

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bioetanol

Etanol atau etil alkohol, C_2H_5OH merupakan suatu senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur karbon, hidrogen dan oksigen. Etanol dapat diperoleh dari bahan baku nabati dengan melalui proses fermentasi sehingga lebih dikenal dengan sebutan bioetanol. Berdasarkan berbagai penelitian diperoleh bahwa bahan lignoselulosa yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin juga dapat dikonversi menjadi etanol yang dapat digunakan untuk mensubstitusikan bahan bakar minyak/bensin. Ketika etanol dihasilkan dari biomassa yang mengandung pati atau selulosa (Lignoselulosa), maka etanol mampu menjadi bioenergi. Atau seperti yang dijelaskan diatas dikenal dengan istilah bioetanol. Namun pada intinya bahan dasar pembuatan bioetanol adalah sumber daya alam nabati yang mengandung komponen pati, gula atau serat selulosa (Hambali dkk, 2007).

Tanaman yang dapat dijadikan bioethanol adalah sebagai berikut :

1. Bahan berpati seperti : ubi kayu, ubi jalar, gandum kentang.
2. Bahan bergula seperti : tetes tebu (molase), nira tebu, nira kelapa, nira nipah.
3. Bahan berselulosa seperti : batang pisang, ampas tebu, jerami padi, bonggol jagung

Bioethanol merupakan cairan tidak berwarna, bersifat biodegradable, memiliki toxic rendah serta mempunyai emisi yang lebih rendah disbanding dengan minyak premium, pertalite, maupun pertamax.

Bioethanol bersifat multi-guna karena dapat dicampur dengan bensin pada posisi berapapun memberikan dampak yang positif. Pencampuran bioethanol absolute sebanyak 10% dengan bensin (90%), sering disebut Gasohol E-10. Gasohol singkatan dari gasoline(bensin) plus alkohol (bioethanol). Ethanol absolute memiliki angka oktan (ON) 117, sedangkan premium hanya 87-88. Gasohol E-10 secara proporsional memiliki (ON) 92 atau setara pertamax. Pada komposisi ini bioethanol dikenal sebagai octan enhancer (aditif) yang paling ramah lingkungan dan di negara-negara maju telah menggeser penggunaan *Tetra Ethyl Lead (TEL)* maupun *Methyl Tertiary Buthil Ether (MTBE)* (Yudiarto,2008).

Tabel 2.1. Sifat Fisika dan Kimia Etanol

Properti	Nilai
Berat Molekul (g/mol)	46,1
Titik Beku (°C)	-114,1
Titik didih normal (°C)	78,32
Densitas (g/ml)	0,7983
Viskositas pada 20°C (Cp)	1,17
Panas penguapan normal (J/kg)	839,31
Panas pembakaran pada 25°C(J/kg)	29676,6
Panas jenis pada 25°C (J/kg)	2,42
Nilai oktan (penelitian)	106-111

(sumber : Krik-Orthmer, Encyclopedia of Chemical Technology, vol 9, 1967

*American Petroleum Institute)

Bioetanol selain memiliki sifat-sifat fisika juga memiliki sifat-sifat kimia sifat-sifat kimia tersebut adalah

1. Memiliki angka oktan yang tinggi
2. Mampu menurunkan tingkat opasiti asap, emisi partikular yang membahayakan kesehatan dan emisi CO dan CO₂
3. Tidak mengandung senyawa timbal
4. Bila direaksikan dengan asam halida akan membentuk alkil halida dan air
5. Bila direaksikan dengan asam karboksilat akan membentuk ester dan air
6. Dehidrogenasi etanol menghasilkan asetildehida
7. Mudah terbakar di udara sehingga menghasilkan lidah api (flame) yang berwarna biru muda, transparan, serta membentuk H₂O dan CO₂

Bioetanol memiliki karakteristi yang lebih baik dibandingkan dengan bensin berbasis petrochemical (Erliza Hambali, dkk, 2007) karakteristik bioetanol tersebut antara lain:

1. Mengandung 35% oksigen, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi gas rumah kaca.
2. Memiliki nilai oktan yang lebih tinggi, sehingga dapat menggantikan fungsi bahan aditif, seperti *metil tertiary eter* dan *tetra ethyl lead*.
3. Mempunyai nilai oktan 96-113, sedangkan nilai oktan bensin 85-96

4. Bioetanol bersifat ramah lingkungan, karena gas buangnya rendah terhadap senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai polutan. Seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca.
5. Bioetanol mudah terurai dan aman karena tidak mencemari air
6. Sebagai sumber energi dapat diperbarui (*renewable energy*) dan proses produksinya relatif lebih sederhana dibandingkan dengan proses produksi bensin

III.2 Bonggol Pohon Pisang

Tanaman pisang (*Musa ceae sp*) adalah tanaman yang multiguna. Selain dimanfaatkan buahnya, dari bonggol dan batang pisang yang telah dipanen bisa diambil pati (5-10%) dan selulosanya ($\pm 63\%$). Batang pisang sebagian berisi air dan serat (selulosa), disamping mineral, kalium, fosfor, dan lain-lain. Komposisi kimia batang pisang dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu komposisi tanah, frekuensi pemotongan, fase pertumbuhan, pemupukan, iklim setempat dan ketersediaan air. Serat batang pisang mengandung 63% selulosa, 20% hemiselulosa dan 5% lignin (Kardono, 2010).

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan herba yang berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Tanaman ini kemudian menyebar ke Afrika (Madagaskar), Amerika Selatan dan Tengah. Pisang di Jawa Barat disebut dengan cau, di Jawa Tengah dan Jawa Timur dinamakan gedang. Hampir di setiap tempat dapat dengan mudah ditemukan tanaman pisang. Pusat produksi pisang di Jawa Barat adalah Cianjur, Sukabumi dan daerah sekitar Cirebon. Pisang umumnya dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m dpl.

Pisang dapat tumbuh pada iklim tropis basah, lembab dan panas dengan curah hujan optimal adalah 1.520–3.800 mm/tahun dengan 2 bulan kering (Rismunandar, 1990). Adapun taksonomi tanaman pisang adalah sebagai berikut (Rismunandar, 1990).



Gambar 2.1 Bonggol Pohon Pisang

Kingdom	: Plantae
Devisi	: Spermatophyta
Sub. divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotylae
Bangsa	: Musales
Suku	: Musaceae
Marga	: Musa
Jenis	: <i>Musa paradisiacal</i>

Tanaman pisang merupakan tanaman yang serba guna, mulai dari akar sampai daun dapat digunakan, sehingga tanaman pisang memiliki kegunaan diantaranya :

a) Batang pohon

Dapat digunakan sebagai makanan ternak dimusim kekurangan air dan secara sederhana dapat dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk kompos yang bernilai humusnya sangat tinggi. (Munadjim,1988)

b) Daun pisang

Daun yang segar dapat digunakan sebagai makanan ternak dimusim kering dan dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pembungkus makanan secara tradisional. (Munadjim,1988)

c) Bunga pisang

Bunga pisang yang masih segar (jantung pisang) bisa dijadikan makanan sebagai sayur. (Munadjim,1988)

d) Buah pisang

Selain enak dimakan secara langsung, bisa dijadikan selai pisang yang daya awetnya tinggi dan dapat menghasilkan uang yang lebih serta juga bisa dibuat tepung pisang dari buah yang tua yang belum masak. (Munadjim,1988)

e) Kulit buah pisang

Kulitnya pun bisa untuk makanan ternak, selain itu bisa untuk menghasilkan alkohol yaitu ethanol karena mengandung gula yang

mempunyai aroma yang menarik (Munadjim,1988). Kulit buah pisang juga dapat dimanfaatkan menjadi sirup glukosa sebagai pemanis alami makanan.

f) Umbi batang (Bonggol)

Pati yang terkandung dalam umbi batang pisang dapat dipergunakan sebagai sumber karbohidrat bahkan bisa dikeringkan untuk menjadi abu. Dimana abu dari umbi ini mengandung soda yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan sabun dan pupuk (Munadjim,1988). Pati bonggol pisang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, karena memiliki kadar gula yang cukup tinggi.

Batang pisang dibagi menjadi dua, yaitu batang semu yang merupakan tumpukan pelepah daun, sedangkan batang asli yang biasa dikenal dengan bonggol pisang. Getah pelepah pisang sendiri mengandung tanin dan saponin yang berfungsi sebagai antiseptik (Djulkarnain,1998), pendapat yang berbeda dikemukakan oleh Budi 2008 dalam Priosoeryanto et al., (2006) yakni getah pelepah pisang mengandung saponin, antrakuinon, dan kuinon yang dapat berfungsi sebagai antibiotik dan penghilang rasa sakit. Selain itu, terdapat pula kandungan lektin yang berfungsi untuk menstimulasi pertumbuhan sel kulit. Bonggol pisang memiliki komposisi 76% pati, 20% air, sisanya adalah protein dan vitamin (Yuanita dkk, 2008). Bonggol pisang dapat dimanfaatkan untuk diambil patinya, pati ini menyerupai pati tepung sagu dan tepung tapioca (Yuanita dkk,2008). Potensi kandungan pati bonggol pisang yang besar dapat dimanfaatkan sebagai alternative

bahan bakar yaitu bioetanol, selain itu juga umur panen dan usaha tani lebih fleksibel (Prihandana, 2007).

Menurut Munadjim (1983), bonggol pisang basah mengandung $\pm 11\%$ pati. Pati didapatkan melalui metode ekstraksi. Proses yang dilakukan adalah sebagai berikut

1. Bonggol pisang dihancurkan atau diparut
2. Pengepresan dan ampas dibuang
3. Pati basah yang didapat dikeringkan
4. Didapatkan pati kering

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Bonggol Pisang per 100 gr

Komponen	Basah	Kering
Kalori (Cal)	43	245
Protein (g)	0,6	3,4
Lemak (g)	-	-
Karbohidrat (g)	11,6	66,2
Ca (mg)	15	60
P (mg)	60	150
Fe (mg)	0,5	2
Vitamin A (SI)	-	-
Vitamin B (mg)	0,01	0,04
Vitamin C (mg)	12	14
Air (%)	86	20

Sumber :Direktorat Gizi Departemen Kesehatan R.I., (1996)

II.3 Hidrolisis Asam

Hidrolisis secara kimiawi biasanya menggunakan asam. Asam yang sering dipergunakan adalah asam sulfat, asam klorida, asam nitrat dan asam fosfat. Hidrolisis asam pada dasarnya ada 2 jenis, yaitu hidrolisis pada suhu rendah dengan konsentrasi asam tinggi (concentrated-acid hydrolisis) dan hidrolisis pada suhu tinggi dengan konsentrasi asam rendah (dilute-acid hydrolisis) (Taherzadeh dan

Keikhosro 2007). Pemilihan antara kedua metode kimiawi ini di dasarkan pada pertimbangan laju hidrolisis, tingkat degradasi, produk dan biaya total produksi. Terdapat perbandingan keuntungan dan kelemahan antara concentrated-acid hidrolisis dengan dilute-acid hidrolisis.

Tabel berikut adalah perbandingan keuntungan dan kelemahan antara concentrated-acid hidrolisis dengan dilute-acid hidrolisis

Metode Hidrolisis	Keuntungan	Kelemahan
Hidrolisis pada suhu rendah dengan konsentrasi asam tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Dioperasikan pada suhu rendah • Rendemen gula tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi asam tinggi • Korosi peralatan • Energi tinggi untuk pengambilan asam
Hidrolisis pada suhu tinggi dengan konsentrasi asam rendah	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi asam rendah • Waktu tinggalsingkat 	<ul style="list-style-type: none"> • Suhu operasi tinggi • Yield gula rendah • Korosi peralatan

Sumber : Taherzadeh dan Keikhosro (2007)

Hidrolisis asam dengan konsentrasi rendah (dilute-acid) dilakukan dalam dua tahap yaitu: pertama, tahap yang melibatkan asam encer untuk menghidrolisis gula dari golongan pentosa umumnya yang terdapat fraksi hemiselulosa. Tahapan ini biasanya menggunakan 1% H₂SO₄ pada suhu 80-120°C selama 30-240 menit. Tahap kedua menggunakan asam dengan konsentrasi yang lebih tinggi untuk menghidrolisis gula yang berasal dari golongan heksosa seperti selulosa menjadi glukosa, biasanya dilakukan dengan konsentrasi asam 5-20 % H₂SO₄ dengan suhu mendekati 180°C. Dengan menggunakan hidolisis bertahap ini, maka kondisi

optimum untuk memaksimalkan hasil glukosa dan meminimumkan hasil samping yang tidak diinginkan (Purwadi, 2006).

Proses pemisahan antara fraksi gula dengan fraksi asam dapat dilakukan dengan proses pertukaran ion dan asam dapat dikonsentrasikan kembali dengan proses evaporasi (Demirbas, 2007). Hidrolisis asam dengan konsentrasi rendah merupakan proses yang murah dan cepat untuk memperoleh gula dari bahan lignoselulosa. Namun, proses ini akan menghasilkan senyawa-senyawa penghambat yang bersifat toksik untuk mikroorganisme pada proses fermentasi, termasuk yeast. Toksik ini dapat menurunkan hasil produktivitas dan merusak pertumbuhan sel. Proses hidrolisis asam pada bahan lignoselulosik biasanya akan menghasilkan glukosa, manosa, 16 xilosa atau campuran senyawa-senyawa fenolik. Selama proses hidrolisis asam gula pentosa akan menghasilkan furfural dan gula heksosa menghasilkan 5- hidroksimetilfurfural (HMF) (Lopez dkk., 2004).

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis asam antara lain :

1. Suhu

Semakin tinggi suhu reaksi, makin cepat pula jalannya reaksi. Hal ini dikarenakan reaksi hidrolisa merupakan reaksi endotermis sehingga memerlukan panas untuk dapat bereaksi. Tetapi, jika suhu terlalu tinggi, maka katalis akan menguap yang mengakibatkan melambatnya reaksi hidrolisa tersebut yang juga akan berakibat pada konsentrasi glukosa yang diperoleh (Jatmiko Wahyudi dkk, 2011).

2. Waktu

Semakin lama waktu hidrolisis, kadar glukosa yang dihasilkan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses hidrolisis maka kesempatan selulosa melakukan dekomposisi lebih lama, sehingga kadar glukosa menjadi naik. (Nina Haryani dkk, 2015)

3. Konsentrasi

Konsentrasi asam yang optimum dan peningkatan waktu hidrolisis mempengaruhi konversi selulosa menjadi glukosa (Osvaldo dkk , 2012)

4. pH

Hubungan antara konsentrasi asam dan pH hidrolisis berbanding terbalik, dimana semakin besar konsentrasi asam, maka pH awal proses hidrolisis akan semakin kecil. Hal ini sesuai dengan kenyataan bahwa jika konsentrasi asam dalam larutan makin besar, maka pH larutan tersebut juga akan makin menurun atau kecil. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi asam, maka konsentrasi ion hidrogen (H^+) juga akan semakin besar, dimana nilai pH bergantung pada nilai H^+ yang sesuai dengan teori atau rumus berikut:

$$pH = -\log[H^+]$$

(Faidliyah Nilna Minah,2010)

II.4 Fermentasi

Fermentasi adalah salah satu proses kimia tertua yang dikenal manusia. Fermentasi ini digunakan untuk membuat produk makanan, minuman, obat-obatan,

dan kimia (Muniroh dan Luthfi, 2011). Menurut Budhiutami, (2011) Fermentasi etanol atau alkoholisasi adalah proses perubahan gula menjadi alkohol dan karbon dioksida oleh mikroba, terutama oleh khamir *S. cerevisiae*.

Louis Pasteur untuk pertama kalinya mengenalkan metode fermentasi. Dia melakukan fermentasi gula menggunakan mikroorganisme. Dia telah membuka cakrawala baru memproduksi senyawa kimia dengan bantuan mikroorganisme, sehingga kita tidak harus melakukan sintesis senyawa kimia, biarkan saja mikroorganisme yang bekerja memproduksinya.

Pada fermentasi system batch, metabolisme khamir diharapkan berlangsung pada kondisi anaerob, karena adanya cukup oksigen (aerob) akan menjadikan *S. cerevisiae* berkembang bagus tetapi ethanol sebagai salah satu produk yang metabolismenya hanya terbentuk sedikit (Crueger,1984). Secara umum, kondisi anaerob glukosa akan terurai menjadi ethanol dan karbon dioksida melalui proses glikolisis. Dalam keseluruhan reaksi tersebut, dihasilkan energy untuk kebutuhan biosintesa, serta terbentuknya 2 mol ethanol dan karbon dioksida dari tiap mol glukosa yang dikonsumsi.

Persamaan Reaksi Kimia



Dijabarkan sebagai :

Gula (glukosa, fruktosa, atau sukrosa) -----> Alkohol (etanol) + Karbon dioksida
+ Energy (ATP)

Pembentukan ethanol system batch, diawali dengan kondisi aerob kemudian dilanjutkan dengan kondisi anaerob. Jika kondisi anaerob dimulai terlalu dini maka sel yang ada tidak cukup banyak untuk melakukan fermentasi secara baik. Bahkan untuk mewujudkan kondisi aerob perlu diadakan aerasi sebentar supaya nantinya tidak banyak kehilangan hasil (Crueger, 1984).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi meliputi :

1. Kadar Gula

Kadar gula mempengaruhi banyaknya etanol yang dihasilkan, disebabkan karena glukosa merupakan komponen utama dalam pembentukan etanol, kadar glikosa yang baik berkisar 10-18%, apabila terlalu pekat mempengaruhi kinerja enzim dalam pembentukan etanol, kadar gula optimum adalah 110g/l (Belli Martha Judika Silaban, 2017)

2. Temperatur

Suhu yang biasa digunakan untuk proses fermentasi antara 20-40, hal ini mempengaruhi proses percepatan reaksi pembentukan etanol, karena jika suhu lebih rendah maka proses fermentasi berjalan lambat tetapi jika suhu terlalu tinggi menyebabkan bakteri *S. Cerevisiae* mati, suhu optimum yang digunakan adalah 30°C. (Yuni Fitri, 2015)

3. Waktu

Waktu berpengaruh terhadap banyaknya etanol yang dihasilkan, waktu yang biasa digunakan sekitar 7 hari, semakin lama waktu yang dibutuhkan fermentasi semakin banyak bioetanol yang dihasilkan hal ini dikarenakan bakteri *S. Cerevisiae* masih dapat berkembang biak dan masih bisa

mengkatalis pembentukan etanol, pada percobaan ini waktu optimumnya adalah 5 hari karena setelah lebih 5 hari bakteri memasuki fase kematian. (Nurjati Solikhin, Arum S,P, Lukman B.2012)

4. PH

S. Cerevisiae tumbuh baik pada PH dengan range antara 3-6, dan PH optimum yang biasa digunakan dalam proses fermentasi dengan range 4-5. Hal ini dikarenakan nilai PH mempengaruhi kecepatan reaksi dari bakteri *S. Cerevisiae* semakin tinggi PH kecepatan reaksi pembentukan bioetanol semakin cepat, hasil Ph yang terbaik digunakan adalah 4,8 (Belli Martha Judika Silaban,2017)

5. Konsentrasi Ragi

Banyaknya bakteri yang digunakan dalam pembuatan bioetanol mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan, hal ini dikarenakan banyaknya bakteri yang mengurai glukosa menjadi etanol semakin meningkat hal ini, konsentrasi yang di gunakan 1%-5% dengan konsentrasi terbaik terjadi pada 5% penambahan ragi. (yosua edo Lazuardi)

Proses fermentasi etanol pada umumnya menggunakan proses *batch*. fermentasi *batch* dilakukan dengan cara memasukkan media dan inokulum secara bersamaan ke dalam bioreaktor dan pengambilan produk dilakukan pada akhir fermentasi. Saat proses fermentasi berlangsung akan terjadi perubahan kondisi dalam bioreaktor, nutrient akan berkurang sementara produk dan limbah akan bertambah. Pada dasarnya, fermentasi *batch* adalah sistem tertutup, tidak ada penambahan media baru, tidak ada penambahan (O_2), *antifoam*, asam/basa

dilakukan dengan cara kontrol pH. Fermentasi *batch* banyak digunakan di dunia industri untuk memproduksi etanol karena kemudahan dalam proses sterilisasi dan pengontrolan alat (Widjaja, dkk., 2010). Tetapi ada beberapa kekurangan dari fermentasi *batch* yaitu, hambatan karena tingginya kadar gula, konsentrasi *yield* etanol yang terbatas (12%) dan produktivitas yang rendah (Widjaja, dkk., 2016). Meskipun demikian fermentasi *batch* masih menjadi pilihan dikarenakan *yield* yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan metode lain (Silviana, dkk., 2010).

Pengaturan suhu dalam fermentor perlu dilakukan, terutama dalam selang waktu 48 jam diawal proses fermentasi. Suhu optimal untuk pertumbuhan khamir berkisar 28,9° - 32,2°C. diatas suhu tersebut, aktifitas khamir pada umumnya sudah terhambat dan cocok bagi pertumbuhan bakteri kontaminan. Adanya panas yang terbentuk selama proses fermentasi (125 Kcal/g ethanol) harus dipertimbangkan pula dalam upaya pengaturan suhu proses (Alico, 1982).

Kontaminasi mikroba yang tak diinginkan dapat diusahakan sekecil mungkin, dengan menambahkan inokulum khamir dalam jumlah besar. Hal ini untuk meyakinkan, bahwa pertumbuhan khamir jauh lebih besar daripada kontaminan dan nutrient yang ada segera habis dikonsumsi. Jumlah cairan inokulum bersikar 3-8% terhadap jumlah bubuk media fermentasi, dengan kerapatan sel 3×10^6 per ml (Crueger, 1984)

II.5 *Saccharomyces Cereviseae*

Saccharomyces merupakan jenis khamir atau ragi atau yeast yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi etanol dan CO_2 . *Saccharomyces*

merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil, dan termasuk kelompok eumycetes. Tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,5 - 5. Beberapa kelebihan *Saccharomyces* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat beradaptasi. Pertumbuhan *Saccharomyces* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu unsure C sebagai sumber karbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea atau ZA, unsur ammonium dan pepton, unsur mineral dan vitamin. Beberapa yang termasuk dalam genus *Saccharomyces* yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boullardii*, dan *Saccharomyces uvarum* (Tri Setiawan, 2011). Klasifikasi *Saccharomyces* adalah sebagai berikut (Tri Setiawan, 2011) :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Arecales
Famili	: Arecaceae

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroba yang bersifat fakultatif, ini berarti mikroba tersebut memiliki 2 mekanisme dalam mendapatkan energinya. Jika ada udara, tenaga di peroleh dari respirasi aerob dan jika tidak ada udara tenaga di peroleh dari respirasi anaerob. Tenaga yang diperoleh dari respirasi aerob digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel sehingga praktis tidak ada kenaikan jumlah alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan yeast yang mengandung dua enzim. Pertama enzim invertase yang bertindak sebagai katalisator

dan mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa atau gula sederhana. Kemudian enzim yang kedua adalah enzim zymase yang bertindak mengubah glukosa atau gula sederhana menjadi etanol dan CO_2 .

Ditinjau dari segi efisiensi penggunaan tenaga, ternyata kondisi aerob memberikan suasana lebih menguntungkan dalam usaha memperbanyak jumlah yeast dibandingkan kondisi anaerob namun pada kondisi anaerob lebih banyak menghasilkan etanol dari pada kondisi aerob. Dalam fermentasi alkohol, mikroba yang dipakai adalah *saccharomyces cerevisiae* karena mempunyai daya fermentasi yang tinggi, berdasarkan hasil penelitian *saccharomyces cerevisiae* mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktose, maltose dan mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi serta tahan terhadap mikroba lain.

II.6 Distilasi

Bioetanol yang dihasilkan dari proses fermentasi masih mengandung gas CO_2 (yang ditimbulkan dari perubahan glukosa menjadi bioetanol) dan aldehid sebanyak 35% volume yang perlu dibersihkan dengan menyaring bioetanol yang terikat oleh CO_2 . Kadar bioetanol dari proses fermentasi, biasanya mencapai 8 sampai 10 %, sehingga untuk memperoleh etanol yang murni diperlukan proses destilasi (Wasito, 1981).

Secara umum, destilasi banyak diartikan sebagai berikut :

- a) Destilasi adalah suatu proses penguapan dan pengembunan kembali, yang dimaksudkan untuk memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke

dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didih. Pada umumnya, pemisahan hasil fermentasi glukosa/dektrosa menggunakan sistem uapcairan, dan terdiri dari komponen-komponen tertentu yang mudah tercampur. Umumnya destilasi berlangsung pada tekanan atmosfer, contoh dalam hal ini adalah sistem alkohol-air, yang pada tekanan atmosfer memiliki titik didih sebesar $78,6^{\circ}\text{C}$. (Tjokroadikoesoemo, 1986)

- b) Destilasi dapat diartikan sebagai suatu metode operasi yang digunakan pada proses pemisahan suatu komponen dari campurannya berdasarkan titik didih masing-masing komponen dengan menggunakan panas sebagai tenaga pemisah. (Brown, 1987).
- c) Destilasi juga merupakan proses pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya, titik didih etanol murni sebesar 78°C , sedangkan air adalah 100°C , dengan pemanasan larutan pada suhu rentang $78 - 100^{\circ}\text{C}$ akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95 % volume.

Menurut Ahmad Y Hasan, 2005 ada 4 jenis destilasi yang akan dibahas disini, yaitu destilasi sederhana, destilasi fraksionasi, destilasi uap, dan destilasi vakum. Selain itu ada pula destilasi ekstraktif dan destilasi azeotropic homogenous, destilasi dengan menggunakan garam ber ion, destilasi pressure swing, serta destilasi reaktif

1. Destilasi Sederhana

Pada destilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi destilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.

2. Destilasi Fraksinasi

Fungsi destilasi fraksinasi adalah memisahkan komponen-komponen cair dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Destilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20°C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari destilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah. Perbedaan destilasi fraksinasi dan destilasi sederhana adalah adanya kolom fraksinasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian destilat yang lebih dari plat-plat dibawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya.

3. Destilasi Uap

Destilasi Uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memilik titik didih mencapai 200°C atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati 100°C dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari destilasi uap adalah dapat mendestilasi campuran senyawa dibawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu destilasi uap digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperature, tapi dapat di destilasi dengan air. Aplikasi dari destilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak eucalyptus dari eucalyptus, minyak citrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum dari tumbuhan. Campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan kedalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu destilat.

4. Destilasi Vakum

Destilasi Vakum biasanya digunakan apabila senyawa yang akan di destilasi stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih diatas 150°C . Metode destilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat di kondensasi oleh air. Untuk mengurangi

tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada system destilasi ini.

II.7 Optimasi Fermentasi

Optimasi merupakan suatu cara untuk menemukan nilai terbaik (maksimal maupun minimal) dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks pada kondisi tertentu dengan memaksimalkan faktor yang diinginkan dan meminimalkan faktor yang tidak diinginkan.

Optimasi telah banyak digunakan dalam pengembangan studi produksi gula reduksi dengan hidrolisis enzimatis guna memprediksi pengaruh apa yang memiliki peranan paling besar untuk meningkatkan produksi gula reduksi. Pada penelitian oleh Kunameni dan Singh (2005), optimasi menggunakan *Response Surface Method* ditujukan untuk memprediksi faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas konversi pati menjadi glukosa.

Response surface methodology (RSM) adalah sebuah teknik pemodelan empiris yang digunakan untuk mengestimasi hubungan antara variabel terikat dalam eksperimen dan hasil yang diperoleh (Lee, dkk., 2003; Li, dkk., 2002). Metode ini banyak digunakan untuk optimasi dalam bidang ilmu dan teknologi pangan karena teori yang komprehensif, efektifitas tinggi, dan sederhana (Arteaga, dkk., 1994). Sebagai contoh, ingin ditemukan nilai dari suhu (x_1) dan tekanan (x_2) yang dapat memaksimalkan *yield* pada suatu proses. *Yield* pada proses tersebut merupakan fungsi dari nilai suhu dan tekanan yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon$$

Dimana ε merupakan error yang diobservasi dari respon y . Jika respon yang diinginkan didenotasikan menjadi $E(y) = f(x_1, x_2) = \eta$, sehingga *surface* direpresentasikan oleh:

$$\eta = f(x_1, x_2)$$

Sebagian besar masalah dari RSM adalah bentuk hubungan antara respon dan variabel independen tidak diketahui. Sehingga langkah pertama pada metode ini adalah menemukan nilai yang cocok untuk hubungan fungsi antara y dan variabel-variabel independennya. Pada umumnya digunakan polinomial berorde rendah untuk variabel independennya. Bila respon dimodelkan dengan baik terhadap fungsi linear variabel independen, maka perkiraan fungsinya dapat menggunakan *first-order model*.

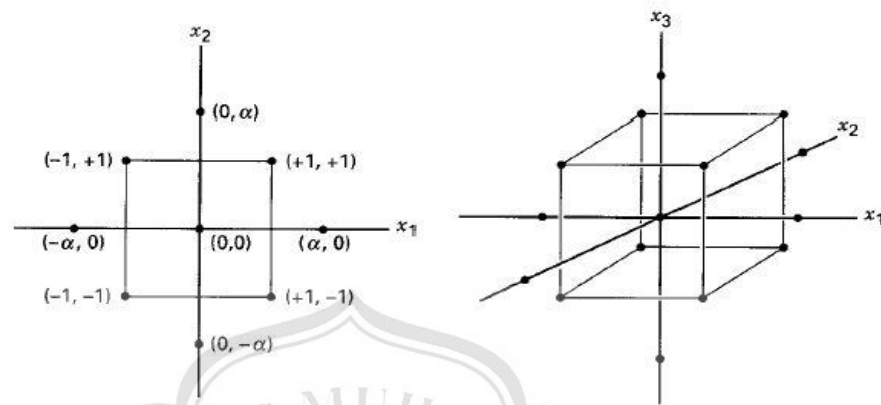
$$y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_k \cdot x_k + \varepsilon$$

Bila terdapat pembentukan kurva pada sistem, maka penggunaan polinomial dengan derajat yang lebih tinggi harus digunakan, misalnya *second order model*.

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

Dalam RSM, *Central Composite Design* (CCD) adalah desain eksperimen yang paling sering digunakan karena mempunyai prediksi yang sama ke semua titik dari pusat (Liu, dkk., 1998). CCD mengoptimalkan desain untuk model kuadratik dan jumlah titik eksperimen dalam CCD cukup untuk memvalidasi model yang cocok dan kekurangan dari model (Arteaga, dkk., 1994). Desain eksperimen terdiri

dari F sebagai poin factorial, $2k$ sebagai poin aksial ($\pm\alpha$) dan n_c sebagai poin pusat (*center point*) (T. J. Robinson dan S. S. Wuff, 2006).



Gambar 2.2 *Central Composite Design* untuk $k=2$ dan $k=3$

Penggunaan *central composite design* sebagian besar digunakan pada percobaan sekuensial, dimana $2k$ digunakan pada orde satu dan menunjukkan poin *lack of fit* serta poin aksial pada aturan kuadratik di dalam permodelan. Metode ini sangat efisien untuk pemodelan orde dua. Terdapat dua parameter yang ditetapkan pada permodelan menggunakan *central composite design*, jarak α terhadap pusat *design* dan jumlah dari poin pusat n_c (Montgomery, 2001)

II.9 PENELITIAN TERDAHULU

1. I wayan Warsa, Faudzia S, Camelia L (2013) melakukan penelitian tentang bioetanol dari bonggol pisang menggunakan proses hidrolisis dan fermentasi, dimana hidrolisis ini menggunakan enzim alfa-amilase dan enzim gluko-amilase lalu dilanjutkan dengan proses fermentasi dengan menggunakan *saccharomyces cereviceae*. Variabel fermentasi yang dijalankan adalah 2,3,5,7, dan 8 hari serta konsentrasi starter *saccharomyces cereviceae* 8%,9%, dan 10%. Hasil terbaik diperoleh dengan menggunakan

konsentrasi starter 9% dan waktu fermentasi 7 hari, kadar bioetanol yang dihasilkan sebesar 30,59%.

2. Nurjati Solikhin, Arum S,P, Lukman B.(2012) Melakukan penelitian untuk mendapatkan bioetanol dari bonggol pisang menggunakan proses hidrolisis dan fermentasi menggunakan *S. Cerevisiae*. Pada penelitian menggunakan variabel tetap pada hidrolisis yaitu suhu 80°C, dan untuk fermentasi PH=5, suhu 30°C, dan penambahan *S. Cerevisiae*, dan variable berubah dengan penambahan starter (4%,6%,8%), dan waktu fermentasi (1,2,3,4,5 hari). Dengan hasil etanol tertinggi pada hari ke 5, konsentrasi 8%, dengan jumlah etanol total (ml etanol/kg bonggol pisang) yaitu 912,9003 ml etanol/kg bonggol pisang.
3. Yuni Fitri(2015) melakukan penelitian tentang untuk mengetahui pengaruh variasi suhu inkubasi dan jenis ragi yang digunakan pada pembuatan bioetanol dari bonggol pisang. Variasi suhu 20, 25, 30, 35, dan 40°C, serta ragi yang digunakan adalah ragi roti dan ragi tape. Hasil optimum didapat pada suhu 30°C dan jenis ragi roti dengan kadar etanol 0,6744%.
4. Nurfajriani, Lenny SL Siahaan(2016), melakukan penelitian tentang pembuatan bioetanol dari bonggol pisang dengan menggunakan hidrolisis enzimatik dan fermentasi. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah penambahan ragi (0.01g, 0,04g, 0,06g, 0,08g). Hasil optimum ditunjukkan pada penambahan ragi 0.08g dengan etanol 4,6%.