

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioetanol (C_2H_5OH) adalah cairan biokimia pada proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat yang menggunakan bantuan mikroorganisme. Dalam perkembangannya, produksi alkohol yang paling banyak digunakan adalah metode fermentasi dan distilasi. Bahan baku yang dapat digunakan pada pembuatan etanol adalah nira bergula (sukrosa): nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari buah mete; bahan berpati: tepung-tepung sorgum biji, sagu, singkong, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia; bahan berselulosa (lignoselulosa): kayu, jerami, batang pisang, bagas dan lain-lain (LIPI, 2008).

Bioetanol merupakan etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut *Fuel Grade Ethanol* (FGE). Proses pemurnian dengan prinsip dehidrasi umumnya dilakukan dengan metode *Molecular Sieve*, untuk memisahkan air dari senyawa etanol (Musarif, 2012).

Etanol dikategorikan dalam dua kelompok utama, yaitu:

1. Etanol 95-96%, disebut dengan “etanol berhidrat”, yang dibagai dalam:
 - a. *Technical/raw spirit grade*, digunakan untuk bahan bakar spiritua, minuman, desinfektan, dan pelarut.
 - b. *Industrial grade*, digunakan untuk bahan baku industri dan pelarut.
 - c. *Potable grade*, untuk minuman berkualitas tinggi.
2. Etanol > 99,5%, digunakan untuk bahan bakar. Jika dimurnikan lebih lanjut dapat digunakan untuk keperluan farmasi dan pelarut di laboratorium analisis. Etanol ini disebut dengan dengan *Fuel Grade Ethanol* (FGE) atau *anhydrous ethanol* (etanol anhidrat) atau etanol kering, yakni etanol yang bebas

air atau hanya mengandung air minimal (Prihandana, 2007). Berikut ini merupakan tabel sifat fisik dari etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994:

Tabel 1. Sifat Fisik Etanol

Parameter	Etanol
Rumus Kimia	C ₂ H ₅ 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° (Poise)	0,0122

Sumber: Badan Standarisasi Nasional

Sementara di bawah ini merupakan tabel parameter kualitas bioetanol berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol (SNI 7390-2008)

Parameter	Unit, Min/Max	Spesifikasi	Metode Uji (SNI 7390-2008)
Kadar etanol	%-v, min.	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)	Sub 11.1
Kadar metanol	mg/L, max.	300	Sub 11.1
Kadar air	%-v, max.	1	Sub 11.2
Kadar denaturan	%-V, min.	2	Sub 11.3
	%-V, max	5	
Kadar Cu	Mg/kg, max	0,1	Sub 11.4
Keasaman CH ₃ COOH	sbg mg/L, max.	30	Sub 11.5
Tampakan		Jernih & tdk ada endapan	Peng. visual
Ion klorida	mg/L, max.	40	Sub 11.6
Kandungan Sulfur	mg/L, max.	50	Sub 11.7
Getah dicuci	(gum), mg/100 mL, max.	5,0	Sub 11.8
pH		6,5-9,0	Sub 11.9

Sumber: Ahmad Budi Junaidi, 2012

2.2 Ampas Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagas, adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik dihasilkan ampas tebu sekitar 35 – 40% dari berat tebu yang digiling. Husin (2007) menambahkan, berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling (Indriani dan Sumiarsih, 1992). Berikut ini merupakan gambar dari ampas tebu:



Gambar 1. Ampas Tebu
Sumber: Yuswiyanto, 2013

Ampas tebu sebagian besar mengandung *ligno-cellulose*. Panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga ampas tebu ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan. Bagase mengandung air 48 - 52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagase tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan dan lignin (Husin, 2007).

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 kaitan konversi biomassa seperti bagas menjadi etanol, bagian yang terpenting adalah polisakarida. Karena polisakarida tersebut yang akan dihidrolisis menjadi monosakarida seperti glukosa, sukrosa, xilosa, arabinosa dan lain-lain sebelum dikonversi menjadi etanol (Samsuri, 2007).

Tabel 3. Komposisi Ampas Tebu

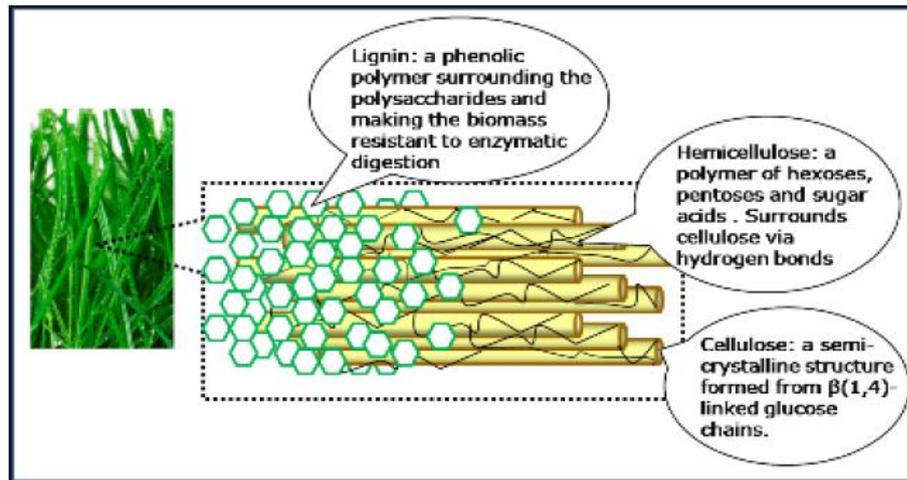
Kandungan	Kadar (%)
Abu	3,82
Lignin	22,09
Selulosa	37,65
Sari	1,81
Pentosan	27,97
SiO ₂	3,01

Sumber: Husin, 2007

Dengan metode polarimeter zat yang terkandung pada ampas tebu setelah diperas (zat kering ampas) kandungan kadar sakarosa sisa 2,32 % (hasil laboratorium pabrik gula kuala madu kabupaten Langkat, 2010). Untuk menghilangkan sisa kadar gula yang terdapat pada ampas tebu tersebut, direndam dengan alkohol 99 % selama 24 jam. Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan, setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan. Di samping untuk bahan bakar, ampas tebu juga banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas, *particleboard*, *fibreboard*, dan lain-lain (Indriani dan Sumiarsih, 1992).

Ampas tebu juga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol karena memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi. Namun juga terkandung lignin, yang dapat menghambat proses pengkonversian selulosa menjadi glukosa. Lignin merupakan polimer non karbohidrat yang bersifat tidak larut dalam air. Lignin merupakan senyawa turunan alkohol kompleks yang menyebabkan dinding sel tanaman menjadi keras. Lignin merupakan heteropolimer yang sebagian besar monomernya p-hidroksifenilpropana dan semua lignin mengandung koniferil alkohol. Lignin tidak larut dalam air dan sebagian besar pelarut organik (Winjaya, 2011).

Lignoselulosa merupakan bahan yang amat rapat, sehingga pada kondisi biasa bersifat inert dan tak bisa ditembus air, bahkan enzim. Lignoselulosa tersusun dari mikrofibril-mikrofibril selulosa yang membentuk ruang-ruang, dengan ruang antar mikrofibril terisi dengan hemiselulosa, ruang-ruang terikat kuat oleh lignin. Berikut ini merupakan gambar skema dari lignoselulosa:



Gambar 2. Skema Lignoselulosa
Sumber: Harimurti, 2008

2.3 Bahan-bahan Pembantu Pada Proses Pembuatan Bioetanol

2.3.1 Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*)

Ragi atau ferment merupakan zat yang menyebabkan fermentasi. Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi mikroorganisme tersebut. Media biakan ini dapat berbentuk butiran-butiran kecil atau cairan nutrien. Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan untuk membuat makanan dan minuman hasil fermentasi seperti acar, tempe, tape, roti, dan bir (<http://id.wikipedia.org/wiki/Ragi>).

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, CO₂, dan air sedangkan beberapa produk lain dihasilkan dalam jumlah sangat sedikit. Ragi ini bersifat fakultatif anaerobik. *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan suhu 30°C dan pH 4,0-4,6 agar dapat tumbuh dengan baik. Ragi tumbuh optimum pada suhu 25-30°C dan

maksimum pada 35-47°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 CO₂. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme bersel satu tidak berklorofil, termasuk kelompok *Eumycetes*. Tumbuh baik pada suhu 30°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 (<http://id.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces>).

2.3.2 Enzim Xylanase

Enzim adalah molekul biopolimer yang tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memegang peranan penting dalam berbagai reaksi di dalam sel. Sebagai protein, enzim diproduksi dan digunakan oleh sel hidup untuk mengkatalisis reaksi antara lain konversi energi dan metabolisme pertahanan sel. *Xylanase* merupakan kelompok enzim yang memiliki kemampuan menghidrolisis hemiselulosa dalam hal ini ialah xilan atau polimer dari xilosa dan xilo-oligosakarida. *Xylanase* dapat diklasifikasikan berdasarkan substrat yang dihidrolisis, yaitu *β-xilosidase*, *eksoxylanase*, dan *endoxylanase*. *Xylanase* umumnya merupakan protein kecil, aktif pada suhu 55°C dengan pH 9. Pada suhu 60°C dan pH normal, *xylanase* lebih stabil (Richana, 2002).

Salah satu kandungan terbesar di dalam ampas tebu adalah hemiselulosa. Hemiselulosa terbentuk dari polisakarida jenis pentosa dengan kandungan paling banyak adalah *xylosa*. Oleh karena itu digunakan enzim *xylanase* untuk memecah monomer-monomer *xylan* pada hemiselulosa menjadi *xylosa*. Setelah polisakarida dipecah menjadi monosakarida, maka oleh *yeast* akan difermentasi menjadi etanol (Samsuri, 2007).

Xylanase adalah enzim dari kelas hidrolase yang berperan dalam mendegradasi polisakarida linear menjadi *xylosa* serta memecah hemiselulosa, yang merupakan salah satu komponen utama dari dinding sel tumbuhan. *Xylanase* mempunyai banyak kegunaan, salah satunya adalah untuk biokonversi sisa-sisa tanaman yang mengandung lignoselulosa menjadi gula dan etanol. Banyak mikroorganisme yang mampu menghasilkan *xylanase*, di antaranya adalah bakteri, ragi, dan fungi berfilamen, seperti *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Cryptococcus*, *Fusarium* dan sebagainya (<http://id.wikipedia.org/wiki/Xylanase>).

2.4 Proses Pembuatan Bioetanol

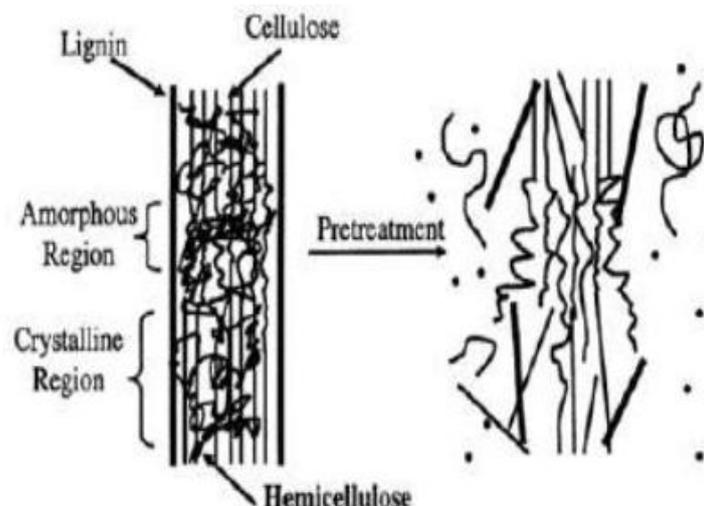
2.4.1 Proses *Pre-treatment* (Delignifikasi)

Dalam pembuatan bioetanol dari ampas tebu yang digunakan adalah selulosanya sehingga ligninnya harus dihilangkan. Proses pemisahan atau penghilangan lignin dari serat – serat selulosa disebut delignifikasi atau *pulping*. Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan secara fisika, fisika-kimia, kimia, biologis maupun kombinasi dari cara-cara tersebut (Sun dan Cheng 2002).

- 1) Perlakuan pendahuluan secara fisika antara lain berupa pencacahan secara mekanik, penggilingan, dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa.
- 2) Perlakuan pendahuluan secara fisiko-kimia 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.

- 3) Perlakuan pendahuluan secara kimia, di antaranya adalah ozonolisis, hidrolisis asam, hidrolisis alkali, delignifikasi oksidatif, dan proses organosolv.
- 4) Perlakuan secara biologis. Pada metode ini, digunakan mikroorganisme jamur pelapuk coklat, jamur pelapuk putih, dan jamur pelunak untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang ada dalam bahan lignoselulosa. Di antara ketiga jamur tersebut, yang paling efektif untuk perlakuan pendahuluan pada bahan lignoselulosa adalah jamur pelapuk putih (*white-rot* fungi).

Proses *pretreatment* dan hidrolisa merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi perolehan *yield* etanol. Proses *pretreatment* dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur dan ukuran. Proses perlakuan awal dilakukan karena beberapa faktor seperti kandungan lignin, ukuran partikel serta kemampuan hidrolisis dari selulosa dan hemiselulosa (Hendriks dan Zeeman, 2009). Tujuan dari *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. *Pretreatment* menyediakan akses yang lebih mudah untuk enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa. Tujuan *pretreatment* secara skematis ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 3. Skema Tujuan Pretreatment Biomassa Lignoselulosa

Sumber: Osvaldo, 2012

Selama beberapa tahun terakhir berbagai teknik *pretreatment* telah dipelajari melalui pendekatan biologi, fisika, kimia. Menurut (Sun dan Cheng, 2002), *pretreatment* seharusnya memenuhi kebutuhan berikut ini:

1. Meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan menghasilkan gula pada proses berikutnya melalui hidrolisis enzimatis
2. Menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat
3. Menghindari pembentukan produk samping yang dapat menghambat proses hidrolisis dan fermentasi
4. Biaya yang dibutuhkan ekonomis

Untuk proses *pre-treatment Steam Explosion* atau ledakan uap, parameternya adalah sebagai berikut:

1. Ciri : menyerang selulosa, tanpa katalis, uap air masuk ke matriks lignoselulosa sehingga melepas masing-masing serat.
2. Proses : Biomassa dipanaskan menggunakan tekanan uap tinggi selama beberapa menit, reaksi ini dihentikan dengan pengurangan/penghilangan tekanan secara tiba-tiba ke tekanan atmosfer.
3. Hasil : asam *levulinic*, *xylitol* dan *alkohol*, *xylose* (45-65%) (Sisca, 2012).

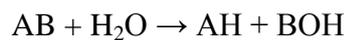
2.4.2 Proses Hidrolisa

Proses ini bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan (Sun and Cheng, 2002). 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 etanol (Osvaldo, 2012).

Walaupun terdapat berbagai macam metode hidrolisa untuk bahan-bahan lignoselulosa, hidrolisa asam dan hidrolisa enzimatis merupakan dua metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian dan potongan-potongan kayu. Hidrolisa selulosa secara

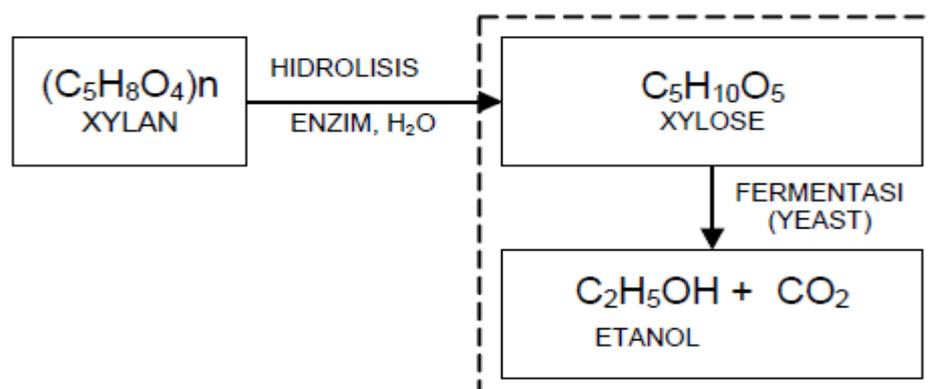
enzimatik memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisa asam. Namun proses enzimatik tersebut merupakan proses yang paling mahal. Suhu yang lebih tinggi akan mempermudah dekomposisi gula sederhana dan senyawa lignin. Pada suhu dan tekanan tinggi, glukosa dan *xylosa* akan terdegradasi menjadi furfural dan hidroksimetilfurfural (Osvaldo, 2012).

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H_2O), dengan tujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer-monomer sederhana. Satu bagian dari molekul memiliki ion hidrogen (H^+) dan bagian lain memiliki ion hidroksil (OH^-). Umumnya hidrolisis ini terjadi saat garam dari asam lemah atau basa lemah (atau keduanya) terlarut di dalam air. Reaksi umumnya yakni sebagai berikut :



Akan tetapi, dalam kondisi normal hanya beberapa reaksi yang dapat terjadi antara air dengan komponen organik. Penambahan asam, basa, atau enzim umumnya dilakukan untuk membuat reaksi hidrolisis dapat terjadi pada kondisi penambahan air tidak memberikan efek hidrolisis. Asam, basa maupun enzim dalam reaksi hidrolisis disebut sebagai katalis, yakni zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi (Lowry, 1923).

Berikut ini merupakan skema reaksi yang terjadi dengan menggunakan sistem enzimatik:



Gambar 4. Skema Reaksi Dalam Proses Hidrolisa Menggunakan Sistem Enzimatik

Sumber: Samsuri, 2007

2.4.3 Fermentasi

Fermentasi adalah proses metabolisme yang menghasilkan energi dari gula dan molekul organik lain serta tidak memerlukan oksigen atau sistem transfer elektron. Setelah glukosa diubah menjadi asam piruvat melalui proses glikolisis, pada beberapa makhluk hidup seperti bakteri, asam piruvat dapat diubah menjadi produk fermentasi. Proses glikolisis menghasilkan ATP dalam jumlah kecil, namun jumlah tersebut cukup bagi suplai energi mikroorganisme (Abdurahman, 2006).

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).

Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan–bahan karbohidrat yang tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas karbondioksida. Suatu fermentasi yang busuk merupakan fermentasi yang mengalami kontaminasi. Fermentasi pembentukan alkohol dari gula dilakukan oleh mikroba. Mikroba yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Winjaya, 2011).

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



2.4.4 Distilasi

Distilasi merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih atau kemudahan menguap (volatilitas). Faktor yang berpengaruh pada proses distilasi 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°C sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang 78°C - 100°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 distilasi 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.

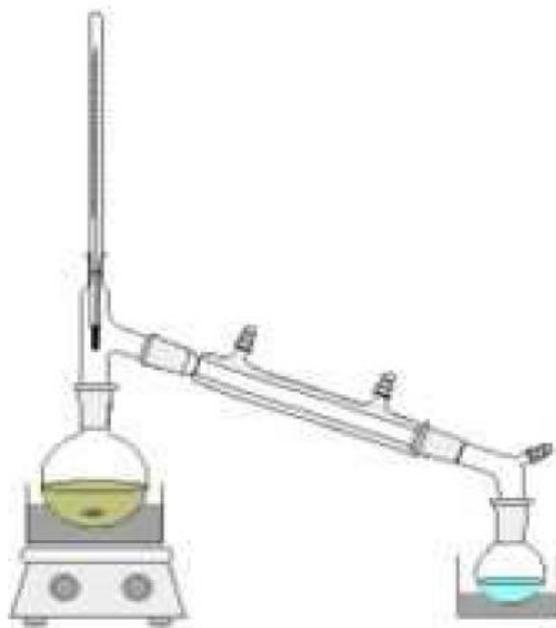
Kolom distilasi adalah sarana melaksanakan operasi pemisahan komponen-komponen dari campuran fasa cair, khususnya yang mempunyai perbedaan titik didih dan tekanan uap yang cukup besar. Perbedaan tekanan uap tersebut akan menyebabkan fasa uap yang ada dalam kesetimbangan dengan fasa cairnya mempunyai 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 5. Rangkaian Alat Distilasi Secara Sederhana
Sumber: Endah Lestari, 2010