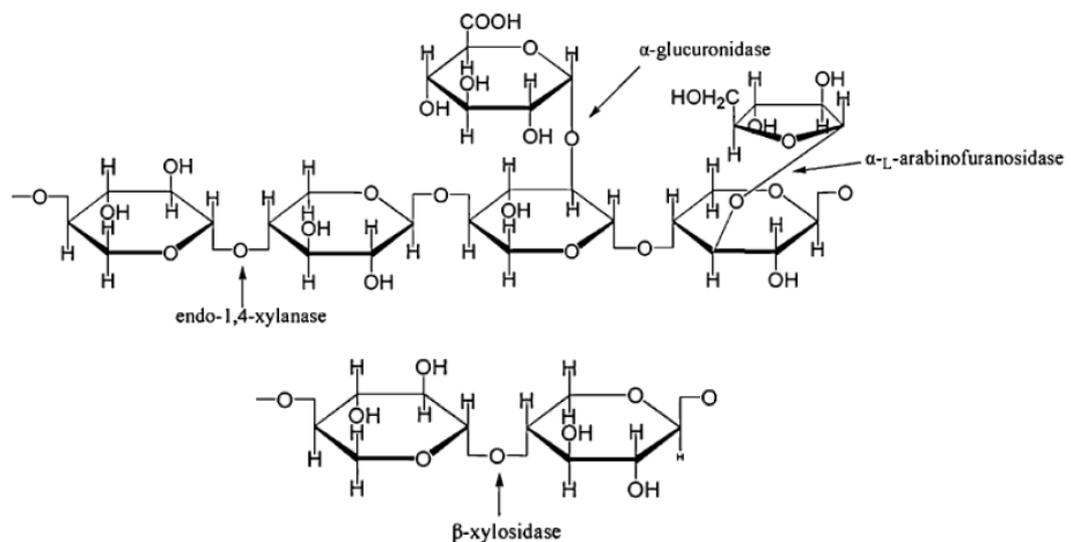
relatif lebih mahal dibandingkan asam juga menjadi kerugian penggunaan hidrolisis enzimatik (Schacht et al., 2008).

Selulosa dapat dihidrolisis secara enzimatik dengan menggunakan enzim selulase mengikuti mekanisme yang dapat dilihat pada Gambar 2.5. Enzim selulase biasanya merupakan campuran dari beberapa enzim, sedikitnya ada tiga kelompok enzim yang terlibat dalam proses hidrolisis selulosa, yaitu endoglukanase (endo- β -1,4 glukonase) yang bekerja pada wilayah serat selulosa yang mempunyai kristalinitas rendah untuk memecah selulosa, secara acak dan membentuk ujung rantai yang bebas, eksoglukanase (ekso- β -1,4 glukonase) atau selobiohidrolase yang mendegradasi lebih lanjut molekul tersebut dengan memindahkan unit-unit selobiosa dari ujung-ujung rantai yang bebas, dan β -1,4 glukosidase atau selobiose yang menghidrolisis selobiosa menjadi glukosa. Hidrolisis selulosa juga dapat dilakukan dengan menggunakan mikroba yang menghasilkan enzim selulase, seperti *Trichoderma reesei*, *Trichoderma viride*, dan *Aspergillus niger*.



Gambar 7. Hidrolisis Selulosa dengan Enzim Selulase
Sumber : Wang, Mingyu et al. 2012

Sedangkan untuk hidrolisis hemiselulosa yang sebagian besar adalah xylan yang mengandung xylose, L-arabinose dan D-glucuronic acid, Endo- β -1,4 xylanase yang akan memecah rantai utama xylan, β -xylosidase yang akan menghidrolisis xylooligosakarides menjadi xylose, dan beberapa aktivitas enzim penambah seperti α - β -arabinosidase dan α -glucuronidase yang akan memecah arabinose dan 4-O-methyl glucuronic acid substituent dari bagian tulang belakang xylan diperlukan (Wang, Mingyu et al., 2012)



Gambar 8. Struktur Kimia dan Degradasi dari Hemiselulosa
Sumber : Wang, Mingyu et al. 2012

2.8 Fermentasi Glukosa Menjadi Bioetanol

Proses fermentasi glukosa dari selulosa pada prinsipnya sama dengan yang digunakan pada fermentasi glukosa dari pati atau nira yang tersedia secara komersial. Pada proses ini, gula-gula sederhana yang terbentuk difermentasi menjadi etanol dengan bantuan khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan bakteri *Zymomonas mobilis*. Fermentasi biasanya dilakukan pada suhu 30°C, pH 5, dan sedikit aerobik. Fermentasi hasil hidrolisis komponen hemiselulosa seperti xilosa menjadi etanol dapat menggunakan khamir *Pichia stipitis* atau *Candida shehatae*. Pada fermentasi xilosa, tiga molekul xilosa menghasilkan lima molekul etanol, lima molekul CO₂, dan lima molekul air (Marques et al., 2008).

Dalam proses konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol, dapat dilakukan beberapa integrasi reaksi. Reaksi yang diintegrasikan atau digabungkan antara lain adalah reaksi sakarifikasi atau hidrolisis selulosa menjadi gula sederhana dan reaksi fermentasi gula heksosa menjadi etanol atau yang biasa dikenal dengan proses sakarifikasi dan fermentasi serentak (*simultaneous saccharification and fermentation/SSF*). Reaksi-reaksi lain yang dapat diintegrasikan adalah fermentasi heksosa dan pentosa yang disebut *co-fermentation* (CF), reaksi sakarifikasi, fermentasi heksosa dan pentosa yang disebut *simultaneous saccharification and co-fermentation* (SSCF) serta reaksi SSCF ditambah dengan produksi selulase yang disebut *consolidated bioprocessing* (CBP). Di antara keempat proses integrasi atau gabungan reaksi tersebut, proses SSF adalah yang paling banyak dilakukan (Marques et al., 2008).

2.9 Pemurnian Bioetanol dengan Destilasi

Pada tahap pemurnian etanol, proses yang sering digunakan adalah proses destilasi. Destilasi adalah salah satu metode dari pemurnian dengan cara memisahkan dua atau lebih komponen-komponen dalam suatu cairan berdasarkan perbedaan tekanan uap masing-masing komponen (Hidayat, 2007). Pemisahan bahan dengan metode destilasi ini dapat dilakukan jika komposisi fase uap memiliki perbedaan dengan komposisi fase cair. Jika komposisi fase uap sama dengan komposisi fase cair, maka pemisahan dengan jalan destilasi tidak dapat dilakukan (Irfani, 2007).

Proses destilasi adalah salah satu metode yang paling umum digunakan dalam pemisahan larutan dengan titik didih rendah seperti etanol. Pada proses ini, energi yang dibutuhkan cukup besar jika cairan (etanol) yang akan dipisahkan mempunyai konsentrasi yang kecil didalam larutannya (Offeman dkk, 2006). Pada proses destilasi etanol, larutan fermentasi yang terdiri dari campuran etanol, air dan bahan-bahan lainnya dipisahkan pada tekanan atmosfer dengan suhu tertentu. Pada suhu 100°C air mendidih dan akan menguap, sedangkan etanol mendidih pada suhu sekitar 77°C. Perbedaan titik didih inilah yang memungkinkan pemisahan campuran etanol dan air. Jika larutan campuran etanol air dipanaskan,

maka akan lebih banyak molekul etanol menguap dari pada air (Harahap, 2003). Etanol yang telah dikeluarkan dari tangki fermentasi, dan telah dilewatkan separator sentrifugal, dikirim ke kolom-kolom destilasi dan rektrifikasi untuk dipisahkan dari air dan bahan-bahan pengotor lainnya (Lidya dan Djenar, 2000). Untuk memperoleh bio-etanol dengan kemurnian lebih tinggi dari 99,5% atau yang umum disebut *fuel based ethanol*. Masalah yang timbul adalah sulitnya memisahkan hidrogen yang terikat dalam struktur kimia alkohol dengan cara destilasi biasa. Oleh karena itu untuk mendapatkan *fuel based ethanol* dilaksanakan pemurnian lebih lanjut dengan cara *Azeotropic* destilasi (Nurdyastuti, 2006). *Azeotrop* adalah keadaan di mana suatu larutan mempunyai fasa uap dan fasa cair yang sama saat dididihkan.

Permurnian etanol melalui destilasi bertingkat merupakan bagian terpenting dalam proses produksi untuk mendapatkan etanol dengan kadar/kualitas yang lebih baik sehingga dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif potensial yang dapat diperbarui. Proses pemurnian ini melalui empat tahapan proses *dehydration*, dalam arti menghilangkan (memisahkan) air dalam larutan. Penggunaan energi dalam proses ini hanya pada proses penguapan yang berdasarkan *boiling point*. *Condensor* dengan selang penguapan berbentuk spiral dengan tujuan lebih panjang uap berjalan, serta lebih murni yang dihasilkan dari proses tersebut (Anonymous, 2006).

2.10 Potensi Produksi Bioetanol dari Bahan Berlignoselulosa

Target pasokan bioetanol dari tahun ke tahun semakin meningkat. Untuk menunjang tercapainya produksi bioetanol dalam jangka pendek, menengah dan jangka panjang, maka bahan dasar terutama lignoselulosa perlu digali lebih dini untuk dikaji potensinya. Seperti terlihat pada Gambar 1, prospek bioetanol yang bersumber dari bahan lignoselulosa merupakan suatu tantangan yang perlu dikaji dan diperhitungkan mengingat semakin meningkatnya permintaan akan bioetanol di masa yang akan datang. (Anindyawati, 2009)

Pada program jangka pendek (2005-2010), penelaahan produk berbasis pati dan molases untuk menghasilkan gasohol dengan menggunakan teknik

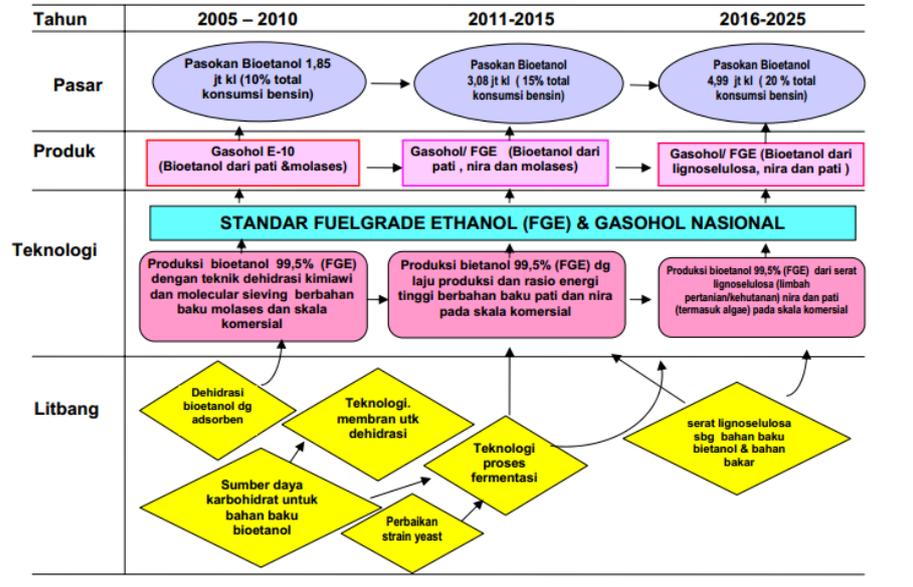
dehidrasi kimia dan *molecular sieving*, diharapkan dapat memenuhi pasokan bioetanol 1,85 juta kilo liter atau 10% total konsumsi bensin. Untuk jangka menengah (2011-2015), perbaikan *strain yeast* untuk mendapatkan *strain/galur* unggul diperlukan pada tahap proses fermentasi agar diperoleh produksi bioetanol dengan konsentrasi tinggi (99,5%).

Pada program jangka panjang (2016-2025), bahan baku serat lignoselulosa untuk produksi bioetanol dan bahan bakar, diharapkan selain menghasilkan gasohol dapat juga menghasilkan bioetanol dengan kadar tinggi (FGE) sehingga akan meningkatkan pasokan bioetanol menjadi 4,99 juta kilo liter (20% dari total konsumsi bensin). Dapat diasumsikan bahwa untuk semua tahapan (jangka pendek sampai jangka panjang, diperlukan teknologi yang bisa menghasilkan bioetanol berstandar FGE yang tinggi (99,5%).

Bahan lignoselulosa adalah bahan-bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Keberadaan lignin sangat menghambat proses degradasi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa. Oleh karena itu, lignin harus dihilangkan baik secara kimia maupun secara enzimatik yang merupakan proses delignifikasi, dan setelah itu dapat dilakukan proses fermentasi untuk produksi bioetanol. Tahapan proses untuk produksi bioetanol meliputi proses penghalusan bahan dasar, proses delignifikasi, sakarifikasi, fermentasi dan dilanjutkan proses pemurnian dengan cara destilasi.



2. Roadmap Sektor Energi Bio-Etanol



Gambar 9. Roadmap Sektor Energi Bioetanol
 Sumber : KEMEN RISTEK