

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan salah satu permasalahan utama dunia pada abad ke-21. Sampai saat ini bahan bakar minyak masih menjadi konsumsi utama negara-negara dunia. Minyak bumi bisa menjadi senjata politik yang menakutkan karena sektor industri dunia sangat bergantung kepada pasokan minyak bumi. Terbukti dengan persoalan suplai dan permintaan memang menjadi salah satu sebab melonjaknya harga minyak dunia. Tidak hanya di Indonesia, tetapi juga hampir di semua negara di dunia. Untuk konteks Indonesia, dampak kenaikan harga menjadi dahsyat karena Indonesia hampir sepenuhnya bergantung pada minyak bumi dalam memenuhi kebutuhan energinya (Energy Information Agency, US-Department of Energy).

Dengan pertumbuhan perekonomian nasional antara 4-6% per tahun, kebutuhan akan energi nasional juga akan ikut melonjak karena pertumbuhan industri yang memerlukan sarana pendukung atau utilitas, seperti listrik, bahan bakar, dan air, untuk keberlangsungannya. Indikasi lain, misalnya, adalah peningkatan penjualan kendaraan bermotor roda empat hingga 33% di tahun 2004 (Rochma, 2005).

Bagi masyarakat Indonesia, peran BBM masih 63% dalam pemakaian energi final nasional-2003. Indonesia yang dulu menjadi negara pengeksport

minyak, sejak tahun 2004 berubah menjadi negara pengimpor minyak. Pada tahun 2004 Indonesia mengimpor minyak 487 ribu barel/hari. Sementara itu harga minyak dunia terus mengalami peningkatan harga. Hal ini jelas akan menggoyang perekonomian nasional. Maka, harus ada upaya-upaya strategis untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi. Hal ini sudah cukup mendesak mengingat cadangan minyak nasional hanya sampai 18 tahun lagi, sementara konsumsi dalam negeri terus meningkat. Diprediksikan pada tahun 2010, jumlah import BBM akan meningkat menjadi sekitar 60-70% dari kebutuhan BBM dalam negeri. Fakta ini akan menjadikan Indonesia menjadi pengimpor BBM terbesar di Asia.

Oleh karena itu, penggunaan bahan bakar alternatif harus segera dilakukan terutama yang berbentuk cair, karena masyarakat sudah sangat familiar dengan bahan bakar cair, BBM. Salah satunya adalah bioetanol. Bioetanol dengan karakteristiknya dapat mensubstitusi bensin. Indonesia perlu mengembangkan bioetanol karena :

1. Konsumsi energi meningkat
2. Bahan bakar fosil akan habis
3. Devisa (impor bbm)
4. Potensi penggunaan biofuel
6. Potensi lahan
7. Potensi sumber daya manusia (petani)

Data statistik yang diterbitkan oleh BPS tentang kebutuhan etanol di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat seperti terlihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut :

Tabel 1.1. Data kebutuhan etanol (BPS 2007)

Tahun	Jumlah (ton)
2002	33315
2003	36485
2004	45331
2005	52418
2006	75284
2007	100302

Adapun kelebihan dan kekurangan bioetanol dibandingkan bensin antaralain :

- Kelebihannya :
 - a. Bioetanol aman digunakan sebagai bahan bakar, titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan bensin.
 - b. Emisi hidrokarbon lebih sedikit.
 - c. Etanol yang minim kandungan air ini tidak mengakibatkan karat di saluran bensin/nosel injektor/ruang bakar.

- Kekurangannya :
 - a. Mesin dingin lebih sulit melakukan starter.
 - b. Bioetanol bereaksi dengan logam seperti magnesium dan aluminium.

Bioetanol ini merupakan campuran 80-90% Bensin/Premium dengan 10-20% bioetanol. Nilai oktan gasohol bioetanol BE-10 ini sekitar 105-110, setara dengan Pertamina Plus namun dengan harga yang lebih bersaing alias lebih rendah dari harga Pertamina Plus saat ini. Beberapa negara di Brasil, Amerika Serikat, Kanada, Uni Eropa, dan Australia sudah menggunakan campuran 63% bioetanol dan 37% bensin.

Pemakaian bioetanol di dunia makin besar. Produksi bioetanol dunia untuk bahan bakar diduga akan meningkat dari 19 milyar liter (2001) menjadi 31 milyar liter (estimasi 2006).

Sumber bioetanol tak cuma dari singkong saja, bisa juga tebu, ubi jalar, sagu, jagung, gandum, bahkan limbah pertanian seperti jerami. Di Amerika Serikat yang banyak dipakai sebagai sumber pati adalah jagung. Tetapi Eropa dan Amerika, menyebutkan bahwa konversi bahan pangan/pakan menjadi etanol bias berdampak pada naiknya harga-harga pangan dan pakan.

Oleh karena itu, arah pengembangan bioetanol mulai berubah ke arah pengembangan bioetanol generasi kedua, yaitu bioetanol dari biomassa lignoselulosa. Eropa menargetkan di tahun 2014 bioetanol generasi kedua sudah bisa diproduksi secara besar-besaran. Namun, bahan baku menjadi

masalah. Biomassa lignoselulosa mereka terbatas. Musim yang tidak mendukung merupakan faktor utamanya sehingga produksi biomassa lignoselulosa tidak dapat optimal. Potensi biomassa yang cukup besar antara lain adalah jerami-jeramian (*wheat, oat, barley, corn*).

Indonesia memiliki keunggulan dalam hal biomassa lignoselulosa dibandingkan negara-negara beriklim dingin. Biomassa lignoselulosa di Indonesia, melimpah, murah, tapi juga banyak yang disia-siakan. Ada banyak potensi biomassa lignoselulosa di Indonesia. Sehingga sangat tepat jika pabrik bioetanol didirikan di Indonesia.

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1. Jerami

Jerami yang digunakan pada pembuatan bioetanol adalah jerami padi dimana sampah gabahnya telah dipisahkan terlebih dahulu.

Sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut jerami perlu dilakukan perlakuan pendahuluan. Perlakuan pendahuluan ini antara lain adalah pengeringan dan pencacahan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air jerami sehingga jerami dapat disimpan dalam waktu yang relatif lama. Pencacahan bertujuan untuk memperkecil ukuran jerami sehingga lebih mudah dilakukan pengolahan

Berikut ini adalah kandungan jerami :

Tabel 1.2. Kandungan Jerami

Komponen	Kandungan (%)
Hemiselulosa	27,5
Selulosa	39,1
Lignin	12,5
Abu	11,5
H ₂ O	9,4

- Selulosa

Selulosa adalah polymer glukosa (hanya glukosa) yang tidak bercabang. Bentuk polymer ini memungkinkan selulosa saling menumpuk/terikat menjadi bentuk serat yang sangat kuat. Panjang molekul selulosa ditentukan oleh jumlah unit glukan di dalam polymer, disebut dengan derajat polymerisasi. Derajat polymerase selulosa tergantung pada jenis tanaman dan umumnya dalam kisaran 2000 – 27000 unit glukan. Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan asam atau enzim. Selanjutnya glukosa yang dihasilkan dapat difermentasi menjadi etanol.

- Hemiselulosa

Hemiselulosa mirip dengan selulosa yang merupakan polymer gula. Namun, berbeda dengan selulosa yang hanya tersusun dari glukosa,

hemiselulosa tersusun dari bermacam-macam jenis gula. Monomer gula penyusun hemiselulosa terdiri dari monomer gula berkarbon 5 (C-5) dan 6 (C-6), misalnya: xylosa, mannose, glukosa, galaktosa, arabinosa, dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukoroat, asam metal glukoronat, dan asam galaturonat. Xylosa adalah salah satu gula C-5 dan merupakan gula terbanyak kedua di biosfer setelah glukosa. Kandungan hemiselulosa di dalam biomassa lignoselulosa berkisar antara 11% hingga 37% (berat kering biomassa). Hemiselulosa lebih mudah dihidrolisis daripada selulosa, tetapi gula C-5 lebih sulit difermentasi menjadi etanol daripada gula C-6.

- Lignin

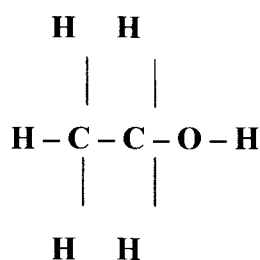
Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin adalah material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi.

- Glukosa

Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) adalah gula sederhana (monosakarida). Glukosa adalah salah satu produk utama fotosintesis dan merupakan komponen structural pada tanaman. Glukosa merupakan gula C-6 yang memiliki beberapa bentuk, tetapi umumnya digambarkan sebagai cincin karon.

1.2.2. Etanol

Alkohol dalam ilmu kimia adalah senyawa organik alifatik yang strukturnya dari alkana, dimana satu atau lebih atom H yang ada diganti dengan sebuah atau lebih gugus fungsional (OH), dan mempunyai rumus umum $C_nH_{2n+1}OH$. Sedangkan istilah alkohol dalam industri biasanya digunakan untuk menyebutkan senyawa etanol atau disebut juga ethyl alkohol, yang rumus kimianya adalah C_2H_5OH . Sesungguhnya etanol termasuk golongan alkohol primer, yaitu alkohol yang gugus hidroksilnya terikat pada karbon primer (utama). Etanol (disebut juga etil-alkohol atau alkohol saja), 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 (bau vodka). Bahan ini dapat memabukkan jika diminum. Etanol sering ditulis dengan rumus EtOH. Rumus molekul etanol adalah C_2H_5OH atau rumus empirisnya C_2H_6O . Berikut ini struktur molekul etanol sesuai dengan gambar 1.1 di bawah ini :



Gambar 1.1. Struktur Molekul Etanol (C_2H_5OH)

Etanol merupakan suatu zat yang bersifat jernih, cairan yang tidak terlarutkan, seringkali bersifat ramah namun jika etanol dalam larutan yang

berkonsentrasi tinggi etanol akan bersifat mambakar. Etanol mempunyai titik didih pada 78.5°C dan titik beku pada (-114.5°C) . Etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ merupakan jenis alkohol, dimana merupakan suatu senyawa yang memiliki gugus hidroksil, $-\text{OH}$ yang terikat dengan rantai atom karbon. Adapun karakteristik etanol dapat dilihat seperti Tabel 1.2 berikut ini :

Tabel 1.3. Karakteristik etanol.

Rumus Molekul	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Massa Molekul	46,06844 (232) g/mol
Wujud	Cairan bening
Densitas	$0,789 \text{ g/cm}^3$
Titik beku	$-114,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (158,8 K)
Titik didih	$78,4 \text{ C}$ (351,6 K)
Kelarutan dalam air	Dapat larut.

Berdasarkan atas letak radikal OH pada atom C, alkohol dapat dibedakan atas alkohol primer, alkohol sekunder dan alkohol tersier. Di bawah ini adalah merupakan penjelasan tentang penggolongan alkohol tersebut :

1. Alkohol primer

Apabila suatu alkohol di mana gugus hidroksil (OH) terikat pada atom karbon primer yaitu atom karbon yang mengikat satu atom karbon yang lain.

Contoh: $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH}$ (etanol)

2. Alkohol sekunder

Apabila alkohol dimana gugus hidroksil (-OH) terikat pada atom sekunder, yaitu atom karbon yang mengikat dua atom karbon yang lain.

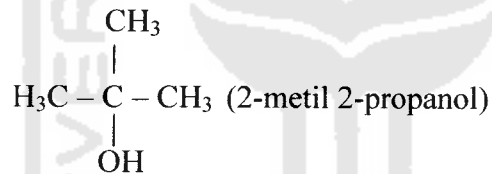
Contoh : $\text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3$ (2-propanol)



3. Alkohol tersier

Apabila alkohol dimana gugus hidroksil (-OH) terikat pada atom karbon tersier yaitu atom karbon yang mengikat tiga atom karbon yang lain.

Contoh :



Alkohol atau ethanol mempunyai sifat-sifat fisis yaitu (Sabirin, 1997):

1. Sifatnya mudah menguap dan mudah terbakar.
2. Mempunyai bau dan rasa yang khas.
3. Dapat bercampur dengan air, metyl alkohol, eter, khloroform dan aseton.
4. Apabila dicampur dengan air akan terjadi peristiwa kontraksi atau penyusutan volume.
5. Pada temperatur kamar dapat berupa zat cair dan tidak berwarna.
6. Sifat-sifat fisis lain (Perry dan Don Green, 1984):
 - Berat molekul : 46,07
 - Berat jenis : 0,789 gr/ml

- Titik didih : 78,4^uC
- Titik beku : - 122⁰C
- Panas spesifik : 0,618 cal/gr
- Indeks bias : 1,3651
- Tegangan permukaan : 22,3 dyne/cm
- Titik nyala api : 12,7⁰C
- Spesifik gravity : 0,816
- Viskositas : 0,0141 poise

1.2.3. Proses pembuatan alkohol

Secara umum jerami dan bahan lignoselulosa lainnya tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa tersusun dari monomer-monomer gula sama seperti gula yang menyusun pati (glukosa). Selulosa ini berbentuk serat-serat yang terpilin dan diikat oleh hemiselulosa, kemudian dilindungi oleh lignin yang sangat kuat. Akibat dari perlindungan lignin dan hemiselulosa ini, selulosa menjadi sulit untuk dipotong-potong menjadi gula (proses hidrolisis). Salah satu langkah penting untuk biokonversi jerami menjadi etanol adalah memecah perlindungan lignin ini.

Proses biokonversi jerami menjadi ethanol adalah :

- Panen
- Pretreatment

- Hidrolisis
- Fermentasi
- Distilasi
- Dehidrasi

Jerami padi yang baru saja dipanen dikumpulkan di suatu tempat. Jerami ini kemudian di cacah-cacah dengan mesin cacah agar ukurannya menjadi kecil-kecil dan siap untuk dilakukan pretreatment. Banyak cara untuk melakukan pretreatment, misalnya dengan cara ditekan dan dipanaskan secara cepat dengan uap panas (*Steam Exploded*). Bisa juga dengan cara direndam dengan kapur selama waktu tertentu. Ada juga yang merendamnya dengan bahan-bahan kimia yang bisa membuka perlindungan lignin. Setelah pelindung lignin ini menjadi 'lunak', maka jerami siap untuk dihidrolisis.

Ada dua cara umum untuk hidrolisis, yaitu: hidrolisis dengan asam dan hidrolisis dengan enzim. Hidrolisis asam biasanya menggunakan asam sulfat encer. Jerami dimasak dengan asam dalam kondisi suhu dan tekanan tinggi. Dalam kondisi ini waktu hidrolisisnya singkat. Hidrolisis bisa juga dilakukan dalam suhu dan tekanan rendah, tetapi waktunya menjadi lebih lama. Hidrolisis dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama sebagian besar hemiselulosa dan sedikit selulosa akan terpecah-pecah menjadi gula penyusunnya. Hidrolisis tahap kedua bertujuan untuk memecah sisa selulosa yang belum terhidrolisis. Dengan dua tahap hidrolisis ini diharapkan akan diperoleh gula dalam jumlah yang banyak.

Cairan hidrolisat (hasil hidrolisis) asam memiliki pH yang sangat rendah dan kemungkinan ada juga senyawa-senyawa yang beracun untuk mikroba. Hidrolisat ini harus dinetralkan dan didetoksifikasi sebelum difermentasi menjadi etanol. Tujuan dari netralisasi dan detoksifikasi adalah untuk menetralkan pH dan menghilangkan senyawa racun tersebut. Hidrolisat yang sudah netral tersebut siap untuk difermentasi menjadi etanol.

Cara kedua hidrolisis adalah dengan menggunakan enzim selulase. Enzim ini memiliki kemampuan untuk memecah selulosa menjadi glukosa. Penggunaan enzim lebih efisien dalam menghidrolisis selulosa. Keuntungan lainnya adalah bisa digabungkan dengan proses fermentasi yang dikenal dengan metode SSF (*simultaneous saccharification and fermentation*). Namun untuk saat ini harga enzim masih mahal.

Proses fermentasi hidrolisat selulosa sama seperti proses fermentasi etanol pada umumnya. Mikroba yang umum digunakan adalah ragi roti (*yeast*). *Yeast* biasa digunakan untuk fermentasi alkohol, *Saccharomyces cerevisiae* salah satunya. *Yeast* tumbuh dengan baik pada kondisi pH netral atau pH lingkungan yang kandungan asamnya rendah.

Yeast akan tumbuh pada temperatur antara 10°-37°C (50°-98,6°F), dengan temperatur optimal antara 30°-37°C (86°-98,6°F). sebagian besar *cells yeast* mati pada temperatur sekitar 50°C (122°F) (www.wikipedia.com)

Setelah hidrolisat difermentasi selama beberapa waktu, maka tahap berikutnya adalah purifikasi etanol. Proses purifikasi etanol ini tidak jauh berbeda dengan purifikasi ethanol dari singkong. Prosesnya meliputi distilasi dan dehidrasi. Proses distilasi akan meningkatkan kandungan etanol hingga 95%. Sisa air yang masih ada dihilangkan dengan proses dehidrasi hingga kandungan etanol mencapai 99,7%.

