

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Bioetanol**

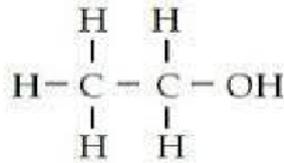
Bioetanol berasal dari dua kata yaitu "bio" dan "etanol" dari dua kata tersebut maka dapat diartikan bahwa bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati. Bioetanol bersumber dari gula sederhana, pati dan selulosa. Setelah melalui proses fermentasi dihasilkanlah etanol. Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai turunan senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus  $C_2H_5OH$ . Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. Secara garis besar penggunaan etanol adalah sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan dasar industri asam cuka, ester, spirtus, asetal dehid, antiseptik dan sebagai bahan baku pembuatan eter dan etil ester. Etanol juga digunakan untuk campuran minuman dan dapat digunakan sebagai bahan bakar (gasohol). (Wiratmaja, 2011).

Berdasarkan alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade sebagai berikut :

- a) Grade industri dengan kadar alkohol 90 – 94 %.
- b) Netral dengan kadar alkohol 96 – 99,5 %, untuk bahan baku farmasi.
- c) Grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 % (Wiranata, 2014).

Bioetanol merupakan salah satu biofuel yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Terbarukan karena merupakan bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan, dan disamping itu memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi  $CO_2$  hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah (Kurniawan, 2014). Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete

(limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami, dan bagas (ampas tebu) (Kurniawan, 2014).



**Gambar 2.1** Struktur Molekul Bioetanol

## 2.2. Kegunaan Bioetanol

Bioetanol banyak sekali di gunakan pada dunia industri, sehingga banyak pula kegunaan yang terdapat dalam bahan tersebut.

Berdasarkan (Fessenden, 1992), kegunaan Bioetanol antara lain:

1. Digunakan dalam minuman keras.
2. Sebagai pelarut dan reagensia dalam laboratorium dan industri.
3. Sebagai bahan bakar.

Berdasarkan (Austin, 1984), kegunaan Bioetanol antara lain:

1. Sebagai bahan industri kimia.
2. Sebagai bahan kecantikan dan kedokteran.
3. Sebagai pelarut untuk sintesis senyawa kimia lainnya.
4. Sebagai bahan baku (raw material) untuk membuat ratusan senyawa kimia lain seperti asetaldehid, etil asetat, asam asetat, etilene dibromide, glycol, etil klorida, dan semua etil ester.

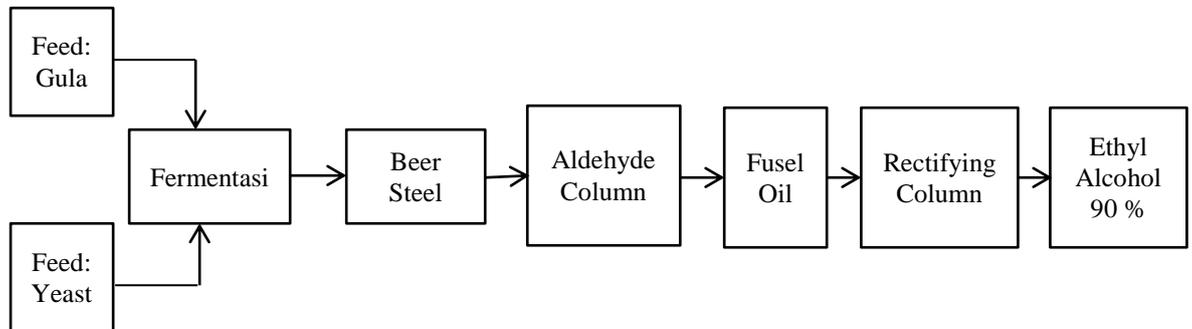
Berdasarkan (Uhligh, 1998), kegunaan Bioetanol antara lain:

1. Sebagai pelarut dalam pembuatan cat dan bahan-bahan kosmetik.
2. Diperdayakan dalam perdagangan domestik sebagai bahan bakar.

## 2.3. Proses Bioetanol

Selain dari tumbuhan, Bioetanol dapat diproduksi dari bahan dasar yang mengandung glukosa, yaitu limbah tetes tebu (molase). Tetes tebu merupakan produk samping dari pabrik tebu yang memiliki kadar gula sangat tinggi (>50%). Pada proses fermentasi gula dari molase untuk membuat etanol, yaitu dihasilkan komposisi minyak fusel yang mana tergantung pada komposisi bahan fermentasi,

tetapi sebagian besar terdiri dari ethyl alcohol atau yang biasa disebut dengan etanol. Minyak tersebut diproses secara kimiawi dan dimurnikan dengan distilasi (Faith, 1961).



**Gambar 2.2** Flowchart Pembuatan Etanol dengan Proses Fermentasi dari Molases

Proses pengolahan bioethanol dari tetes tebu adalah :

### 2.3.1. Pengenceran Tetes Tebu

Kadar gula dalam tetes tebu terlalu tinggi untuk proses fermentasi, oleh karena itu perlu diencerkan terlebih dahulu. Kadar gula yang diinginkan kurang lebih adalah 14 %. Misal: larutkan 28 kg (atau 22.5 liter) molasses dengan 72 liter air. Aduk hingga tercampur merata. Volume airnya kurang lebih 94.5 L. Masukkan ke dalam fermentor. Jika kandungan gula dalam tetes tebu kurang dari 50%, penambahan air harus disesuaikan dengan kadar gula awalnya. Yang penting adalah kadar gula akhirnya kurang lebih 14%.

### 2.3.2. Penambahan Urea dan NPK

Urea dan NPK berfungsi sebagai nutrisi ragi. Kebutuhan hara tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Urea sebanyak 0.5% dari kadar gula dalam larutan fermentasi.
- b. NPK sebanyak 0.1% dari kadar gula dalam larutan fermentasi.

Untuk contoh di atas, kebutuhan urea adalah sebanyak 70 gr dan NPK sebanyak 14 gr. Gerus urea dan NPK ini sampai halus, kemudian ditambahkan ke dalam larutan molase dan diaduk.

### 2.3.3. Penambahan *Saccharomyces cerevisiae*

Bahan aktif ragi roti adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat memfermentasi gula menjadi etanol. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme yang bersel tunggal dengan panjang 1-5  $\mu\text{m}$  sampai 20-50  $\mu\text{m}$ , dan lebar 1-10  $\mu\text{m}$ . Bentuk sel khamir bermacam-macam, yaitu bulat, oval, silinder, ogival yaitu bulat panjang dengan salah satu ujung runcing, segitiga melengkung (triangular), berbentuk botol, bentuk alpukat atau lemon, membentuk pseudomiselium. Ukuran dan bentuk sel khamir mungkin berbeda pada kultur yang sama, karena pengaruh umur sel dan kondisi lingkungan. Sel yang muda mungkin berbeda bentuknya dari yang tua karena adanya proses ontogeni yaitu perkembangan individu sel (Fardiaz, 1992).

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu spesies ragi yang memiliki daya konversi gula menjadi bioetanol dengan baik. Mikroba ini biasanya dikenal dengan baker's yeast dan metabolismenya telah dipelajari dengan baik. Produk metabolik utama adalah bioetanol,  $\text{CO}_2$ , dan air sedangkan beberapa produk lain dihasilkan dalam jumlah sangat sedikit. Ragi ini bersifat fakultatif anaerobik. *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan suhu  $30^\circ\text{C}$  dan pH 4,0-4,6 agar dapat tumbuh dengan baik. Ragi tumbuh optimum pada suhu  $25-30^\circ\text{C}$  dan maksimum pada  $35-47^\circ\text{C}$ . Nilai pH untuk pertumbuhan ragi yang baik antara 3-6. Perubahan pH dapat mempengaruhi pembentukan hasil samping fermentasi. Pada pH tinggi maka konsentrasi gliserin akan naik dan juga berkorelasi positif antara pH dan pembentukan asam piruvat. Pada pH tinggi maka lag phase akan berkurang dan aktivitas fermentasi akan naik (Winjaya, 2011).

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan genus khamir/ragi/yeast yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi alkohol dan  $\text{CO}_2$ . *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme bersel satu tidak berklorofil, termasuk kelompok Eumycetes. Tumbuh baik pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi. Hasil ini lebih bagus dibanding genus lainnya seperti

Candida dan Trochosporon. Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu unsur C sebagai sumber karbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea, Z, amonium dan pepton, mineral dan vitamin. Suhu optimum untuk fermentasi antara 28-30°C.

#### 2.3.4. Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan-perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang dapat berlangsung karena aksi katalisator-katalisator biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba-mikroba hidup tertentu (Soebiyanto, 1993). Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik sesuai. Fermentasi dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan pangan tersebut (Fardiaz, 1992).

Proses fermentasi merupakan suatu proses pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa yang sederhana. Dalam proses mikrobiologi, fermentasi dilakukan oleh mikrobia yang menghasilkan atau mempunyai enzim yang sesuai dengan proses tersebut. Berdasarkan produk yang dihasilkan, fermentasi digolongkan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut:

1. Fermentasi alkoholisis, yaitu fermentasi yang menghasilkan alkohol sebagai produk akhir di samping produk samping lainnya. Misalnya pada pembuatan wine, cider, dan tape.
2. Fermentasi non-alkoholisis, yaitu fermentasi yang tidak menghasilkan alkohol sebagai produk akhir selain bahan lainnya. Misalnya pada pembuatan tempe, antibiotika dan lain-lain (Rukmana, 2001).

Louis Pasteur pertama kalinya mengenalkan metode fermentasi. Sementara Gay-Lussac di tahun 1815 memformulasikan konversi glukosa menjadi etanol dan karbondioksida:



Proses fermentasi ini akan merubah glukosa dari molase menjadi etanol. Fermentasi dilakukan dengan penambahan ragi atau yeast. Untuk mendapat hasil yang maksimal perbandingan terbaik penambahan ragi dengan limbah yang akan dilakukan proses fermentasi adalah 1 : 0,006 (Wiratmaja, 2011).

Sebagai suatu proses fermentasi memerlukan:

1. Mikroba sebagai inokulum.
2. Tempat (wadah) untuk menjamin proses fermentasi berlangsung dengan optimal.
3. Substrat sebagai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi bagi mikroba.



**Gambar 2.3** Skema proses fermentasi

### 2.3.5. Fermentor

Fermentor atau bioreaktor berfungsi sebagai suatu tempat atau wadah yang menyediakan lingkungan yang tepat dan dapat dikontrol untuk pertumbuhan dan aktivitas mikrobia atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Agus et al, 2016). Ukuran fermentor bervariasi tergantung pada seleksi proses, operasi proses, dan produk yang diharapkan, yaitu :

- a. 5 - 10 liter untuk skala laboratorium.
- b. 10 – 500 liter untuk skala percobaan.
- c. 500 - 400.000 liter untuk skala industri besar.



**Gambar 2.4** Fermentor skala laboratorium

### 2.3.6. Destilasi

Setelah proses fermentasi selama 3 hari, maka molase yang telah melalui proses fermentasi diambil etanolnya dengan proses destilasi. Destilasi merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih atau kemudahan menguap (volatilitas). Faktor yang berpengaruh pada proses destilasi adalah jenis bahan yang didistilasi, temperatur, volume bahan dan waktu distilasi. Namun faktor yang paling berpengaruh adalah temperatur. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Proses perpindahan massa merupakan salah satu proses yang cukup penting (Lestari, 2010).

Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari beer (sebagian besar adalah air dan etanol). Titik didih etanol murni adalah  $78^{\circ}\text{C}$  sedangkan air adalah  $100^{\circ}\text{C}$  (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang  $78^{\circ}$ - $100^{\circ}\text{C}$  akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi, akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume (LIPI, 2008).

Perpindahan massa merupakan peristiwa yang dijumpai hampir dalam setiap operasi dalam kegiatan teknik kimia. Salah satu proses tersebut adalah destilasi yang merupakan proses pemisahan campuran cair-cair menjadi komponen-komponennya dengan berdasarkan pada perbedaan kemampuan/daya penguapan komponen-komponen tersebut. Adanya perbedaan kemampuan penguapan antara komponen-komponen tersebut dikenal sebagai volatilitas relatif.

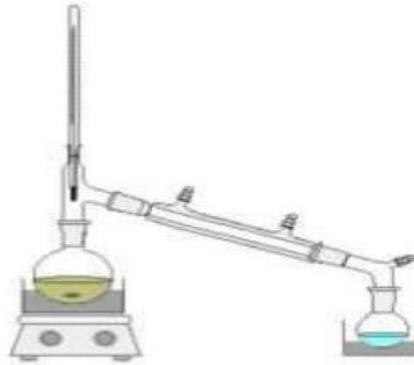
Kolom distilasi adalah sarana melaksanakan operasi pemisahan komponen-komponen dari campuran fasa cair, khususnya yang mempunyai perbedaan titik didih dan tekanan uap yang cukup besar. Perbedaan tekanan uap tersebut akan menyebabkan fasa uap yang ada dalam kesetimbangan dengan fasa cairnya mempunyai komposisi yang perbedaannya cukup signifikan. Fasa uap

mengandung lebih banyak komponen yang memiliki tekanan uap rendah, sedangkan fasa cair lebih banyak mengandung komponen yang memiliki tekanan uap tinggi.

Kolom distilasi dapat berfungsi sebagai sarana pemisahan karena sistem perangkat sebuah kolom distilasi memiliki bagaian-bagian proses yang memiliki fungsi-fungsi:

1. Menguapkan campuran fasa cair (terjadi di reboiler).
2. Mempertemukan fasa cair dan fasa uap yang berbeda komposisinya (terjadi di kolom distilasi).
3. Mengondensasikan fasa uap (terjadi di kondensor). (Departemen Teknik Kimia ITB)

Berikut ini merupakan gambar dari rangkaian distilasi secara sederhana:



**Gambar 2.5** Rangkaian alat distilasi secara sederhana

Sumber : Endah Lestari, 2010

#### **2.4. Karakteristik Bahan Bakar Bioetanol**

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bensin. Karena angka oktana dan density bioetanol mirip dengan angka oktana dan density bensin. Bahkan angka oktannya relatif lebih tinggi. Keunggulan lain dari bioetanol jika digunakan untuk bahan bakar adalah adanya kandungan oksigen didalam molekulnya sehingga memberikan pembakaran yang lebih sempurna. (Tomo, 2015)

Namun karena rendahnya kandungan energi, tingginya tekanan uap serta mudahnya menyerap air mengurangi kualitas bioetanol ini dibandingkan dengan bensin yang berasal dari hidrokarbon. Kekurangan bioetanol ditambah lagi dengan panas laten penguapannya yang lebih tinggi akan menyulitkan start mesin pada

temperatur rendah karena semakin banyak panas yang dibutuhkan untuk menguapkannya sedangkan untuk terjadinya pembakaran bahan bakar harus dalam fase uap. (Tomo, 2015)

Penggunaan bahan bakar bioetanol masih minim digunakan karena pada dasarnya mesin-mesin yang telah ada saat ini tidak dirancang untuk menggunakan bahan bakar bioetanol secara murni. Sehingga saat ini bioetanol dalam penggunaannya untuk bahan bakar dicampur dengan bensin. Campuran bensin dan bioetanol ini disebut gasohol. (Tomo, 2015)

Berikut ini merupakan tabel sifat fisik dari etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994 :

**Tabel 2.1** Sifat Fisik Etanol

Parameter	Etanol
Rumus Kimia	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Berat Molekul	46
Densitas (gr/mL)	0,7851
Titik Didih (°C)	78,4
Titik Nyala (°C)	13
Titik Beku (°C)	-112,4
Indeks Bias	1,3633
Panas Evaporasi (cal/gr)	204
Viskositas pada 20 <sup>0</sup> (Poise)	0,0122

Sumber : Badan Standarisasi Nasional

## 2.5. Gula

Gula secara kimiawi merupakan senyawa karbohidrat golongan monosakarida dan disakarida. Gula mengandung unsurunsur karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Gula merupakan kelompok nutrisi dan sumber energi. Gula diproduksi melalui proses fotosintesis yang terjadi pada daun tanaman yang berklorofil, kemudian terjadi interaksi antara karbon dioksida dengan air di dalam sel berklorofil, terjadi pada siang hari, sehingga menghasilkan senyawa monosakarida (Agus et al, 2016).

## 2.6. Tetes Tebu (Molase)

Molase atau tetes tebu merupakan hasil samping (by product) pada proses pembuatan gula. Molases berwujud cairan kental yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula. Molases mengandung sebagian besar gula, asam amino dan mineral. Sukrosa yang terdapat dalam tetes bervariasi antara 25 – 40 %, dan kadar gula reduksinya 12 – 35 %. Tebu yang belum masak biasanya memiliki kadar gula reduksi tetes lebih besar daripada tebu yang sudah masak. Komposisi yang penting dalam molases adalah TSAI (Total Sugar as Inverti ) yaitu gabungan dari sukrosa dan gula reduksi. Molases memiliki kadar TSAI antara 50 – 65 %. Angka TSAI ini sangat penting bagi industri fermentasi karena semakin besar TSAI akan semakin menguntungkan (Agus et al, 2016).

Molases atau tetes tebu dikenal sebagai hasil sampingan produk gula yang dikenal sangat luas dan banyak manfaatnya dari berbagai sektor, antara lain :

1. Industri Perikanan bahan fermentasi pakan ikan, ditabur di kolam lele, tambak udang. Tujuan pemberian molases adalah untuk meningkatkan aktifitas bakteri yang menguntungkan di dalam tambak. Probiotik yang timbul hasil dari fermentasi molases berperan untuk memperbaiki laju pertumbuhan, memperbaiki kualitas lingkungan perairan, meningkatkan daya tahan tubuh ikan/udang, dan meningkatkan efisiensi konversi pakan.
2. Industri pupuk pertanian, bahan utama untuk fermentasi pembuatan pupuk kompos bahan baku kotoran hewan seperti ayam, kambing domba, sapi dan sampah organik. Dalam pembuatan pupuk organik diperlukan juga probiotik, yaitu bakteri pengurai yang bahan utama pembuatannya dari molases.
3. Industri Makanan Farmasi bahan baku pembuatan kecap karena kandungan sukrosa yang masih tinggi, pembuatan wafer sebagai pemanis, pemanis untuk minuman cendol dawet, pengembang roti, bahan baku utama penyedap rasa (MSG), penyedap rasa pembuatan masakan di restoran. Sebagian masyarakat meyakini molases dapat mengobati pekit kanker, karena sel kanker suka dengan yang manis.
4. Industri Konstruksi dan Baja dalam proses pengecoran sering ditemukan gelembung udara dalam adukan semen pasir, sehingga dapat menciptakan

rongga dalam konstruksi tersebut. Maka penggunaan molases dapat meminimalisir rongga, sehingga akan menghasilkan bangunan yang kuat. Juga untuk menahan supaya tidak cepat kering atau tahan lama sehingga adukan semen pasir tersebut dapat diangkut dalam truk molen.

5. Industri Pengolahan limbah cair, water treatment di hotel, pemrosesan limbah industri supaya tidak mencemari lingkungan, karena molases berfungsi merubah atau menetralsir limbah yang berdampak merusak lingkungan menjadi ramah lingkungan dan mengurangi bau.
6. Industri energy, molases bisa jadi bahan utama etil alkohol atau speritus, yang bisa diproses menjadi bahan bakar seperti premium, bio diesel dan lainnya.



**Gambar 2.6** Tetes tebu atau Molases