

BIOETANOL PADA BIJI DURIAN



Pratiwi Dwijananti
Rahmat Doni Widodo
Masturi
Dante Alighiri



Diterbitkan oleh

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang

BIOETANOL PADA BIJI DURIAN

Pratiwi Dwijananti
Rahmat Doni Widodo
Masturi
Dante Alighiri

Diterbitkan oleh

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang

Bioetanol pada Biji Durian

Oleh:

Pratiwi Dwijananti, dkk

Editor:

Prof. Dr. Susilo, M.S.

Diterbitkan oleh:

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang,
Gedung D7 Lantai 2 Kampus Sekaran, Gunungpati, Kota
Semarang.

Telp/Fax: (024) 8508034; email: fisika@mail.unnes.ac.id.

Hak cipta pada penerbit. Cetakan pertama: 2019

ISBN: 978-602-51186-4-7

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karuniaNya kepada kita semua sehingga kami dapat menyelesaikan buku ini. Buku ini disusun untuk memberikan pengetahuan mengenai Bioetanol Dari Biji Durian (*Durio Zibethinus*).

Terimakasih kami ucapkan kepada semua pihak yang banyak memberikan kontribusi dalam penyusunan buku Bioetanol Dari Biji Durian (*Durio Zibethinus*) ini, semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu.

Pembuatan buku Bioetanol Dari Biji Durian (*Durio Zibethinus*) ini tentu masih belum sempurna, maka saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi perbaikan buku Bioetanol Dari Biji Durian (*Durio Zibethinus*) ini supaya lebih baik dan lengkap.

Harapan kami bahwa buku ini dapat bermanfaat bagi para pembaca untuk menambah wawasan dan pengetahuan yang luas Bioetanol Dari Biji Durian (*Durio Zibethinus*).

Semarang, 9 Desember 2019

Penulis,

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1. Pengertian Bioetanol	1
1.1.1. Sifat-sifat Fisika.....	5
1.1.2. Sifat-sifat kimia	7
1.1.2.1. Reaksi asam-basa.....	8
1.1.2.2. Halogenasi	8
1.1.2.3. Pembentukan Ester	9
1.1.2.4. Dehidrasi.....	9
1.1.2.5. Oksidasi	9
1.2. Pembuatan Etanol.....	10
1.2.1. Hidrasi Etilena	10
1.2.2. Jenis Mikroba yang Berperan Dalam Pembuatan Bioetanol	11
BAB II BUAH DURIAN	
2.1. Durian	13
2.1.1. Nama-nama lokal buah Durian	14
2.1.2. Penyebaran buah Durian	14
2.1.4. Keanekaragaman buah Durian	20
2.1.5. Kegunaan dari Biji Durian	17
2.1.6. Potensi dan Kandungan Biji Durian.....	20
BAB III SINTESIS BIOETANOL	
3.1. Tahapan Pembuatan Bioetanol	22

3.1.1.	Hidrolisis	22
3.1.1.1.	Manfaat Hidrolisis	23
3.1.1.2.	Hidrolisis Asam	24
3.1.1.3.	Hidrolisis Enzimatik	25
3.1.2.	Fermentasi	30
3.1.2.1.	Proses Fermentasi Alkohol	27
3.1.2.1.	Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi	28
3.1.3.	Distilasi.....	30
3.1.4.	Ragi Roti (<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>).....	31
3.1.4.1.	Pengertian <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	31
3.1.4.2.	Struktur dinding sel <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	32
3.1.4.3.	Taksonomi <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	33
	DAFTAR PUSTAKA	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Pengertian Bioetanol

Etanol disebut juga sebagai etil alkohol, yang mempunyai sifat berupa cairan yang tidak stabil, mudah terbakar dan tidak berwarna. Etanol merupakan alkohol rantai lurus dengan rumus molekul C_2H_5OH . Dapat juga dinotasikan sebagai CH_3-CH_2-OH yang menandakan adanya gugus metil (CH_3-) berikatan dengan gugus metylene ($-CH_2-$) dan berikatan juga dengan gugus hidroksil. ($-OH$). Etanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui, ramah lingkungan, serta menghasilkan gas emisi karbon yang rendah dibandingkan dengan bensin atau sejenisnya (sampai 85% lebih rendah). Bercermin pada beberapa negara maju yang telah lebih dulu mengembangkan etanol sebagai biofuel, Indonesia pun tak mau ketinggalan untuk turut serta mengembangkan etanol sebagai bahan bakar alternatif. Sebagai salah satu bukti keseriusan pemerintah dalam mengembangkan bahan bakar alternatif (Biofuel) adalah dengan dikeluarkannya Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang menargetkan penggunaan Biofuel 5 % pada tahun 2025 yang ditindaklanjuti dengan sejumlah peraturan dan kebijakan untuk pengembangan Biofuel.

Karakteristik etanol sebagai biofuel adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki angka oktan yang tinggi.
- b. Mampu menurunkan tingkat opasiti asap, emisi partikulat yang membahayakan kesehatan, dan emisi CO serta CO_2 .
- c. Mirip dengan bensin, sehingga penggunaanya tidak memerlukan modifikasi mesin.
- d. Tidak mengandung senyawa timbal.

Proses pembuatan ethanol dapat dilakukan baik secara petrokimia melalui proses hidrasi gugus ethylene, atupun secara biokimia melalui proses fermentasi glukosa menggunakan ragi. Etanol yang digunakan dalam minuman beralkohol dan sebagai bahan bakar biasanya dihasilkan melalui fermentasi. Dalam proses fermentasi, digunakan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) yang mampu mengubah glukosa menjadi etanol dan karbondioksida. Melalui proses ini, kadar etanol yang dihasilkan dapat mencapai 15 % volume. Untuk membuat etanol dari zat tepung amilum seperti biji-bijian, amilum harus dipecah terlebih dahulu menjadi glukosa. Agar hidrolisis amilum menjadi glukosa menjadi lebih cepat, dapat ditambahkan asam sulfat.

Etanol merupakan senyawa yang sering digunakan dalam industri kimia antara lain sebagai pelarut (40%), untuk membuat asetaldehid (36%), eter, glikol eter, etil asetat dan kloral (9%). Kebutuhan akan etanol semakin bertambah seiring dengan menipisnya persediaan bahan bakar minyak bumi. Negara yang telah menggunakan etanol sebagai bahan bakar adalah Brasil. Beberapa komoditas pertanian yang mengandung karbohidrat seperti gula sederhana, pati dan selulosa (seperti rumput, kayu pohon, jerami) merupakan sumber energi penting untuk fermentasi etanol. Sumber karbohidrat tersebut dapat diperoleh dari kultivasi tanaman sumber energi, tanaman potensial yang tumbuh secara alami, maupun limbah hasil pertanian (Kadam, Forrest, & Jacobson, 2000; Nzelibe & Okafogbo, 2007; Muthuvelayudham & Viruthagiri, 2007).

Etanol disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau *alkohol* saja, merupakan sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Senyawa ini merupakan obat psikoaktif dan dapat ditemukan pada minuman beralkohol dan termometer modern. Etanol juga merupakan salah satu obat rekreasi yang paling tua.

Etanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia C_2H_5OH dan rumus empiris C_2H_6O , yang merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Etanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan "Et" merupakan singkatan dari gugus etil (C_2H_5).

Bioethanol adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang dapat diproduksi dari tumbuhan. Etanol dapat dibuat dari tanaman-tanaman yang umum, misalnya tebu, kentang, singkong, dan jagung. Telah muncul perdebatan, apakah bioethanol ini nantinya akan menggantikan bensin yang ada saat ini. Kekhawatiran mengenai produksi dan adanya kemungkinan naiknya harga makanan yang disebabkan karena dibutuhkan lahan yang sangat besar, ditambah lagi energi dan polusi yang dihasilkan dari keseluruhan produksi etanol, terutama tanaman jagung.

Bio-ethanol biasanya diperoleh dari tanaman pertanian. Tanaman pertanian ini dianggap bisa diperbaharui karena mereka mendapatkan energi dari matahari melalui fotosintesis. Etanol dapat diproduksi dari banyak macam tanaman seperti tebu, kentang, ubi jalar, singkong, bunga matahari, jagung.

Etanol selulosa menawarkan prospek yang menjanjikan karena serat selulosa, komponen utama pada dinding sel di semua tumbuhan, dapat digunakan untuk memproduksi etanol. Menurut Badan Energi Internasional selulosa dapat menyumbangkan perannya lebih besar pada masa mendatang.

Bahan baku pembuatan bioethanol dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu (Khairani, 2007) :

a. Bahan Sukrosa

Bahan-bahan yang termasuk dalam kelompok ini antara lain nira tebu, tetes tebu, nira pati, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete, dan lain-lain.

b. Bahan Berpati

Bahan-bahan yang termasuk kelompok ini adalah bahan-bahan yang mengandung pati atau karbohidrat. Bahan-bahan tersebut antara lain ubi ganyong, biji sorgum, biji jagung, garut, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain-lain.

c. Bahan Berselulosa

Bahan berselulosa (lignoselulosa) artinya bahan tanaman yang mengandung selulosa (serat), antara lain kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain.

Bioetanol dapat dibuat dari bahan yang mengandung gula sederhana, pati, maupun bahan berserat melalui proses fermentasi. Cara pengolahan masing-masing bahan berbeda untuk bisa dijadikan bioetanol. Produksi bioetanol dengan menggunakan bahan berpati harus diawali dengan proses pemecahan pati menjadi gula sederhana atau glukosa melalui metode hidrolisis asam atau enzimatis.

Fermentasi gula menjadi etanol merupakan salah satu reaksi organik paling awal yang pernah dilakukan manusia. Efek dari konsumsi etanol yang memabukkan juga telah diketahui sejak dulu. Pada zaman modern, etanol yang ditujukan untuk kegunaan industri dihasilkan dari etilena (Richard L & Rusty L, 2007).

Etanol banyak digunakan sebagai pelarut berbagai bahan-bahan kimia yang ditujukan untuk konsumsi dan kegunaan manusia. Misalkan pada parfum, perasa, pewarna makanan, dan obat-obatan. Dalam kimia, etanol adalah pelarut yang penting sekaligus sebagai stok umpan untuk sintesis senyawa kimia lainnya. Dalam sejarahnya etanol telah lama digunakan sebagai bahan bakar.

Etanol telah digunakan manusia sejak zaman prasejarah sebagai bahan pemabuk dalam minuman beralkohol. Residu yang ditemukan pada peninggalan keramik yang berumur 9000 tahun dari Cina bagian utara menunjukkan bahwa minuman beralkohol telah digunakan oleh manusia prasejarah dari masa Neolitik (Roach, 2005).

Etanol dan alkohol membentuk larutan azeotrop. Karena itu pemurnian etanol yang mengandung air dengan cara penyulingan biasa hanya mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian 96%. Pada tahun 1796 Etanol murni (absolut) berhasil dihasilkan pertama kali oleh Johan Tobias Lowitz yaitu dengan cara menyaring alkohol hasil distilasi melalui arang.

Lavoisier menggambarkan bahwa etanol adalah senyawa yang terbentuk dari karbon, hidrogen dan oksigen. Pada tahun 1808 Saussure berhasil menentukan rumus kimia dari etanol. Lima puluh tahun kemudian (1858), Couper mempublikasikan rumus kimia etanol. Dengan demikian etanol adalah salah satu senyawa kimia yang pertama kali ditemukan rumus kimianya.

Etanol pertama kali dibuat secara sintetik pada tahun 1826 secara terpisah oleh Henry Hennel dari Britania Raya dan S.G. Sérullas dari Perancis. Pada tahun 1828, Michael Faraday berhasil membuat etanol dari hidrasi etilena yang dikatalisis oleh asam. Proses ini mirip dengan proses sintesis etanol industri modern (Hennel, 1828).

Etanol telah digunakan sebagai bahan bakar lampu di Amerika Serikat sejak tahun 1840, namun pajak yang dikenakan pada alkohol industri semasa Perang Saudara Amerika membuat penggunaannya tidak ekonomis. Pajak ini dihapuskan pada tahun 1906, dan sejak tahun 1908 otomobil Ford Model T telah dapat dijalankan menggunakan etanol. Namun, dengan adanya pelarangan minuman beralkohol pada tahun 1920, para penjual bahan bakar etanol dituduh berkomplot dengan penghasil minuman alkohol ilegal, dan bahan bakar etanol kemudian ditinggalkan penggunaannya sampai dengan akhir abad ke-20.

1.1.1. Sifat-sifat Fisika

Etanol adalah cairan tak berwarna yang mudah menguap dengan aroma yang khas. Ia terbakar tanpa asap dengan lidah api berwarna biru yang kadang-kadang tidak dapat terlihat pada cahaya biasa.

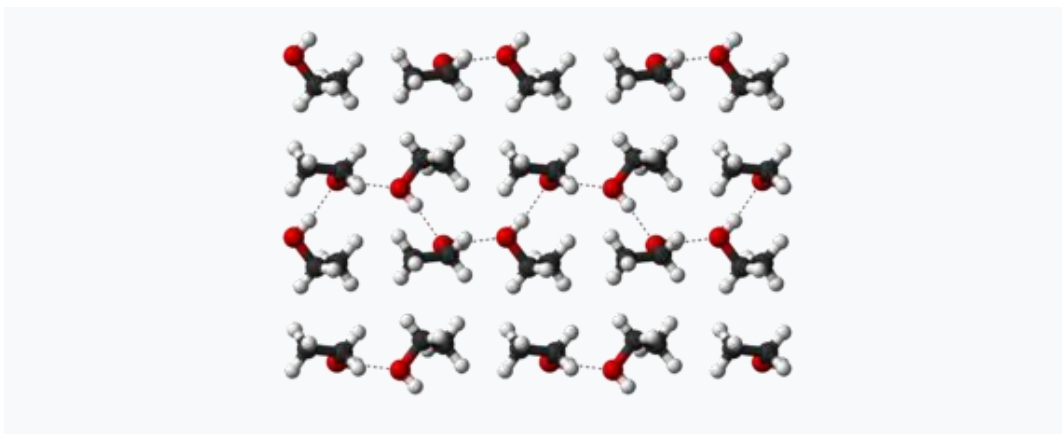
Sifat-sifat fisika etanol utamanya dipengaruhi oleh keberadaan gugus hidroksil dan pendeknya rantai karbon etanol. Gugus hidroksil dapat berpartisipasi dalam ikatan hidrogen, sehingga membuatnya cair dan lebih sulit menguap daripada senyawa organik lainnya dengan massa molekul yang sama.

Etanol adalah pelarut yang serbaguna, larut dalam air dan pelarut organik lainnya, meliputi asam asetat, aseton, benzena, karbon tetraklosida, kloroform,

dietil eter, etilena glikol, gliserol, nitrometana, piridina, dan toluena. Ia juga larut dalam hidrokarbon alifatik yang ringan, seperti pentana dan heksana yang juga larut dalam senyawa klorida alifatik seperti trikloroetana dan tetrakloroetilena.

Campuran etanol-air memiliki volume yang lebih kecil daripada jumlah kedua cairan tersebut secara terpisah. Campuran etanol dan air dengan volume yang sama akan menghasilkan campuran yang volumenya hanya 1,92 kali jumlah volume awal. Pencampuran etanol dan air bersifat eksotermik dengan energi sekitar 777 J/mol dibebaskan pada 298 K (Costigan, Hodges, Marsh, Stokes, & Tuxford, 1980).

Campuran etanol dan air akan membentuk azeotrop dengan perbandingan kira-kira 89 mol% etanol dan 11 mol% air (Lei, Wang, Zhou, & Duan, 2002). Perbandingan ini juga dapat dinyatakan sebagai 96% volume etanol dan 4% volume air pada tekanan normal dan $T = 351$ K. Komposisi azeotropik ini sangat tergantung pada suhu dan tekanan. Ia akan menghilang pada temperatur di bawah 303 K (Pemberton & Mash, 1978).



Gambar 1. Ikatan hidrogen pada etanol padat pada -186 °C

Ikatan hidrogen menyebabkan etanol murni sangat higroskopis, yang akan menyerap air dari udara. Sifat gugus hidroksil yang polar menyebabkannya dapat larut dalam banyak senyawa ion, utamanya natrium hidroksida, kalium hidroksida, magnesium klorida, kalsium klorida, amonium klorida, amonium bromida, dan natrium bromida. Natrium klorida dan Kalium klorida sedikit larut

dalam etanol. Oleh karena etanol juga memiliki rantai karbon nonpolar, ia juga larut dalam senyawa nonpolar, meliputi kebanyakan minyak atsiri, dan banyak perasa, pewarna, dan obat.

Penambahan beberapa persen etanol dalam air dapat menurunkan tegangan permukaan air secara drastis. Campuran etanol dengan air yang lebih dari 50% etanol bersifat mudah terbakar dan mudah menyala. Campuran yang kurang dari 50% etanol juga dapat menyala apabila larutan tersebut dipanaskan terlebih dahulu. Indeks refraksi etanol adalah 1,36242 (pada $\lambda=589,3$ nm dan 18,35 °C). Tabel 1 menunjukkan sifat-sifat fisik alkohol (etanol).

Tabel 1. Sifat-sifat etanol

Sifat fisik alkohol (Etanol)	Nilai Sifat Fisik Alkohol (Etanol)
Berat molekul	46,7
Titik beku	-114,15°C
Titik didih	78,5°C
Panas penguapan pada 70°C	4,64 kJ/kg
Panas penguapan pada 80°C	855,66 kJ/kg
Panas penguapan pada 100°C	900,83 kJ/kg
Konduktivitas panas (20°C)	18 μ w.m-1
Panas pembakaran	1.3700,82 kJ/mol
Viskositas (20°C)	1.17 mPa
Tegangan muka	22,03 mN/m
Indeks bias (20°C)	1.36048
Massa jenis	0,78942

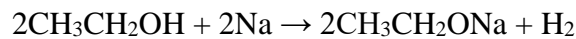
1.1.2. Sifat-sifat kimia

Etanol termasuk dalam alkohol primer, yang berarti bahwa karbon yang berikatan dengan gugus hidroksil paling tidak memiliki dua hidrogen atom yang

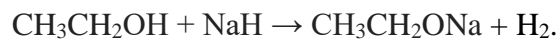
terikat dengannya juga. Reaksi kimia yang dijalankan oleh etanol kebanyakan berkuat pada gugus hidroksilnya.

1.1.2.1. Reaksi asam-basa

Gugus hidroksil etanol membuat molekul ini sedikit basa. Ia hampir netral dalam air, dengan pH 100% etanol adalah 7,33, berbanding dengan pH air murni yang sebesar 7,00. Etanol dapat diubah menjadi konjugat basanya, ion etoksida ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$), dengan mereaksikannya dengan logam alkali seperti natrium :



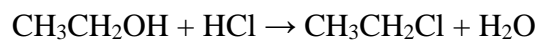
ataupun dengan basa kuat seperti natrium hidrida:



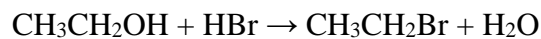
Reaksi seperti ini tidak dapat dilakukan dalam larutan akuatik, karena air lebih asam daripada etanol, sehingga pembentukan hidroksida lebih difavoritkan daripada pembentuk etoksida.

1.1.2.2. Halogenasi

Etanol bereaksi dengan hidrogen halida dan menghasilkan etil halida seperti etil klorida dan etil bromida:

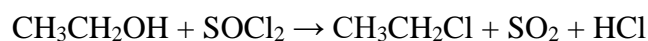


Reaksi dengan HCl memerlukan katalis seperti seng klorida. Hidrogen klorida dengan keberadaan seng klorida dikenal sebagai reagen Lucas.



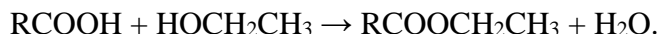
Reaksi dengan HBr memerlukan proses refluks dengan katalis asam sulfat.

Etil halida juga dapat dihasilkan dengan mereaksikan alkohol dengan agen halogenasi yang khusus, seperti tionil klorida untuk pembuatan etil klorida, ataupun fosforus tribromida untuk pembuatan etil bromida.



1.1.2.3. Pembentukan Ester

Kondisi di bawah katalis asam, etanol bereaksi dengan asam karboksilat dan menghasilkan senyawa etil eter dan air:



Agar reaksi ini menghasilkan rendemen yang cukup tinggi, air perlu dipisahkan dari campuran reaksi seketika ia terbentuk.

Etanol juga dapat membentuk senyawa ester dengan asam anorganik. Dietil sulfat dan trietil fosfat dihasilkan dengan mereaksikan etanol dengan asam sulfat dan asam fosfat. Senyawa yang dihasilkan oleh reaksi ini sangat berguna sebagai agen etilasi dalam sintesis organik.

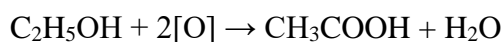
1.1.2.4. Dehidrasi

Asam kuat yang sangat higroskopis seperti asam sulfat akan menyebabkan dehidrasi etanol dan menghasilkan etilena maupun dietil eter:



1.1.2.5. Oksidasi

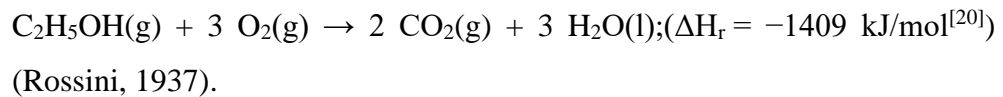
Etanol dapat dioksidasi menjadi asetaldehida, yang kemudian dapat dioksidasi lebih lanjut menjadi asam asetat. Dalam tubuh manusia, reaksi oksidasi ini dikatalisis oleh enzim tubuh. Pada laboratorium, larutan akuatik oksidator seperti asam kromat ataupun kalium permanganat digunakan untuk mengoksidasi etanol menjadi asam asetat. Proses ini akan sangat sulit menghasilkan asetaldehida oleh karena terjadinya overoksidasi. Etanol dapat dioksidasi menjadi asetaldehida tanpa oksidasi lebih lanjut menjadi asam asetat menggunakan piridinium kloro kromat (*Pyridinium chloro chromate, PCC*).



Produk oksidasi etanol, asam asetat, digunakan sebagai nutrien oleh tubuh manusia sebagai asetil-koA.

Pembakaran

Pembakaran etanol akan menghasilkan karbon dioksida dan air:

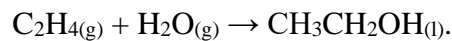


1.2. Pembuatan Etanol

Etanol dapat diproduksi secara petrokimia melalui hidrasi etilena maupun secara biologis melalui fermentasi gula dan ragi (Mills & Ecklund, 1987).

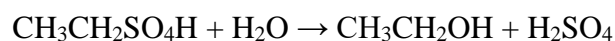
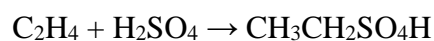
1.2.1. Hidrasi Etilena

Etanol yang digunakan untuk kebutuhan industri biasanya dibuat dari senyawa petrokimia, utamanya melalui hidrasi erilena :



Katalisa yang digunakan umumnya adalah asam fosfat. Katalis ini digunakan pertama kali untuk produksi skala besar etanol oleh Shell Oil Company pada tahun 1947. Reaksi ini dijalankan dengan tekanan uap berlebih pada suhu 300 °C.

Proses lama yang pernah digunakan pada tahun 1930 oleh Union Carbide adalah dengan menghidrasi etilena secara tidak langsung dengan mereaksikannya dengan asam sulfat pekat untuk mendapatkan etil sulfat. Etil sulfat kemudian dihidrolisis dan menghasilkan etanol:



1.2.2. Jenis Mikroba yang Berperan Dalam Pembuatan Bioetanol

Bakteri pada pembuatan bioetanol terbentuk pada proses fermentasi dengan menggunakan yeast. Yeast merupakan fungsi uniseluler yang melakukan reproduksi secara pertunasan (budding) atau pembelahan (fission). Yeast tidak berklorofil tidak berflagella, yeast berukuran lebih besar dari bakteri, tidak dapat membentuk miselium berukuran bulat, bulat telur, batang, silinder seperti buah jeruk, kadang-kadang dapat mengalami diforfisme, bersifat saprofit, tetapi ada beberapa yang bersifat parasit yaitu *saccharomyces cerevisiae* merupakan yeast yang termaksud dalam kelas *Hemiascomycetes*, *ordo Endomycetales*, *family saccharoycoideaedan* *genus saccharomyces*.

Jenis mikroba yang dapat digunakan dalam pembuatan bioetanol adalah sebagai berikut:

- *Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme uniseluler yang bersifat makhluk mikroskopis yang disebut sebagai jasad sakarolitik, yaitu menggunakan gula sebagai sumber karbon untuk metabolisme. *Saccharomyces cerevisiae* mampu menggunakan sejumlah gula diantaranya berupa sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, mannose, maltose dan maltotriosa. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroba yang paling banyak digunakan pada fermentasi alkohol karena dapat berproduksi tinggi, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan aktivitasnya pada suhu 4-32^oC.
- *Clostridium thermocellum* adalah bakteri termofilik yang anaerobik memiliki kemampuan mendegradasi selulosa kompleks ke bentuk etanol. Selain *Clostridium thermocellum*, bakteri termofilik anaerob lain, *Clostridium stercorarium*, baru-baru ini diketahui mempunyai pula sifat selulolitik pula. Bakteri *Clostridium thermocellum* tersebar luas di alam, habitatnya adalah bahan organik yang di dekomposisi. *Clostridium thermocellum* dapat pula ditemukan di pengolahan limbah pertanian, saluran pencernaan, lumpur, tanah, dan mata air panas. *Clostridium thermocellum* dapat tumbuh di lingkungan anaerobiosis dan temperatur termofilik. Suhu optimum untuk pertumbuhan adalah 60-64 °C dan pH optimum berkisar 6,1-7,5.

- *Zymomonas mobilis* dapat mengubah gula menjadi etanol melalui fermentasi lebih cepat dari ragi dan tahan terhadap konsentrasi etanol yang tinggi. Jadi, akan lebih menguntungkan jika enzim-enzim yang digunakan untuk reaksi hidrolisis pati dan selulosa dapat dimasukkan ke dalam bakteri *Zymomonas mobilis*, sehingga gula yang dihasilkan dapat langsung difermentasi menjadi etanol.

BAB II

BUAH DURIAN

2.1. Durian

Durian merupakan nama tumbuhan tropis yang berasal dari wilayah Asia Tenggara, sekaligus nama buahnya yang bisa dimakan. Nama ini diambil dari ciri khas kulit buahnya yang keras dan berlekuk-lekuk tajam sehingga menyerupai duri. Sebutan populernya adalah "raja dari segala buah" (King of Fruit). Durian adalah buah yang kontroversial, meskipun banyak orang yang menyukainya, namun sebagian orang muak dengan aromanya.



Gambar 2 Durian

Tumbuhan dengan nama durian bukanlah spesies tunggal tetapi sekelompok tumbuhan dari marga *Durio*. Namun, yang dimaksud dengan durian (tanpa imbuhan apa-apa) biasanya adalah *Durio zibethinus*. Jenis-jenis durian lain yang dapat dimakan dan kadangkala ditemukan di pasar tempatan di Asia Tenggara di antaranya adalah lai (*D. kutejensis*), kerantungan (*D. oxleyanus*), durian kura-kura atau kekura (*D. graveolens*), serta lahung (*D. dulcis*). Untuk selanjutnya, uraian di bawah ini mengacu kepada *D. zibethinus*.

2.1.1. Nama-nama lokal buah Durian

Terdapat banyak nama lokal. Nama terbanyak ditemukan di Kalimantan, yang mengacu pada berbagai varietas dan spesies yang berbeda. Durian di Jawa dikenal sebagai duren (bahasa Jawa, bahasa Betawi) dan kadu (bahasa Sunda). Di Sumatera dikenal sebagai durian dan duren (bahasa Gayo). Di Sulawesi, orang Manado menyebutnya duriang, sementara orang Toraja duliang. Di Kota Ambon dan kepulauan Lease biasa disebut sebagai Doriang. Di Pulau Seram bagian timur disebut rulen.

2.1.2. Penyebaran buah Durian

Pusat keanekaragaman durian ada di Pulau Kalimantan. Daerah-daerah sekitarnya juga memiliki beberapa plasma nutfah durian, seperti Mindanao, Sumatera, dan Semenanjung Malaya meskipun tidak semelimpah Kalimantan. Meskipun demikian, pengekspor utama durian adalah Thailand, yang mampu mengembangkan kultivar dengan mutu tinggi dan sistem budidaya yang baik. Tempat lain yang membudidayakan durian dengan orientasi ekspor adalah Mindanao di Filipina, Queensland di Australia, Kamboja, Laos, Vietnam, India, dan Sri Lanka. Di Filipina, pusat penghasil durian adalah di daerah Davao di Pulau Mindanao. Festival Kadayawan merupakan perayaan tahunan untuk durian di Davao City.

2.1.3. Pemerian Morfologi

Pohon tahunan, hijau abadi (pengguguran daun tidak tergantung musim) tetapi ada saat tertentu untuk menumbuhkan daun-daun baru (periode flushing atau peronaan) yang terjadi setelah masa berbuah selesai. Pohon durian dapat tumbuh tinggi mencapai ketinggian 25–50 m tergantung spesiesnya,

pohon durian sering memiliki banir (akar papan). Pepagan (kulit batang) berwarna coklat kemerahan, mengelupas tak beraturan. Tajuknya rindang dan renggang.

Daun berbentuk jorong hingga lanset, 10-15(-17) cm × 3-4,5(-12,5) cm; terletak berseling; bertangkai; berpangkal lancip atau tumpul dan berujung lancip melandai; sisi atas berwarna hijau terang, sisi bawah tertutup sisik-sisik berwarna perak atau keemasan dengan bulu-bulu bintang (Verheij & R.E, 1997).



Gambar 3. Morfologi Buah Durian

Bunga (juga buahnya) muncul langsung dari batang (cauliflorous) atau cabang-cabang yang tua di bagian pangkal (proximal), berkelompok dalam karangan berisi 3-10 kuntum berbentuk tukal atau malai rata. Kuncup bunganya membulat, sekitar 2 cm diameternya, bertangkai panjang. Kelopak bunga bentuk tabung sepanjang lk. 3 cm, daun kelopak tambahan terpecah menjadi 2-3 cuping berbentuk bundar telur. Mahkota bentuk sudip, kira-kira 2× panjang kelopak, berjumlah 5 helai, keputih-putihan. Benang sarinya banyak, terbagi ke dalam 5 berkas; kepala putiknyamembentuk bongkol, dengan tangkai yang berbulu.

Bunga muncul dari kuncup dorman, mekar pada sore hari dan bertahan hingga beberapa hari akan tetapi pada siang hari bunga menutup. Bunga ini menyebarkan aroma wangi yang berasal dari kelenjar nektar di bagian pangkalnya untuk menarik perhatian kelelawar sebagai penyerbuk utamanya. Kajian di Malaysia pada tahun 1970-an menunjukkan bahwa penyerbuk durian adalah kelelawar *Eonycteris spelaea*. Penelitian tahun 1996 lebih jauh menunjukkan bahwa hewan lain, seperti burung madu *Nectariniidae* dan lebah turut serta dalam penyerbukan tiga kerabat durian lainnya (Takakazu, 2000).

Buah durian bertipe kapsul berbentuk bulat, bulat telur hingga lonjong, dengan panjang hingga 25 cm dan diameter hingga 20 cm. Kulit buahnya tebal, permukaannya bersudut tajam ("berduri", karena itu disebut "durian", walaupun ini bukan duri dalam pengertian botani), berwarna hijau kekuning-kuningan, kecoklatan, hingga keabu-abuan.

Buah berkembang setelah pembuahan dan memerlukan 4-6 bulan untuk pemasakan. Pada masa pemasakan terjadi persaingan antarbuah pada satu kelompok, sehingga hanya satu atau beberapa buah yang akan mencapai kemasakan, dan sisanya gugur. Buah akan jatuh sendiri apabila masak. Pada umumnya berat buah durian dapat mencapai 1,5 hingga 5 kilogram, sehingga kebun durian menjadi kawasan yang berbahaya pada masa musim durian.

Setiap buah memiliki lima ruang (awam menyebutnya "kamar"), yang menunjukkan banyaknya daun buah yang dimiliki. Masing-masing ruangan terisi oleh beberapa biji, biasanya tiga butir atau lebih, lonjong hingga 4 cm panjangnya, dan berwarna merah muda kecoklatan mengkilap. Biji terbungkus oleh arilus (salut biji, yang biasa disebut sebagai "daging buah" durian) berwarna putih hingga kuning terang dengan ketebalan yang bervariasi, namun pada kultivar unggul ketebalan arilus ini dapat mencapai 3 cm. Biji dengan salut biji dalam perdagangan disebut ponggè. Pemuliaan durian diarahkan untuk menghasilkan biji yang kecil dengan salut biji yang tebal, karena salut biji inilah

bagian yang dimakan. Beberapa varietas unggul menghasilkan buah dengan biji yang tidak berkembang namun dengan salut biji tebal (disebut "sukun").

2.1.4. Keanekaragaman buah Durian

Durian merupakan buah yang sangat beraneka ragam. Sebagaimana disebut di muka, beberapa spesies selain durian benar (*D. zibethinus*) juga dianggap sebagai durian. Di Indonesia tercatat ada 20 spesies anggota *Durio* (dari hampir 30-an jenis), sembilan di antaranya dapat dimakan. Durian yang benar pun memiliki banyak variasi. Lembaga penelitian di Indonesia, Malaysia, dan Thailand telah merilis berbagai kultivar durian unggul. Selain itu terdapat pula ras-ras lokal yang dikenal baik namun belum mengalami tahap seleksi untuk meningkatkan kualitasnya. Tabel 1 menunjukkan klasifikasi dari tanaman durian.

Tabel 1. Klasifikasi tanaman durian

Klasifikasi	Keterangan
Kingdom	Plantae
Divisi	Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Sub Divis	Angiospermae (biji tertutup)
Kelas	Dicotyledonae (berkeping dua)
Ordo	Malvaceae
Genus	<i>Durio</i>
Spesies	<i>D. ziberthinus</i>

2.1.5. Kegunaan dari Biji Durian

Durian terutama dipelihara orang untuk buahnya, yang umumnya dimakan (arilus atau salut bijinya) dalam keadaan segar. Salut biji ini umumnya manis dan sangat bergizi karena mengandung banyak karbohidrat, lemak, protein, dan mineral.

Pada musim raya durian, buah ini dapat dihasilkan dengan berlimpah, terutama di sentra-sentra produksinya di daerah.

Secara tradisional, daging buah yang berlebih-lebihan ini biasa diawetkan dengan memasaknya bersama gula menjadi dodol durian (biasa disebut lempok), atau memfermentasikannya menjadi tempoyak. Selanjutnya, tempoyak yang rasanya masam ini biasa menjadi bahan masakan seperti sambal tempoyak, atau untuk campuran memasak ikan. Kandungan biji durian selengkapnya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan biji durian

Durian (<i>Durio zibethinus</i>)	
Nilai nutrisi per 100 g (3,5 oz)	
Energi	615 kJ (147 kcal)
Karbohidrat	27.09 g
Serat pangan	3.8 g
Lemak	5.33 g
Protein	1.47 g
Air	65g
Vitamin C	19.7 mg (33%)
Kalium	436 mg (9%)
Hanya bagian yang dapat dimakan, mentah atau beku.	
Brangkasan:	68% (Shell and seeds)
Sumber:	USDA Nutrient database

Persentase merujuk kepada [rekomendasi](#) Amerika Serikat untuk dewasa.

Durian pun kerap diolah menjadi campuran bahan kue-kue tradisional, seperti gelamai atau jenang. Terkadang, durian dicampurkan dalam hidangan nasi pulut (ketan) bersama dengan santan. Dalam dunia masa kini, durian (atau aromanya) biasa dicampurkan dalam permen, es krim, susu, dan berbagai jenis minuman penyegar lainnya.

Biji durian bisa dimakan sebagai camilan setelah direbus atau dibakar, atau dicampurkan dalam kolak durian. Biji durian yang mentah beracun dan tak dapat dimakan karena mengandung asam lemak siklopropena (cyclopropene). Biji durian mengandung sekitar 27% amilosa. Kuncup daun (pucuk), mahkota bunga, dan buah yang muda dapat dimasak sebagai sayuran.

Beberapa bagian tumbuhan kadang-kadang dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional. Akarnya dimanfaatkan sebagai obat demam. Daunnya, dicampur dengan jeringau (*Acorus calamus*), digunakan untuk menyembuhkan cantengan (infeksi pada kuku). Kulit buahnya untuk mengobati ruam pada kulit (sakit kurap) dan susah buang air besar (sembelit). Kulit buah ini pun biasa dibakar dan abunya digunakan dalam ramuan untuk melancarkan haid dan menggugurkan kandungan. Abu dan air rendaman abu ini juga digunakan sebagai campuran pewarna tradisional.

Beberapa masyarakat di Jawa menggunakan kulit durian yang telah dimakan sebagai pengusir (repellent) nyamuk dengan meletakkannya di sudut ruangan. Kayu gubalnya berwarna putih dan terasnya kemerah-merahan. Ringan, namun tidak begitu awet dan mudah diserang rayap. Biasa digunakan sebagai perabot rumah, peti-peti pengemas, dan bahan konstruksi ringan di bawah atap, asalkan tidak bersentuhan dengan tanah (Heyne, 1987).

2.1.6. Potensi dan Kandungan Biji Durian



Biji durian memiliki kandungan pati cukup tinggi, sehingga berpotensi sebagai alternatif pengganti makanan (dapat dibuat bubur yang dicampur daging buahnya), kulit dipakai sebagai bahan abu gosok, dengan cara dijemur sampai kering dan dibakar sampai hancur. Tanaman durian pada umur sekitar 8 tahun sudah mulai berbunga. Musim berbunga jatuh pada waktu kemarau, yaitu bulan Juni-September sehingga bulan Oktober-Februari buah sudah dewasa dan siap dipetik. Jumlah durian yang dapat dipanen dalam satu pohon adalah 60-70 butir per pohon per tahun dengan bobot rata-rata 2,7 kg. Jumlah produksi durian di Filipina adalah 16.700 ton (2.030 ha), di Malaysia 262.000 ton (42.000 ha) dan di Thailand 444.500 ton (84.700 ha) pada tahun 1987-1988. Indonesia pada tahun yang sama menghasilkan 199.361 ton (41.284 ha) dan pada tahun 1990 menghasilkan 275.717 ton (45.372 ha).

Dengan potensi durian yang demikian besar di Indonesia maupun di dunia, akan sangat disayangkan jika biji durian (Pongge) yang sering dianggap limbah tidak dimanfaatkan untuk sesuatu yang lebih besar manfaatnya seperti untuk pembuatan bioetanol. Kandungan nutrisi dalam 100 gram biji durian ditunjukkan dalam tabel. Dari tabel dibawah ini terlihat kandungan karbohidrat (amilum) dalam biji durian cukup tinggi yaitu 43,6 % untuk biji segar dan 46,2 % untuk biji

yang sudah diolah. Ini merupakan angka yang potensial untuk pengolahan amilum menjadi etanol.

Setiap 100 g salut biji mengandung 67 g air, 28,3 g karbohidrat, 2,5 g lemak, 2,5 g protein, 1,4 g serat; serta memiliki nilai energi sebesar 520 kJ. Durian juga banyak mengandung vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin C serta kalium, kalsium dan fosfor (Verheij & R.E, 1997). Tabel 3 menunjukkan kandungan nutrisi pada biji durian.

Tabel 3. Kandungan Nutrisi Dalam 100 gram Biji Durian

Zat	Per 100 gram biji segar (mentah) tanpa kulitnya	Per 100 gram biji telah dimasak tanpa kulitnya
Kadar air	51,5 g	51,1 g
Lemak	0,4 g	0,2-0,23 g
Protein	2,6 g	1,5 g
Karbohidrat total	43,6 g	43,2 g
Serat kasar		0,7-0,71 g
Nitrogen		0,297 g
Abu	1,9 g	1,0 g
Kalsium	17 mg	3,9-88,8 mg
Pospor	68 mg	86,65-87 mg
Besi	1,0 mg	0,6-0,64 mg
Natrium	3 mg	
Kalium	962 mg	
Beta karotin	250 µg	
Riboflavin	0,05 mg	0,05-0,052 mg
Thiamin		0,03-0,032 mg
Niacin	0,9 mg	0,89-0,9 mg

BAB III

SINTESIS BIOETANOL

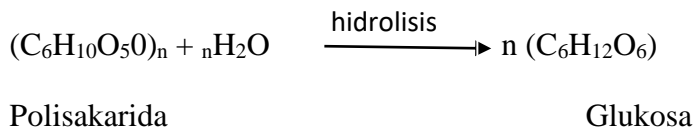
3.1. Tahapan Pembuatan Bioetanol

3.1.1. Hidrolisis

Hidrolisis adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah terurai. Proses hidrolisa merupakan tahap penting dalam pembuatan bioetanol, pada proses hidrolisa dapat menentukan jumlah glukosa yang dihasilkan untuk kemudian dilakukan fermentasi menjadi bioetanol (Retno, Kriswiyanti, & Nur, 2009). Prinsip hidrolisa pati adalah pemutusan rantai polimer pati menjadi unit-unit dekstrosa atau monosakarida yaitu glukosa ($C_6H_{12}O_6$). Pemutusan ikatan pada pati atau karbohidrat menjadi glukosa dapat menggunakan beberapa metode diantaranya yaitu metode kimiawi (hidrolisis asam) dan metode enzimatik (hidrolisis enzim) (Assegaf, 2009).

Hidrolisis dengan air murni berlangsung lambat dan hasil reaksi tidak berjalan maksimal, maka perlu penambahan katalis untuk memperbesar kereaktifan air sehingga mempercepat reaksi dan meningkatkan selektivitas (Ramadani, 2007). Katalisator yang digunakan dapat berupa asam maupun enzim. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat, dan asam sulfat. Industri-industri pada umumnya menggunakan asam klorida sebagai katalisator karena garam yang terbentuk tidak berbahaya yaitu garam dapur (NaCl). Disamping katalisator asam, dapat juga digunakan katalisator enzim yang berasal dari fungi atau bakteri, sering juga dipakai kombinasi dari keduanya. Faktor-faktor yang berpengaruh pada reaksi hidrolisa pati adalah suhu reaksi, waktu reaksi, pencampuran pereaksi, konsentrasi katalisator, dan kadar suspensi. Pati dapat diubah menjadi alkohol, melalui reaksi biologi dan kimia (Retno, Kriswiyanti, & Nur, 2009).

Perubahan pati menjadi glukosa diperlukan proses hidrolisa melalui reaksi sebagai berikut



3.1.1.1. Manfaat Hidrolisis

Reaksi hidrolisis adalah suatu reaksi kimia yang dipakai untuk menetralkan suatu campuran asam dan basa yang menghasilkan air dan garam. Proses hidrolisis tersebut mempunyai andil yang besar dalam terlaksananya berbagai macam proses penting dan kebutuhan dalam kehidupan sehari-hari.

Berikut ini uraian lebih lanjut terkait beberapa pemanfaatan proses hidrolisis.

- Reaksi hidrolisis antara molekul asam dan basa yang direaksikan dengan air akan membentuk garam dengan rumus kimia NaCl. NaCl ini adalah garam yang dipakai di dapur ibu rumah tangga sebagai pemberi rasa asin dalam makanan.
- Dalam Bidang pertanian reaksi hidrolisis dimanfaatkan dalam suatu penyesuaian pH tanah dengan tanaman yang ditanam. Melalui suatu reaksi hidrolisis akan didapatkan jenis pupuk yang tidak terlalu asam maupun basa. Adapun molekul kimia yang sering dipakai untuk menurunkan pH pupuk yakni pelet padat $(NH_4)_2SO_4$. Bila garam tersebut direaksikan dalam air, maka ion NH_4^+ akan terhidrolisis di dalam tanah membentuk NH_3 dan H^+ yang sifatnya asam.
- Reaksi hidrolisis antara garam yang terbentuk dari HOCl yang adalah asam lemah dengan NaOH yang merupakan basa kuat dengan air akan terjadinya hidrolisis HOCl sehingga akan menghasilkan ion OH^- yang sifatnya basa. Sedangkan NaOH sebagai basa kuat tidak terhidrolisis. Garam yang terbentuk melalui penggabungan kedua asam basa tersebut yaitu NaOCl. Garam ini adalah salah satu material yang dimanfaatkan dalam pembuatan bayclin atau sunclin untuk memutihkan pakaian kita.

- Reaksi hidrolisis mempunyai peran penting dalam pemecahan makanan menjadi nutrisi yang mudah diserap. Sebagian besar senyawa organik dalam makanan tidak mudah bereaksi dengan air, sehingga dibutuhkan katalis untuk memungkinkan keberlangsungan proses ini. Katalis organik yang membantu dengan reaksi dalam organisme hidup yang dikenal sebagai enzim. Enzim ini bekerja dengan menerapkan konsep hidrolisis.
- Reaksi hidrolisis ini berperan penting dalam suatu proses pelapukan batuan. Proses ini penting dalam pembentukan tanah, dan membuat mineral penting tersedia bagi tanaman. Berbagai mineral silikat, seperti feldspar, mengalami suatu reaksi hidrolisis lambat dengan air, membentuk tanah liat dan lumpur, bersama dengan senyawa larut.
- Reaksi hidrolisis mempunyai andil dalam penjernihan air. Penjernihan air minum oleh PAM menerapkan prinsip hidrolisis, yakni memakai senyawa aluminium fosfat yang mengalami hidrolisis total.

3.1.1.2. Hidrolisis Asam

Hidrolisis asam merupakan salah satu modifikasi struktur alami pati. Proses hidrolisis polisakarida oleh asam pertama kali ditemukan oleh Kirchoff pada tahun 1812. Derajat konversi yang diperoleh bergantung pada konsentrasi asam, waktu konversi, suhu, dan tekanan selama reaksi. Hidrolisis asam sepenuhnya terlaksana secara acak, dan sebagian gula yang dihasilkan berupa gula pereduksi, maka pengukuran kandungan gula pereduksi tersebut dapat dijadikan alat pengontrol kualitas hasil. Proses hidrolisis yang sempurna dapat terjadi apabila polisakarida seluruhnya dikonversikan menjadi dekstrosa derajat konversi, dinyatakan dengan dekstroksa ekuivalen (DE) dari larutan tersebut diberi indeks 100, polisakarida yang belum sama sekali terhidrolisis memiliki DE = (Winarno, 2004). Jenis asam yang digunakan untuk proses hidrolisis antara lain:

- a. Asam sulfat

Mempunyai rumus H_2SO_4 , merupakan asam mineral yang kuat. Zat ini larut dalam air pada semua kepekatan.

b. Asam oksalat

Senyawa kimia yang mempunyai rumus $H_2C_2O_4$ dengan nama sintesis asam etadinoat. Merupakan asam organik yang 10.000 kali lebih kuat daripada asam asetat. Banyak ion logam yang membentuk endapan tak larut dengan asam oksalat.

c. Asam klorida

Asam klorida mengandung tidak kurang dari 35,5% dan tidak lebih dari 38,8% HCl. Asam klorida merupakan asam mineral kuat tidak berwarna, berasap, jika diencerkan dengan 2 bagian air, asam dan bau hilang.

Hidrolisis asam konsentrasi rendah pada bahan yang mengandung pati dan serat dilakukan secara bertahap yaitu tahap pertama untuk menghidrolisis pati, dan tahap kedua untuk menghidrolisis serat. Hidrolisis asam dapat memecah hemiselulosa dengan efektif menjadi monomer-monomer gula (arabinosa, galaktosa, glukosa, manosa dan xilosa) dan larutan oligomer yang dapat meningkatkan konversi selulosa. Suhu, waktu dan konsentrasi asam yang digunakan selama proses hidrolisis sangat mempengaruhi proses terbentuknya komponen-komponen produk samping dan inhibitor fermentasi, berupa senyawa-senyawa turunan furan (furfural dan HMF), asam-asam lemah dan senyawa-senyawa fenol. Proses detoksifikasi dilakukan untuk meningkatkan kemampuan fermentasi dengan mengkonversi derivatif furan menjadi senyawa lain, dan mengurangi senyawa-senyawa yang bersifat toksik.

Proses hidrolisis pati menjadi glukosa dengan menggunakan katalis asam dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain temperatur dan waktu hidrolisis. Temperatur dan waktu hidrolisis berpengaruh terhadap kecepatan reaksi hidrolisis pati menjadi glukosa.

3.1.1.3. Hidrolisis Enzimatik

Proses hidrolisis enzimatik yaitu dengan enzim. Teknik ini dikenal dengan teknik Hidrolisis dan Fermentasi Terpisah (*Separated Hydrolysis and*

Fermentation). Hidrolisis dengan enzim tidak membuat atau menghasilkan kondisi lingkungan yang kurang mendukung proses biologi/fermentasi seperti pada hidrolisis dengan asam. Kondisi ini memungkinkan untuk dilakukan tahapan hidrolisis dan fermentasi secara bersamaan yang dikenal dengan *Simulaneuos Saccharification and Fermentation (SSF)*. Teknik ini menggunakan kombinasi enzim selulase dan mikroorganisme fermentasi, gula yang dihasilkan dari hidrolisis enzim selulosa dapat secara segera diubah menjadi etanol oleh mikroba.

Hidrolisis enzimatik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan hidrolisis asam, seperti diperlihatkan dalam tabel di bawah ini. *Fermentation*). Hidrolisis dengan enzim tidak membuat atau menghasilkan kondisi lingkungan yang kurang mendukung proses biologi/fermentasi seperti pada hidrolisis dengan asam. Kondisi ini memungkinkan untuk dilakukan tahapan hidrolisis dan fermentasi secara bersamaan yang dikenal dengan *Simulaneuos Saccharification and Fermentation (SSF)*. Teknik ini menggunakan kombinasi enzim selulase dan mikroorganisme fermentasi, gula yang dihasilkan dari hidrolisis enzim selulosa dapat secara segera diubah menjadi etanol oleh mikroba. Hidrolisis enzimatik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan hidrolisis asam, seperti diperlihatkan dalam Tabel 4 (Tahezadeh, 2006).

Tabel 4. Perbandingan antara hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik

Variabel Perbandingan	Hidrolisis Asam	Hidrolisis Enzimatik
Kondisi hidrolisis yang "lunak" (mild)	Tidak	Ya
Hasil hidrolisis tinggi	Tidak	Ya
Penghambatan produk selama hidrolisis	Tidak	Ya
Pembentukan produk samping yang menghambat	Ya	Tidak
Katalis yang murah	Ya	Tidak

Waktu hidrolisis yang murah	Ya	Tidak
-----------------------------	----	-------

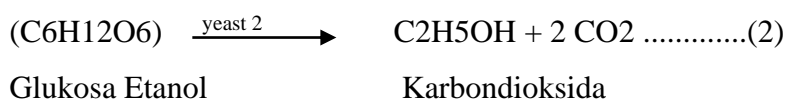
3.1.2. Fermentasi

Istilah fermentasi berasal dari kata *fervere* (yunani) yang berarti mendidih, dan ini digunakan untuk menunjukkan adanya aktivitas yeast pada ekstraksi buah-buahan, malt, dan biji-bijian. Keadaan seperti mendidih ini terjadi karena terbentuknya gelembung-gelembung CO₂ akibat proses katabolisme gula dalam ekstrak secara anaerob. Secara biokimia, fermentasi dapat diartikan sebagai suatu proses untuk mengubah bahan baku menjadi produk oleh sel mikroba.

3.1.2.1. Proses Fermentasi Alkohol

Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas yeast. Proses fermentasi adalah secara anaerob, yaitu mengubah glukosa menjadi alkohol. Mekanisme reaksi fermentasi alkohol yaitu pertama-tama tepung biji durian dihidrolisa menjadi glukosa.

Glukosa yang dihasilkan difermentasi menjadi alkohol. Persamaan reaksinya adalah :



Syarat-syarat yeast yang dapat digunakan dalam proses fermentasi (Rikani & Adam, 2008) adalah :

- a. Mempunyai kemampuan tumbuh dan berkembang biak dengan cepat dalam substrat yang sesuai.

- b. Dapat menghasilkan enzim dengan cepat untuk mengubah glukosa menjadi alkohol.
- c. Mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltosa.
- d. Mempunyai daya tahan dalam lingkungan dalam kadar alkohol yang relatif tinggi.
- e. Tahan terhadap mikroba lain

3.1.2.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi (Retnowati & Susanti, 2009) :

a. Kadar gula

Bahan dengan konsentrasi gula yang tinggi mempunyai efek negatif pada yeast, baik pada pertumbuhan maupun aktivitas fermentasi. Kadar glukosa yang baik berkisar antara 10–18 %. Kadar glukosa yang terlalu pekat dapat menyebabkan aktivitas enzim terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lama, hal tersebut mengakibatkan terdapat sisa gula yang tidak terpakai, dan jika terlalu encer alkohol yang dihasilkan berkadar rendah.

b. Nutrisi (zat gizi)

Dalam kegiatannya ragi memerlukan penambahan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan yeast, misalnya :

- Unsur C : ada pada karbohidrat
- Unsur N : dengan penambahan pupuk yang mengandung nitrogen, ZA, Urea.
- Unsur P : penambahan pupuk fospat dari NPK, TSP, DSP dll

c. Keasaman (pH)

Untuk fermentasi alkohol, ragi memerlukan media suasana asam, yaitu antara pH 4–5. Pengaturan pH dilakukan penambahan NaOH bila larutan terlalu asam. Proses fermentasi akan berlangsung dalam waktu yang singkat dan tidak maksimal jika pH fermentasi kurang dari 4 karena larutan masih terlalu asam. Kondisi fermentasi pada pH lebih dari 5 juga

tidak berjalan maksimal karena larutan fermentasi mendekati pH netral. Salah satu syarat proses fermentasi dapat berjalan adalah kondisi asam pada larutan fermentasi.

d. Temperatur

Suhu berpengaruh terhadap proses fermentasi melalui dua hal secara langsung yaitu mempengaruhi aktivitas enzim dan mempengaruhi hasil alkohol secara langsung karena adanya penguapan. Seperti proses biologis (enzimatik) yang lain, kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan suhu optimum yang berkisar antara 27–30°C. Pada waktu fermentasi, terjadi kenaikan panas yang cukup tinggi. Untuk mencegah suhu fermentasi tidak naik, maka perlu pendinginan supaya suhu dipertahankan tetap 27-30°C.

e. Volume starter

Pada umumnya volume starter yang digunakan sekitar 5% dari volume larutan fermentasi. Hal ini dikarenakan pada volume starter yang lebih kecil dari 5% kecepatan fermentasi menurun, sedangkan pada volume starter yang lebih besar dari 5% keaktifan yeast berkurang karena alkohol yang terbentuk pada awal fermentasi sangat banyak sehingga fermentasi lebih lama dan banyak glukosa yang tidak terfermentasikan.

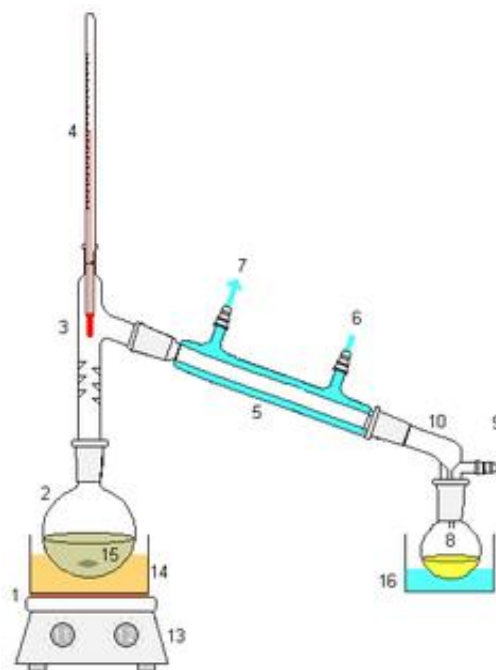
f. Udara

Fermentasi alkohol berlangsung secara anaerobik (tanpa udara). Namun demikian, udara diperlukan pada proses pembibitan sebelum fermentasi, untuk pengembangbiakan ragi sel.

3.1.3. Distilasi

Distilasi atau penyulingan merupakan suatu proses penguapan dan pengembunan kembali, yaitu untuk memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didihnya. 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 terlebih dahulu. Distilasi etanol dapat diartikan memisahkan etanol dengan air.

Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (Kondisi standar). Melalui proses pemanasan larutan pada suhu $78\text{--}100^{\circ}\text{C}$ dapat mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95 % volume. Terdapat dua tipe proses distilasi yang banyak diaplikasikan, yaitu *continuous-feed distillation column system* dan *pot-type distillation system*.



Gambar 4 Alat Distilasi

3.1.4. Ragi Roti (*Saccharomyces Cereviseae*)

3.1.4.1. Pengertian *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces adalah genus dalam kerajaan jamur yang mencakup banyak jenis ragi. *Saccharomyces* berasal dari bahasa latin yang berarti gula jamur. Banyak anggota dari genus ini dianggap sangat penting dalam produksi makanan, salah satu contohnya adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan dalam pembuatan anggur, roti, dan bir atau alkohol. Jamur *Saccharomyces cerevisiae* atau di Indonesia lebih dikenal dengan nama jamur ragi, telah memiliki sejarah dalam industri fermentasi. Jamur ragi ini memiliki kemampuan dalam menghasilkan alkohol, sehingga disebut sebagai mikroorganisme aman (*Generally Regarded as Safe*) yang paling komersial saat ini.

Saccharomyces cerevisiae digunakan dalam produksi alkohol dan makanan melalui proses fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan fermentatif kuat yang dapat menfermentasikan glukosa. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki daya fermentasi tinggi, selektivitas tinggi dalam menghasilkan produk, dapat menguraikan berbagai macam jenis gula, tahan terhadap kadar glukosa yang tinggi, memiliki pH optimum yang rendah yaitu 4,5-5, memiliki suhu optimum yang relatif tinggi yaitu 25-30°C (Prescott & Dunn, 1999).

Saccharomyces cerevisiae tumbuh secara menggerombol, tidak berflagel dan dapat melepaskan CO₂ dengan cepat yang menyebabkan sel terapung dipermukaan. Koloni *Saccharomyces cerevisiae* memiliki warna putih kekuningan, mempunyai bentuk tepi yang circular, dan permukaannya mengkilat. Sel *Saccharomyces cerevisiae* memiliki bentuk bundar (*spherical*), kadang-kadang berbentuk *ellipsoidal* (lonjong, memanjang) sampai *cylindrical*, dan menghasilkan pseudomiselium. *Saccharomyces cerevisiae* berkembang biak secara vegetatif dengan cara pertunasan multilateral (*budding*) (Pelczar & Chan, 1988; Pitt & Hocking, 1997).

3.1.4.2. Struktur dinding sel *Saccharomyces cerevisiae*

Bagian paling luar dari *Saccharomyces cerevisiae* terutama terdiri dari glukan. Senyawa glukan tersebut bertanggung jawab mempertahankan bentuk dari sel *Saccharomyces cerevisiae*. Bagian dari dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat pada bagian paling luar terdiri dari mannan yang terikat pada protein. Mannan menggantikan peran kitin dan glukan. Kitin ditemukan pada pertunas *Saccharomyces cerevisiae* dalam jumlah yang sangat sedikit dari sepanjang bagian dalam dinding sel. Begitu pula dengan senyawa lipid yang terdapat dilapisan dalam dinding sel yang berfungsi untuk mencegah kekeringan (Gandjar & Sjamsuridzal, 2006).

Saccharomyces cerevisiae berkembang biak dengan cara berikut:

1. Pertunas multipolar, dimana tunas muncul dari sekitar ujung sel
2. Pembelahan tunas, yaitu gabungan antara pertunas dan pembelahan. Pada proses ini mula-mula terbentuk tunas, tetapi tempat melekatnya tunas pada sel induk relatif besar, kemudian terbentuk septa yang memisahkan tunas dari induk selnya. Pada *Saccharomyces*, areal tempat melekatnya tunas pada induk sedemikian kecilnya sehingga seolah tidak pernah terbentuk septa (tidak dapat dilihat oleh mikroskop biasa)
3. Pembentukan askospora. Pada khamir diploid seperti *Saccharomyces cerevisiae*, meiosis dapat terjadi langsung dari sel vegetatif. Spora berbentuk bulat atau oval dengan permukaan halus.

Saccharomyces cerevisiae berfungsi dalam pembuatan roti dan bir, karena *Saccharomyces* bersifat fermentatif (melakukan fermentasi, yaitu memecah glukosa menjadi karbon dioksida dan alkohol) kuat. Namun, dengan adanya oksigen, *Saccharomyces* juga dapat melakukan respirasi yaitu mengoksidasi gula menjadi karbon dioksida dan air.

3.1.4.3. Taksonomi *Saccharomyces Cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae termasuk dalam kelas *Saccharomycetes* dan family *Saccharomycetaceae*. Taksonomi dari *Saccharomyces cerevisiae* adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Fungi*

Phylum : *Ascomycota*

Subphylum : *Saccharomycotina*

Kelas : *Saccharomycetes*

Ordo : *Saccharomycetales*

Famili : *Saccharomycetaceae*

Sub. famili : *Saccharoicoideae*

Genus : *Saccharomyces*

Species : *S. cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan organisme uniseluler yang bersifat mikroskopis dan disebut sebagai jasad sakarolitik, yaitu menggunakan gula sebagai sumber karbon untuk metabolisme. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki sejumlah gula, diantaranya sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltosa (Assegaf, 2009). *Saccharomyces cerevisiae* adalah salah satu mikroorganisme yang paling banyak digunakan pada fermentasi alkohol karena dapat berproduksi tinggi, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap kadar gula yang tinggi dan tetap aktif melakukan aktivitasnya pada suhu 4–36°C (Kartika, Susanti, & Nuzulis, 1992).

Ada beberapa jenis mikroba lain yang mempunyai kemampuan untuk menghasilkan etanol, namun hampir 95% fermentasi melibatkan jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Gula jamur ini dipilih karena tahan terhadap konsentrasi asam yang relatif tinggi (Assegaf, 2009).

Fungsi dari ragi roti pada adonan adalah :

- *Leavening agent* (pengembang adonan), ragi mengkonsumsi gula dan mengubahnya menjadi gas karbondioksida, sehingga adonan mengembang
- Memproses gluten (protein pada tepung) sehingga dapat membentuk jaringan yang dapat menahan gas karbondioksida keluar.

Menghasilkan *flavor* (aroma dan ras) pada adonan. Hal ini disebabkan karena selama fermentasi ragi juga menghasilkan sejenis etanol yang dapat memberikan aroma khusus.

DAFTAR PUSTAKA

- Assegaf, F. (2009). Prospek Produk Bioetanol Bonggol Pisang (*Musa paradisiacal*) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam dan Enzimatik. *Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto* .
- Costigan, M., Hodges, L., Marsh, K., Stokes, R., & Tuxford, C. (1980). The Isothermal Displacement Calorimeter: Design Modifications for Measuring Exothermic Enthalpies of Mixing. *Australian Journal of Chemistry* .
- Gandjar, I., & Sjamsuridzal, W. (2006). *Mikologi Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Hennell, H. (1828). On The Mutual Action of Sulphuric Acid and Alcohol, and on the Nature of the Process by Which Ether is Formed. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* , 365-371.
- Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Jakarta: Sarana Wana Jaya.
- Kadam, K., Forrest, L., & Jacobson, W. (2000). Rice Straw as Lignocellulosic Resource Collection, Processing, Transportation, and Enviromental Aspect. *Biomass Bioenergy* , 369-389.
- Kartika, B., Susanti, R., & Nuzulis, A. (1992). *Petunjuk Evaluasi Produk Industri Hasil Pertanian*. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Khairani, R. (2007). *Tanaman Jagung Sebagai Bahan Bio-fuel*. Jakarta: Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Lei, Z., Wang, H., Zhou, R., & Duan, Z. (2002). Influence of Salt Addes to Solvent on Extractive Distilation. *Chemical Engineering Journal* .
- Mills, G., & Ecklund, E. (1987). Alcohols as Components of Transportation Fuels. *Annual Review of Energy* , 47-80.
- Morais, P., Rosa, C., Linardi, V., Carazza, F., & Nonato, E. (1996). Production of Fuel Alcohol by *Saccharomyces* Strains from Tropical Habitats. *Biotechnology Letters* , 1351-1356.

- Muthuvelayudham, R., & Viruthagiri, T. (2007). Optimization and Modeling of Cellulase Protein from *Trichoderma Ressei* Rut C30 Using Mixed Substrate. *African Journal of Biotechnology* , 41-46.
- Nzelibe, H., & Okafoagu, C. (2007). *Optimization of Ethanol Production from Garcinia kola (Bitter Kola) Pulp Agrowaste*. Zaria, Nigeria: Department of Biochemistry, Ahmadu Bello University.
- Pelczar, M., & Chan, E. (1988). *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pemberton, R., & Mash, C. (1978). Thermodynamic Properties of Aqueous Non-Electrolyte Mixtures II. Vapour Pressures and Excess Gibbs Energies for Water + Ethanol at 303.15 to 363.15K Determined by an Accurate Static Method. *The Journal of Chemical Thermodynamics* , 867-888.
- Pitt, & Hocking. (1997). *Fungi and Food Spoilage*. Cambridge: Great Britain at The University.
- Prescott, S., & Dunn, C. (1999). *Industrial Microbiology*. New York: Graw Hill Book Company.
- Prihandana, R. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu : Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
- Putri, A., & Pertiwi, P. (2009). Pembuatan Alkohol dari Tepung Biji Nangka dengan Proses Fermentasi . *Semarang, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro* .
- Ramadani. (2007). Pengaruh Kondisi Fermentasi Terhadap Yield Etanol Pada Pembuatan Bioetanol dari Pati Garut. *Skripsi. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret* .
- Retno, E., Kriswiyanti, E., & Nur, A. (2009). Bioetanol Fuel Grade dari Talas (*Colocasia Esculenta*). *Jurusan Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret* .
- Retnowati, D., & Susanti, R. (2009). Pemanfaatan Limbah Padat Ampas Singkong dan Lindur Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol. *Teknik Kimia Universitas Diponegoro* .

- Richard L, M., & Rusty L, M. (2007). The 100 Most Important Chemical Compounds : a reference guide. *Greenwood Press* , 122.
- Rikani, H., & Adam, R. (2008). Pembuatan Bioetanol dari Singkong secara Fermentasi Menggunakan Ragi Tape. *Teknik Kimia Universitas Diponegoro* .
- Roach, J. (2005). 9000 Year Old Beer Re-Created From Chinese Recipe. *National Geographic* .
- Rossini, F. (1937). Heats of Formation of Simple Organic Molecules. *Industrial & Engineering Chemistry* , 1424-1430.
- Taherzadeh. (2006). *Proses Pembuatan Bioetanol Secara Hidrolisis Asam dan Enzimatik*. Yogyakarta: Teknik Kimia UGM.
- Takakazu, Y. (2000). Bird-pollination of Three Durio Species (Bombacaceae) in a Tropical Rainforest in Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany* .
- Verheij, E., & R.E, C. (1997). *Sumber Daya Nabati Asia Tenggara 2: Buah-Buahan yang dapat dimakan*. Jakarta: Gramedia.
- Winarno, F. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

