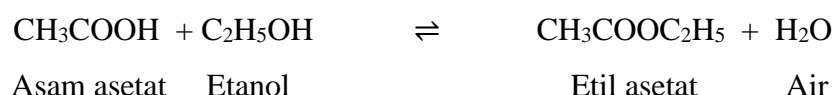


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Etil Asetat

Etil asetat adalah senyawa organik dengan rumus empiris $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$. Senyawa ini merupakan ester dari ethanol dan asam asetat. Senyawa ini berwujud cairan tak berwarna, memiliki aroma khas. Etil asetat adalah pelarut polar menengah yang volatil (mudah menguap), tidak beracun, dan tidak higroskopis. Etil asetat dibuat melalui reaksi esterifikasi Fischer dari asam asetat dan ethanol. Reaksi esterifikasi Fischer adalah reaksi pembentukan ester dengan cara merefluks asam karboksilat bersama ethanol dengan katalis asam. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi *reversible* yang sangat lambat, tetapi bila menggunakan katalis, kesetimbangan reaksi akan tercapai lebih cepat. Asam yang dapat digunakan sebagai katalis adalah asam sulfat, asam klorida, dan asam fosfat. Dari reaksi asam asetat dan ethanol inilah akan menghasilkan etil asetat dengan persamaan reaksinya :



2.1.1 Sifat – sifat Etil Asetat

Etil asetat bersifat volatil, relatif tidak toksik dan tidak higroskopis. Sifat fisika dari etil asetat dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Sifat Fisika Etil Asetat

Sifat Fisika	Keterangan
Berat	88,105 gr/mol
Wujud	Cairan Bening
Densitas	0,897 gr/ml
Titik Leleh	-83,6
Titik Didih	77,1 °C
Titik Nyala	-4 °C

2.1.2 Kegunaan Etil Asetat

Beberapa kegunaan etil asetat :

1. Sebagai bahan pelarut cat dan bahan baku pembuatan plastik
2. Untuk kebutuhan industri farmasi
3. Sebagai bahan baku bagi industri tinta cetak
4. Sebagai bahan baku bagi pabrik parfum, flavor, kosmetik, dan minyak atsiri (McKetta and Cuningham, 1994).

2.2 Bahan Baku Pembuatan Etil Asetat

Pisang (*Musa paradisiaca L.*) merupakan salah satu jenis buah-buahan tropis yang tumbuh subur dan mempunyai wilayah penyebaran merata di seluruh wilayah Indonesia. Pisang merupakan komoditas unggulan yang mudah diusahakan, berumur singkat dan dapat dipanen sepanjang tahun. Kulit pisang dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai makanan ternak. Akan tetapi, limbah kulit pisang ini berpotensi untuk diolah menjadi bahan baku yang berguna dan mempunyai nilai lebih. Kulit pisang mengandung komponen yang bernilai, seperti karbohidrat, vitamin C, kalsium dan nutrien lainnya. Berdasarkan sifat fisik dan kimianya, limbah kulit pisang sangat berpotensi untuk digunakan sebagai sumber karbon dalam pembuatan alkohol.

Tabel 2.2 Tabel Produksi Pisang

No.	Tahun	Luas Panen (Ha)	Produksi (Ton)	Produktivitas (Ton/Ha)
1	2005	101.465	5.177.608	51,03
2	2006	94.144	5.037.472	53,51
3	2007	98.143	5.454.472	55,57
4	2008	107.791	6.004.615	55,71
5	2009	119.018	6.373.533	53,55
6	2010	101.276	5.755.073	56,83

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa produksi pisang di berbagai provinsi di Indonesia cukup besar. Besarnya angka ini berbanding lurus dengan jumlah limbah dari pisang itu sendiri yaitu kulit pisang. Untuk itu dilakukanlah berbagai

penelitian untuk menambah nilai guna dari kulit pisang ini.

Menurut Munadjim (1982), bagian pisang yang dapat dimakan adalah dua per tiga ($2/3$) bagian dan sepertiga ($1/3$) bagian sisanya merupakan limbah pisang. Angka tersebut merupakan jumlah yang cukup banyak dan menjadi limbah yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan cepat. Menurut Kumalaningsih (1993), salah satu limbah pisang yang banyak dihasilkan adalah kulit pisang. Selain mengandung air, kulit pisang juga mengandung karbohidrat yang relatif tinggi yaitu 18,50 % (Tety, 2006). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh BPKI Surabaya, limbah kulit pisang raja mengandung monosakarida terutama glukosa sebesar 8,16 %. Oleh karena itu limbah kulit pisang raja berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan etanol melalui proses fermentasi (Munadjim, 1982).

Berdasarkan taksonominya, tanaman pisang raja diklasifikasikan sebagai berikut (Judd *et al.* 1999; Simpson 2006; Plantamor 2008).

a. Klasifikasi

Divisio	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisio	: <i>Angiospermae</i>
Classis	: <i>Monocotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Zingiberales</i>
Famili	: <i>Musaceae</i>
Genus	: <i>Musa</i>
Spesies	: <i>Musa paradisiaca L.</i>

b. Morfologi

Morfologi dari buah pisang raja adalah buahnya berbentuk silinder agak bengkok dan memiliki tiga garis menuju kebawah yang membentuk sudut. Ujung bawah yang bengkok agak keras. Pisang raja memiliki tangkai buah yang terdiri atas 6 sisir yang masing-masing terdiri 15 buah. Berat satu buah pisang sekitar 92 gram dengan panjang 12-18 cm dan diameter 3,2 cm. Bentuk buahnya melengkung dengan bagian pangkal bulat. Warna daging buahnya kuning kemerahan tanpa biji. Empulur buahnya nyata dengan tekstur kasar.

Pisang raja (*Musa Paradisiaca L.*) ditunjukkan seperti gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Pisang Raja (*Musa Paradisiaca L.*)

c. Kandungan Pisang Raja (*Musa paradisiaca L. var sapientum*)

Kandungan mineral yang menonjol pada pisang adalah kalium. Sebuah pisang kira-kira dapat menyumbang kalium sebesar 440 mg. Kalium berfungsi antara lain untuk menjaga keseimbangan air dalam tubuh, kesehatan jantung, menurunkan tekanan darah, dan membantu pengiriman oksigen ke dalam otak.

Pisang kaya akan glukosa, fruktosa, sukrosa, kanji dan protein, lemak, minyak volatil, vitamin A, B, C, E, kalsium, fosfor dan besi maupun berbagai enzim, dan sebagainya. Kandungan pisang raja (*Musa paradisiaca L. var sapientum*) dapat dilihat dalam Tabel 2.3 Khasiat dari buah pisang raja (*Musa paradisiaca L.*) adalah dapat mendinginkan demam, melancarkan kencing, bersifat laksatif, membantu menurunkan hipertensi, dan bisa menenangkan janin.

Tabel 2.3 Komposisi Kulit Pisang Raja (*Musa Paradisiaca L.*)

Komponen Proksimat	Nilai	
	Pisang Raja	Pisang Kepok
Air	67,30	
Energi	116,00	
Protein	0,79	
Total	0,18	
Karbohidrat	31,15	
Serat	2,30	

2.3 Pembuatan Etil Asetat

2.3.1 Hidrolisis

Bahan-bahan yang mengandung monosakarida ($C_6H_{12}O_6$) sebagai glukosa langsung dapat difermentasi menjadi etanol. Akan tetapi disakarida pati, atau pun karbohidrat kompleks harus dihidrolisa terlebih dahulu menjadi komponen sederhana, monosakarida. Oleh karena itu, agar tahap fermentasi dapat berjalan secara optimal, bahan tersebut harus mengalami perlakuan pendahuluan sebelum di fermentasi.

Disakarida seperti gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$) harus dihidrolisis menjadi glukosa. Polisakarida seperti selulosa harus diubah terlebih dahulu menjadi glukosa. Terbentuknya glukosa berarti proses pendahuluan telah berakhir dan bahan-bahan selanjutnya siap untuk difermentasi. Ada beberapa hidrolisis yaitu:

1. Air

Kelemahan zat penghidrolisa ini adalah prosesnya lambat kurang sempurna dan hasilnya kurang baik. Biasanya ditambahkan katalisator dalam industri. Zat penghidrolisa air ditambah zat-zat yang sangat reaktif. Untuk mempercepat reaksi dapat juga digunakan uap air pada temperatur tinggi.

2. Asam

Asam biasanya berfungsi sebagai katalisator dengan mengaktifkan air dari kadar asam yang encer. Umumnya kecepatan reaksi sebanding dengan ion H^+ tetapi pada konsentrasi yang tinggi hubungannya tidak terlihat lagi. Di dalam industri asam yang dipakai adalah H_2SO_4 , HCl . $H_2C_2O_4$ jarang dipakai karena harganya mahal, HCl lebih menguntungkan karena lebih reaktif dibandingkan H_2SO_4 .

3. Basa

Basa yang dipakai adalah basa encer, basa pekat dan basa padat. Reaksi bentuk padat sama dengan reaksi bentuk cair. Hanya reaksinya lebih sempurna atau lebih reaktif dan hanya digunakan untuk maksud tertentu, misalnya proses peleburan benzen menjadi fenol.

4. Enzim

Suatu zat yang dihasilkan oleh mikroorganisme, biasanya digunakan sebagai katalisator pada proses hidrolisa. Penggunaan dalam industri misalnya pembuatan alkohol dari tetes tebu oleh enzim.

Hidrolisis dengan air murni berlangsung lambat dan hasil reaksi tidak komplit, sehingga perlu ditambahkan katalis asam untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan selektivitas. Laju proses hidrolisis akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi. Konsentrasi asam yang tinggi juga akan mengakibatkan terikatnya ion-ion pengontrol seperti SiO_2 , fosfat, dan garam-garam seperti Ca, Mg, Na, K dalam pati.

Proses hidrolisis umumnya digunakan pada industri etanol adalah menggunakan hidrolisis dengan asam (*acid hydrolysis*) dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) atau dengan menggunakan asam klorida (HCl). Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Dalam hidrolisis asam biasanya digunakan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H_2SO_4) dengan kadar tertentu. Hidrolisis ini biasanya dilakukan dalam tangki khusus yang terbuat dari baja tahan karat atau tembaga yang dihubungkan dengan pipa saluran pemanas dan pipa saluran udara untuk mengatur tekanan dalam udara. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim yang sering disebut dengan *enzymatic hydrolysis* yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim jenis selulase atau jenis yang lain.

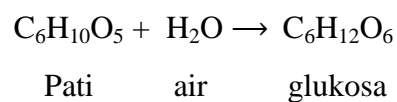
2.3.2 Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam dapat dipergunakan untuk memecah komponen polisakarida menjadi monomer-monomernya. Proses hidrolisis yang sempurna akan memecah selulosa dan pati menjadi glukosa, sedangkan hemiselulosa akan terpecah menjadi pentosa dan heksosa. Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan asam yang dapat digunakan sebagai katalis asam selain asam klorida (HCl).

Proses hidrolisis umumnya digunakan pada industri etanol adalah menggunakan hidrolisis dengan asam (*acid hydrolysis*) dengan menggunakan

asam sulfat (H_2SO_4) atau dengan menggunakan asam klorida (HCl). Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Dalam hidrolisis asam biasanya digunakan asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H_2SO_4) dengan kadar tertentu. Hidrolisis ini biasanya dilakukan dalam tangki khusus yang terbuat dari baja tahan karat atau tembaga yang dihubungkan dengan pipa saluran pemanas dan pipa saluran udara untuk mengatur tekanan dalam udara. Proses hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan enzim yang sering disebut dengan *enzymatic hydrolysis* yaitu hidrolisis dengan menggunakan enzim jenis selulase atau jenis yang lain.

Asam klorida (HCl) merupakan asam yang paling sering digunakan sebagai katalis terutama untuk industri makanan karena sifatnya mudah menguap sehingga memudahkan pemisahan dari produknya. Selain itu asam tersebut dapat menghasilkan produk yang berwarna terang. Penggunaan HCl sebagai katalis karena harganya murah, mudah diperoleh dan memiliki efektifitas yang tinggi dalam meningkatkan kecepatan reaksi.



Keuntungan hidrolisis menggunakan asam konsentrasi tinggi antara lain proses hidrolisis dapat dilakukan pada suhu yang rendah dan hasil gula yang didapatkan tinggi. Namun penggunaan asam konsentrasi tinggi mempunyai kelemahan antara lain jumlah asam yang digunakan sangat banyak, potensi korosi pada peralatan produksi terutama alat yang terbuat dari besi, penggunaan energi yang tinggi untuk proses daur ulang asam dan waktu reaksi yang lama yaitu berkisar antara dua hingga enam jam. Hidrolisis menggunakan asam dengan konsentrasi rendah mempunyai keuntungan antara lain jumlah asam yang digunakan sedikit dan waktu tinggal yang sebentar. Hidrolisis asam dengan konsentrasi rendah dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap pertama yang melibatkan asam encer untuk menghidrolisis gula dari golongan pentosa yang umumnya terdapat dalam fraksi hemiselulosa. Tahap ini biasanya menggunakan H_2SO_4 1% pada suhu $80^\circ C$ - $120^\circ C$ selama 30-240 menit. Tahap kedua

menggunakan asam dengan konsentrasi yang lebih tinggi untuk menghidrolisis gula yang berasal golongan heksosa seperti selulosa biasanya dilakukan dengan konsentrasi asam 5-20% H₂SO₄ dengan suhu 180°C. Proses hidrolisis bertahap ini dapat memaksimalkan hasil glukosa yang dihasilkan dan meminimumkan hasil samping yang tidak diinginkan (Purwadi, 2006).

Penentuan konsentrasi asam tergantung pada ukuran, bentuk dan kadar air pada partikel lignoselulosa. Asam sulfat biasanya digunakan pada bahan terlarut dengan konsentrasi tidak melebihi 10% berat (H₂SO₄ umum digunakan tidak lebih dari 5%). Penggunaan katalis asam encer selalu terjadi penambahan air yang banyak pada bahan lignoselulosa dan hal itu membutuhkan energi panas yang lebih banyak selama proses pemanasan (*Patent Cooperation Treaty*, 1998).

Proses hidrolisis menggunakan konsentrasi asam encer, selain dapat menguraikan glukosa juga menghasilkan hasil samping yang dapat menghambat proses fermentasi. Hasil samping yang dapat menghambat proses fermentasi antara lain furfural, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), asam lefulenat, asam asetat, asam format, asam uronat dan lain-lainnya (Tahezadeh & Karimi 2007).

Hidrolisis asam pada bahan lignoselulosa, hemiselulosa merupakan komponen yang paling mudah terhidrolisis oleh asam yang akan terdegradasi menjadi xilosa, manosa, asam asetat, galaktosa arabinosa dan sejumlah kecil rhamnosa, asam glukuronat, asam metil glukronat dan asam galakturonat (Morohoshi 1991; Sjostrom 1993). Selulosa akan terdegradasi menjadi glukosa. Xilosa akan terdegradasi menjadi furfural dan 5-hidroksimetilfurfural (HMF) pada kondisi suhu dan tekanan tinggi. Komponen fenol terbentuk dari lignin yang terpecah sebagian dan juga selama proses degradasi karbohidrat (Palmqvist & Hahn Hägerdal, 2000). Lignin merupakan komponen kompleks yang tersusun oleh *phenylpropane* yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Ikatan kimia terjadi di antara lignin dan hemiselulosa bahkan terkadang juga dengan selulosa. Lignin sangat tahan terhadap reaksi kimia dan enzimatik (Tahezadeh 1999; Palmqvist & Hahn-Hägerdal 2000).

Proses hidrolisis ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1) pH (derajat keasaman)

pH mempengaruhi proses hidrolisis sehingga dapat dihasilkan hidrolisis yang sesuai dengan yang diinginkan, pH yang baik untuk proses hidrolisis adalah 2,3.

2) Suhu

Suhu juga mempengaruhi proses kecepatan reaksi hidrolisis, suhu yang baik untuk hidrolisis selulosa adalah sekitar 21°C.

3) Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi hidrolisis, untuk hidrolisis asam digunakan konsentrasi HCl pekat atau H₂SO₄ pekat.

2.3.3 Fermentasi

Pada mulanya istilah fermentasi hanya digunakan untuk menunjukkan proses pembuatan anggur. Dalam proses tersebut dihasilkan gelembung-gelembung gas seperti adanya gelembung gas pada air yang mendidih. Sejalan dengan perkembangan ilmu kimia pada waktu itu, maka dapat diketahui bahwa pada fermentasi anggur terjadi penguraian gula menjadi etanol dan CO₂ (Timotius, 1982).

Fermentasi berasal dari bahasa latin *fervere* yang artinya mendidih dan digunakan untuk menggambarkan penampakan menarik dari sari anggur yang terfermentasi. Fermentasi pertama kali dikemukakan secara ilmiah oleh ahli kimia Prancis Louis Pasteur, yaitu proses peruraian gula menjadi alkohol dan karbondioksida yang disebabkan aktivitas sel-sel khamir dalam keadaan tanpa udara (Sa'id, 1987).

Meskipun pada dasarnya fermentasi dapat berlangsung menggunakan enzim tetapi sampai saat ini, industri fermentasi yang besar masih memanfaatkan mikroorganisme, antara lain karena cara ini jauh lebih mudah dan murah. Untuk mengisolasi enzim yang murni memerlukan biaya yang mahal dan ketelitian yang tinggi. Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi antara lain: khamir, kapang dan bakteri (Winarno, 1984).

Penjelasan Pasteur disempurnakan oleh Buchner yang menunjukkan bahwa fermentasi dapat berlangsung dalam larutan gula yang ditambah dengan cairan

yang diekstraksi dari sel-sel khamir yang sudah mati. Dari ribuan macam spesies mikroorganisme yang mampu melakukan proses fermentasi hanya beberapa puluh saja yang dipilih karena kemampuannya melakukan aktivitas melalui jalur yang dikehendaki sehingga memudahkan dalam kontrol proses. Misalnya, dari ratusan spesies khamir, bakteri dan kapang yang mampu menghasilkan alkohol hanya dua atau tiga spesies yang dipakai dalam industri, karena keunggulannya dalam hal kecepatan fermentasi, toleransi terhadap alkohol dan konsentrasi gula yang tinggi dan hasil alkohol yang banyak. Beberapa organisme tertentu memiliki lebih dari satu aplikasi industri. Sebagai contoh adalah khamir yang menghasilkan alkohol dan gliserol dari gula, mengembangkan adonan roti, serta sebagai sumber protein, vitamin dan enzim. Contoh yang khas adalah *Saccharomyces cerevisiae*, khamir yang memang umum dikenal, *Aspergillus niger* yang memproduksi asam sitrat, asam glukonat, asam oksalat, amilase dan dalam sintesa-sintesa vitamin, serta *Lactobacillus delbrueckii* yang digunakan dalam produksi asam laktat (Sa'id, 1987).

Umumnya kata fermentasi diartikan untuk semua kegiatan yang menunjukkan pada berbagai aksi mikrobial. Tetapi dalam mikrobiologi, "fermentasi" dimaksudkan sebagai aksi mikrobial tertentu dan jelas. Dalam sitologi organisme tinggi, fermentasi berarti proses-proses biokimia yang karakteristiknya sama dengan fermentasi mikrobial (Sa'id, 1987).

a) Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi menurut Desroisier (1998), antara lain:

1) Media

Pada umumnya bahan dasar yang mengandung senyawa organik terutama glukosa dan pati dapat digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi bioethanol (Prescott and Dunn, 1959).

2) Suhu

Suhu optimum bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dan

aktivitasnya adalah 25-35°C. suhu memegang peranan penting, karena secara langsung dapat mempengaruhi aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* dan secara tidak langsung akan mempengaruhi kadar etanol yang dihasilkan (Prescott and Dunn, 1959). Pada penelitian ini pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* dijaga pada suhu 27°C (Rhony A., dan Danang J.W, 2003).

3) Nutrisi

Selain sumber karbon, *Saccharomyces cerevisiae* juga memerlukan sumber nitrogen, vitamin dan mineral dalam pertumbuhannya. Pada umumnya sebagian besar *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan vitamin seperti biotin dan thiamin yang diperlukan untuk pertumbuhannya. Beberapa mineral juga harus ada untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* seperti fosfat, kalium, sulfur, dan sejumlah kecil senyawa besi dan tembaga (Prescott and Dunn, 1959).

4) pH

pH substrat adalah satu faktor yang menentukan kehidupan *saccharomyces cerevisiae*. Salah satu sifat *saccharomyces cerevisiae* bahwa pertumbuhan dapat berlangsung dengan baik pada kondisi pH 4-6 (Prescott and dunn).

5) Volume starter

Volume starter yang ditambahkan 3-7% dari volume media fermentasi. Jumlah volume starter tersebut sangat baik dan efektif untuk fermentasi serta dapat menghasilkan kadar alkohol yang relative tinggi (Monick, J. A., 1968). Penambahan volume starter yang sesuai pada proses fermentasi adalah 5% dari volume fermentasi (Prescott and Dunn, 1959). Volume starter yang terlalu sedikit akan mengakibatkan produktivitas menurun karena menjadi lelah dan keadaan ini memperbesar terjadinya kontaminasi. Peningkatan volume starter akan mempercepat terjadinya fermentasi terutama bila digunakan substrat berkadar tinggi. Tetapi jika volume starter berlebihan akan mengakibatkan hilangnya kemampuan bakteri untuk hidup sehingga tingkat kematian bakteri sangat tinggi.

6) Waktu fermentasi

Waktu fermentasi yang normal yaitu 3-14 hari, jika waktunya terlalu cepat, bakteri *saccharomyces cerevisiae* masih dalam masa pertumbuhan, dan jika terlalu lama maka bakteri akan mati dan etanol yang dihasilkan tidak maksimal.

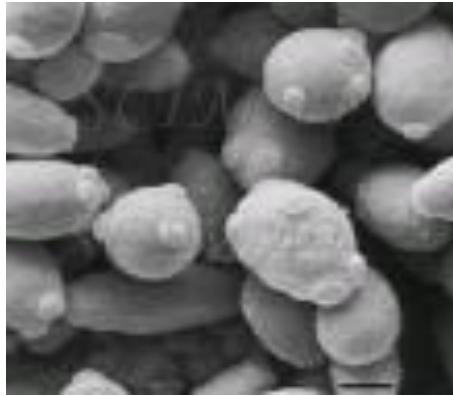
7) Substrat

Mikroba memerlukan substrat yang mengandung nutrisi sesuai dengan kebutuhan untuk pertumbuhan.

b) *Saccharomyces cerevisiae*

Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* dalam produksi etanol secara fermentasi telah banyak dikembangkan di beberapa negara, seperti Brasil, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat. Hal ini disebabkan karena *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi etanol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi terhadap alkohol yang tinggi. Selain *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis* juga sangat potensial, namun bakteri ini perlu dikembangkan lebih lanjut, karena toleransinya yang rendah terhadap garam dalam media dan membutuhkan media yang steril, sehingga menyulitkan untuk aplikasi skala industri. Oleh karena itu Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) adalah mikroorganisme penghasil etanol yang paling dikenal saat ini.

Fungi termasuk tanaman yang tidak berklorofil sehingga tidak mampu untuk mensintesis makanannya sendiri. Fungi sel tunggal disebut *yeast* (ragi) dan jamur (*mold*) adalah fungi multiseluler. Ragi banyak dijumpai di alam terutama banyak ditemukan pada buah- buahan, biji-bijian dan makanan yang mengandung gula. Ragi juga ditemukan di tanah, udara dan kulit binatang. *Saccharomyces*. Jamur ini merupakan jamur yang sangat dibutuhkan untuk membuat roti dan bir sejak zaman kuno. Ini adalah mikroorganisme yang berperan di belakang fermentasi. Mikroorganisme ini berasal dari golongan khamir yang mampu memfermentasi glukosa, maka dimanfaatkan untuk memproduksi bioetanol.



Gambar 2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

c) Taksonomi *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan suatu khamir sel tunggal (*unicellular*) yang berukuran 5-10 μm , berbentuk bulat, silindris, atau oval. *S. cerevisiae* digunakan untuk produksi etanol pada kondisi anaerob. Klasifikasi *S. cerevisiae* adalah sebagai berikut (Rusdianto, 2010) :

Kingdom : *Fungi*
Divisi : *Ascomycota*
Kelas : *Saccharomycetes*
Ordo : *Saccharomycetales*
Famili : *Saccharomycetaceae*
Genus : *Saccharomyces*
Spesies : *Saccharomyces cerevisiae*
Morfologi : *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan khamir atau fungi uniseluler golongan eukariot. Mikroorganisme ini berbentuk bulat atau oval dengan diameter 5-20 mikrometer dan setelah dewasa akan pecah menjadi sel induk (Haetami dkk, 2008). Strukturnya mempunyai dinding polisakarida tebal yang menutup protoplasma. Ciri umum *Saccharomyces cerevisiae* yaitu tidak mempunyai hifa dan tubuh buah. Khamir ini bereproduksi dengan cara bertunas. Tempat melekatnya tunas pada induk sel sangat kecil, sehingga seolah-olah tidak terbentuk septa, sehingga tidak dapat terlihat dengan mikroskop biasa.

d) Fisiologi *Saccharomyces cereviceae*

Semua galur dari *S. cereviceae* dapat tumbuh secara aerobik di dalam media glukosa, maltosa dan trehalosa namun tidak dapat hidup di dalam laktosa dan selobiosa. Kemampuan untuk hidup dan menggunakan berbagai jenis gula akan berbeda-beda yang dipengaruhi oleh kondisi aerobik atau anaerobik, beberapa galur tidak dapat tumbuh secara anaerobik di media sukrosa dan trehalosa. Semua galur dari *S. cereviceae* dapat menggunakan amonia dan urea sebagai sumber nitrogen tetapi tidak dapat menggunakan nitrat karena ketidakmampuannya untuk mereduksi menjadi ion amoniak. Khamir selain membutuhkan unsur nitrogen juga memerlukan unsur fosfor dan unsur logam seperti magnesium, besi, kalsium dan seng untuk pertumbuhannya.

Untuk dapat bertahan hidup, *S. cereviceae* membutuhkan nutrien yang diperoleh dari medium perkembangbiakkannya seperti $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KCl , CaCl_2 , $\text{P}_3(\text{PO}_4)_5$, ekstrak ragi, air, dan glukosa. *S. cereviceae* merupakan mikroorganisme yang dapat dikultivasi pada kondisi aerobik dan anaerobik, produk yang dihasilkan pada kedua kondisi tersebut berbeda. *S. cereviceae* pada kondisi aerobik akan menghasilkan individu baru, sedangkan pada kondisi anaerobik dihasilkan produk utama yang dapat berupa etanol dimana hasilnya tergantung pada konsentrasi awal biomassa. Konsentrasi gula yang baik untuk fermentasi menggunakan khamir adalah diantara 10-18% dengan pH bahan 4-5 dan waktu yang digunakan biasanya 30-72 jam (Rusdianto, 2010).

Adapun ragi yang digunakan pada penelitian ini yaitu : ragi roti. Mikroorganisme ini dipilih karena ragi roti adalah *Saccharomyces cereviceae* yang dapat memproduksi alkohol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi pada kadar alkohol yang tinggi. Kadar alkohol yang dihasilkan sebesar 30% pada pada kondisi optimum. ragi roti yang bersifat stabil, tidak berbahaya atau menimbulkan racun, mudah di dapat dan malah mudah dalam pemeliharaan.

2.3.4 Reaksi Esterifikasi

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol. Esterifikasi dapat

dikatalis oleh kehadiran ion H⁺. Asam belerang sering digunakan sebagai sebagai suatu katalisator untuk reaksi ini. Nama ester berasal dari Essig-Äther Jerman, sebuah nama kuno untuk menyebut etil asam cuka ester (asam cuka etil) (Anshory, 2003).

Ester dapat dibuat oleh suatu reaksi keseimbangan antara suatu alkohol dan suatu asam karbon. Ester dinamai menurut kelompok alkil dari alkohol dan kemudian alkanoat (bagian dari asam karbon). Sebagai contoh, reaksi antara metanol dan asam butir menghasilkan ester metil butil C₃H₇-COO-CH₃ seperti halnya air. Ester yang paling sederhana adalah H-COO-CH₃, metil metanoat. Karena ester dari asam yang lebih tinggi, alkana menyebut dengan -oat pada akhiran. Secara umum Ester dari asam berbau harum meliputi benzoat seperti metil benzoat (Anonim, 1995).

Reaksi esterifikasi merupakan reaksi pembentukan ester dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dengan suatu alkohol (Fessenden, 1982). Suatu ester asam karboksilat mengandung gugus -CO₂R dengan R dapat berbentuk alkil maupun anil (Poedjiadi, 1994). Laju esterifikasi suatu asam karboksilat bergantung pada halangan sterik dalam alkohol dan asam karboksilatnya. Kuat asam dari asam karboksilat hanya memainkan peranan kecil dalam laju pembentukan ester (Fessenden, 1982).

Variabel yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi yaitu:

a. Suhu

Hal ini di karenakan sifat dari reaksi eksotermis, dan suhu dapat mempengaruhi harga konstanta kecepatan reaksi.

b. Perbandingan zat pereaksi

Dikarenakan sifatnya yang reversible, maka salah satu pereaktan harus di buat berlebih agar optimal saat pembentukan ester.

c. Pencampuran

Dengan adanya pengadukan pada saat pencampuran, molekul-molekul pereaktan dapat mengalami tumbukan yang lebih sering sehingga reaksi dapat berjalan secara optimal

d. Waktu reaksi

Jika waktu bereaksi lama maka kesempatan molekul-molekul pertumbukan semakin tinggi.

e. Katalis

Katalis ditemukan oleh *J.J. Berzelius* pada tahun 1836 sebagai komponen yang dapat meningkatkan laju reaksi kimia, namun tidak ikut bereaksi. Definisi katalis adalah suatu substansi yang dapat meningkatkan kecepatan, sehingga reaksi kimia dapat mencapai kesetimbangan tanpa terlibat di dalam reaksi secara permanen (Satterfield, 1991). Pada akhir reaksi, katalis tidak bergabung dengan senyawa produk reaksi. Adanya katalis dapat mempengaruhi faktor-faktor kinetika suatu reaksi seperti laju reaksi, energi aktivasi, sifat dasar keadaan transisi dan lain-lain. Karakteristik katalis adalah berinteraksi dengan reaktan tetapi tidak berubah pada akhir reaksi (Widyawati, 2007). Adapun perbandingan dari pengaruh penggunaan katalis terhadap energi aktivasi yang mempengaruhi waktu reaksi. Pada proses esterifikasi katalis yang banyak digunakan pada awalnya adalah katalis homogen asam donor proton dalam pelarut organik, seperti H_2SO_4 , HCl , dan H_3PO_4 .

a) Asam Sulfat (H_2SO_4)

Asam Sulfat mempunyai rumus kimia H_2SO_4 , merupakan asam mineral yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua kepekatan. Asam sulfat mempunyai banyak kegunaan, termasuk dalam kebanyakan reaksi kimia dan proses pembuatan. Kegunaan utama termasuk produksi baja, memproses bijih mineral, sintesis kimia, pemrosesan air limbah dan penapisan minyak. Di atmosfer, zat ini termasuk salah satu bahan kimia yang menyebabkan hujan asam. Memang tidak mudah membayangkan bahwa bahan kimia yang sangat aktif, seperti asam sulfat, juga merupakan bahan kimia yang paling banyak dipakai dan merupakan produk teknik yang amat penting. Zat ini digunakan sebagai katalis pada proses pembuatan etil asetat.

Sifat –sifat kimia dan fisika dari asam sulfat sendiri adalah sebagai berikut:

Sifat fisika :

Titik leleh : 10°C

Titik didih : 290°C

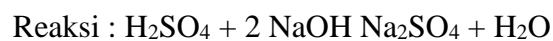
Tekanan uap (mmHg): 1 (146°C)

Berat jenis cairan : 1,84 (100 persen)

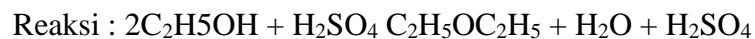
Berat jenis uap : 3,4 (udara = 1)

Sifat kimia asam sulfat :

1. Dengan basa membentuk garam dan air.



2. Dengan alkohol membentuk eter dan air.



b) Asam Klorida

Asam klorida merupakan larutan jernih, tidak berwarna dari hidrogen klorida (HCl) dalam air. Asam ini sangat korosif, merupakan asam mineral kuat yang banyak kegunaannya dalam industri. Asam hidroklorida ditemukan di alam sebagai asam lambung. HCl bersifat korosif terhadap membran mukosa, esophagus, dan membran perut. HCl akan memberikan warna kuning pada besi atau senyawa organik lain (windholtz 1983). Asam klorida merupakan senyawa anorganik dengan bau tajam dan tak berwarna. Asam klorida sangat larut dalam pelarut air dengan membentuk larutan asam kuat. Titik lelehnya -0,41°C, titik didih 110°C (383 K) pada larutan 20,2% dan 48°C (321 K) pada larutan 48% (Mulyono, 2006).

c) Asam Fosfat

Asam fosfat, juga dikenal sebagai asam ortofosfat atau fosfat (V) asam, adalah mineral asam memiliki rumus kimia H₃PO₄. Dapat menggabungkan dengan diri mereka sendiri untuk membentuk berbagai senyawa yang juga disebut sebagai asam fosfat, namun dengan cara yang lebih umum. Asam fosfat panjang juga dapat merujuk pada kimia atau pereaksi yang terdiri dari asam fosfat, biasanya asam ortofosfat. Berikut ini sifat fisik asam fosfat:

Penampilan	: Cairan tak berwarna tak berbau
Melting point	: 2°C (murni)
Titik didih	: 158°C (murni)
Berat jenis uap air	: 3,4
Tekanan uap	: 2,2 mm Hg di 20°C
Spesifik gravitasi	: 1,685

2.3.4 Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. 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 termasuk sebagai unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Model ideal distilasi didasarkan pada Hukum Raoult dan Hukum Dalton.

Ada 4 jenis distilasi, yaitu distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Selain itu ada pula distilasi ekstraktif dan distilasi *azeotropic* homogenous, distilasi dengan menggunakan garam berion, distilasi *pressure-swing*, serta distilasi reaktif.

- 1) Destilasi biasa, umumnya dengan menaikkan suhu. Tekanan uapnya diatas cairan atau tekanan atmosfer (titik didih normal)
- 2) Destilasi vakum, cairan diuapkan pada tekanan rendah, jauh dibawah titik didih dan mudah terurai.
- 3) Destilasi bertingkat atau destilasi terfraksi yaitu proses yang komponen-komponennya secara bertingkat diuapkan dan diembunkan. Penyulingan Terfraksi berbeda dari distilasi biasa, karena ada kolom fraksinasi di mana ada proses refluks. Refluk proses penyulingan dilakukan untuk pemisahan campuran etanol-air dapat terjadi dengan baik. Fungsi kolom fraksinasi sehingga kontak antara cairan dengan uap sedikit lebih lama. Sehingga

komponen yang lebih ringan dengan titik didih yang lebih rendah bendungan akan terus menguap ke kondensor. Lebih komponen Sedangkankan distilat bersat akan kembali menjadi labu. Destilasi ini biasanya digunakan untuk memisahkan campuran zat cair yang mempunyai perbedaan titik didih tidak berbeda banyak. Distilasi jenis ini dapat digunakan untuk memisahkan zat yang mempunyai rentang perbedaan titik didih hingga di bawah 30°C . Destilasi ini juga dilaksanakan pada tekanan tetap. Pada percobaan yang dilakukan sample yang digunakan adalah campuran air dan etanol. Campuran ini bersifat azeotrof karena kedua larutan tersebut mempunyai titik didih yang hampir sama sehingga akan sulit untuk dipisahkan antara zat yang satu dengan zat yang lainnya. hal ini dikarenakan pada saat penampungan distilat akan sulit diidentifikasi pergantian fraksinya karena titik didihnya berdekatan (hampir sama) akibatnya ditilat yang tertampung menjadi tidak murni. Belum lagi jika pada sample (campuran air dan etanol) tersebut terdapat pengotor yang mempunyai titik didih yang hamper sama dengan sampel yang dapat mengakibatkan distilat menjadi tidak murni.

- 4) Destilasi azeotrop yaitu destilasi dengan menguapkan zat cair tanpa perubahan komposisi.

Jadi ada perbedaan komposisi antara fase cair dan fase uap, dan hal ini merupakan syarat utama supaya pemisahan dengan distilasi dapat dilakukan. Kalau komposisi fase uap sama dengan komposisi fase cair, maka pemisahan dengan jalan distilasi tidak dapat dilakukan. Destilasi sering digunakan dalam proses isolasi komponen, pemekatan larutan, dan juga pemurnian komponen cair.

Pada percobaan distilasi rangkaian alat juga perlu diperhatikan, pastikan antara sambungan bagian yang satu dengan sambungan bagian yang lainnya tidak terjadi kebocoran. Karena apabila terjadi kebocoran distilat yang terbentuk menjadi lebih sedikit karena ada sebagian uap yang keluar dari rangkaian ditilasi Labu distilasi tidak hanya di isi dengan sampel (air dan etanol) tetapi ditambahkan juga batu didih yang akan mencegah terjadinya proses bumping pada saat

pemanasan. Pada saat labu distilasi dipanaskan maka akan terbentuk gelembung-gelembung udara yang besar, dengan adanya batu didih maka gelembung-gelembung udara tadi diserap oleh pori-pori batu didih dan dikeluarkan kembali dalam bentuk gelembung udara yang lebih kecil sehingga dapat mencegah terjadinya ledakan pada labu distilasi.

2.4 Analisa Kemurnian Etil Asetat Menggunakan Indeks Bias

Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar/konsentrasi bahan terlarut. Misalnya gula, garam, protein, dan sebagainya. Prinsip kerja dari refraktometer sesuai dengan namanya adalah memanfaatkan refraksi cahaya. Refraktometer ditemukan oleh Dr. Ernest Abbe seorang ilmuwan dari German pada permulaan abad 20.

Indeks bias adalah perbandingan kecepatan cahaya dalam udara dengan kecepatan cahaya dalam zat tersebut. Indeks bias berfungsi untuk identifikasi zat kemurnian, suhu pengukuran dilakukan pada suhu 20°C dan suhu tersebut harus benar-benar diatur dan dipertahankan karena sangat mempengaruhi indeks bias. Harga indeks bias dinyatakan dalam farmakope Indonesia edisi empat dinyatakan garis (D) cahaya natrium pada panjang gelombang 589,0 nm dan 589,6 nm. Umumnya alat dirancang untuk digunakan dengan cahaya putih. Alat yang digunakan untuk mengukur indeks bias adalah refraktometer ABBE. Untuk mencapai kestabilan, alat harus dikalibrasi dengan menggunakan plat *glass standart*. (Dogra, S.K, 1990)

Faktor-faktor penting yang harus diperhitungkan pada semua pengukuran refraksi ialah temperatur cairan dan jarak gelombang cahaya yang dipergunakan untuk mengukur sampel. Pengaruh temperatur terhadap indeks bias gelas adalah sangat kecil, tetapi cukup besar terhadap cairan dan terhadap kebanyakan bahan plastik yang perlu diketahui indeksnyanya. Karena pada suhu tinggi kerapatan optik suatu zat itu berkurang, indeks biasnya akan berkurang (Dogra, 1990). Banyak aplikasi dari refraktometer yang dapat digunakan untuk penentuan konsentrasi dalam pengembangan medium: refraktometer Tradisional untuk menentukan kadar gula untuk digunakan dalam larutan air, penentuan saat panen anggur,

mengukur gravitasi asli atau memasak dalam produksi madu. Refraktometer juga digunakan dalam menentukan konsentrasi asam di baterai. Demikian pula, ketika mengukur isi pendingin glikol, atau salinitas air laut. Dalam bidang kedokteran, refraktometer dapat digunakan untuk menentukan kandungan protein dalam urin. (Sukarjo, 1989)

2.5 Potensi Ekonomi

Data produksi pisang di Indonesia dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Hal ini tentunya berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan yaitu berupa kulit pisang. Berat kulit pisang dari berat keseluruhan buah pisang mencapai 30-40% dari total berat seluruh buah pisang. Kulit pisang mengandung komponen yang bernilai, seperti karbohidrat, vitamin C, kalsium dan nutrisi lainnya. Pada umumnya kulit pisang belum dimanfaatkan secara nyata dan hanya dibuang sebagai limbah organik saja atau digunakan sebagai bahan makanan ternak seperti kambing, sapi atau kerbau. Jumlah kulit pisang yang cukup banyak akan memiliki nilai jual yang menguntungkan apabila bisa dimanfaatkan sebagai produk yang memiliki nilai ekonomis tinggi misalnya etil asetat.

Selama ini, penelitian yang sudah ada masih mengenai pemanfaatan kulit pisang sebagai bahan baku etanol. Dimana kulit pisang dihidrolisis terlebih dahulu untuk mendapatkan glukosa kemudian difermentasi untuk diubah menjadi etanol. Pada penelitian ini, kulit pisang diubah hingga menjadi etanol kemudian diesterifikasi dengan asam asetat menjadi etil asetat. Jika dibandingkan dari prosesnya, tentu proses ini lebih panjang dan lebih membutuhkan waktu yang lebih lama, jika dibandingkan dengan proses pembuatan etanol. Tetapi jika dibandingkan dari segi harga dengan etil asetat, etil asetat memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan dengan etanol. Harga jual etanol di pasaran adalah Rp. 236.000/L sementara harga jual etil asetat Rp. 671.600/L. Oleh sebab itu, penulis lebih memilih untuk lebih memanfaatkan kulit pisang dalam pembuatan etil asetat.

Etil asetat adalah cairan jernih, tak berwarna, berbau khas yang digunakan sebagai pelarut tinta, perekat dan resin. Jika dibandingkan dengan etanol, etil asetat memiliki koefisien distribusi yang lebih tinggi dibanding etanol termasuk

kelarutannya dalam *gasoline*. Selain dari penggunaannya sebagai pelarut, etil asetat dapat berfungsi sebagai bahan aditif untuk meningkatkan bilangan oktan pada bensin serta dapat berguna sebagai bahan baku kimia serba guna. Dari penelitian ini diharapkan limbah kulit pisang yang selama ini tidak memiliki nilai ekonomis dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang bernilai ekonomi tinggi seperti etil asetat. Untuk itu perlu dilakukan kajian potensi ekonomi etil asetat dari limbah kulit pisang. Namun, dalam tulisan ini hanya akan dikaji potensi ekonomi secara sederhana. Dalam hal ini, harga etil asetat mengacu pada harga komersial dari etil asetat di pasaran.

Harga etil asetat 60% = Rp. 200.000/L

Harga etil asetat 99,5% = Rp. 671.600/L

Dapat dilihat bahwa, kadar etil asetat yang semakin tinggi akan meningkatkan harga jual etil asetat tersebut. Semakin tinggi kadar etil asetat yang diperoleh maka harga jualnya akan semakin meningkat dimana akan semakin menambah nilai ekonomis dari kulit pisang yang selama ini hanya dimanfaatkan secara terbatas dan juga dapat mengurangi sampah organik serta mengurangi dampak lingkungan dari pembuangan limbah kulit pisang ke lingkungan.