

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

2.1.1 Pengertian Bioetanol

Bioetanol berasal dari kata **bio** dan **etanol**. Bio berarti hidup sedangkan etanol berarti ethyl alkohol. Ethyl alkohol merupakan turunan dari alkohol. Bioetanol adalah suatu cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati serta selulosa disebut sebagai bioetanol. Sehingga bioetanol merupakan produk yang berasal dari tanaman hasil fermentasi dengan bantuan mikroorganisme yang menghasilkan produk yang bening tak berwarna, dapat terurai secara biologis (*biodegradable*), kandungan toksisitas rendah serta tidak menimbulkan polusi udara (Solikhin dkk., 2012 ; Dewi, 2011).

Bioetanol dapat dibuat dari bahan baku seperti gas hidrokarbon, bahan-bahan yang mengandung sakarosa (tebu, tetes, gula biet), bahan-bahan yang mengandung pati (ubi kayu, jagung, beras), maupun bahan-bahan yang mengandung selulosa (kayu, limbah pertanian, dan lain sebagainya). Bioetanol juga dapat dibuat dari berbagai bahan baku yang berbahan dasar pati (singkong, ubi jalar, tepung sagu, biji jagung, biji sorgum, gandum, kentang, ganyong, garut, umbi dahlia dan lainnya), berbahan dasar gula (tetes tebu, nira tebu, nira kelapa, nira batang sorgum manis, nira aren, nira nipah, gewang, nira lontar dan lainnya) serta yang berbahan dasar selulosa (limbah logging, limbah pertanian seperti

jerami padi, ampas tebu, tongkol jagung, limbah tapioka, batang pisang, serbuk gergaji dan lain-lain). Dengan demikian bahan dasar untuk membuat bioetanol berasal dari berbagai organ tanaman baik berupa buah, biji, batang, dan tongkol. Bahkan limbah pun dapat digunakan sebagai bahan dasar bioetanol (Gusmarwani dkk., 2010 ; Prihandana, 2008).

Bahan baku pati harus melalui tahap fermentasi. Fermentasi merupakan proses pemecahan glukosa menjadi etanol. Mikroorganisme yang memiliki kemampuan tinggi dan menghasilkan enzim zimosa untuk memecah gula menjadi etanol adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena dapat menghasilkan etanol yang bermutu tinggi (Riyanti, 2009).

2.1.2 Tahapan Pembuatan Bioetanol

Dalam pembuatan bioetanol diperlukan serangkaian proses untuk mengubah bahan dasar menjadi etanol. Menurut Nugroho (2012), secara umum ada 3 tahapan dalam pembuatan bioetanol yaitu:

A. Penyiapan Bahan Baku

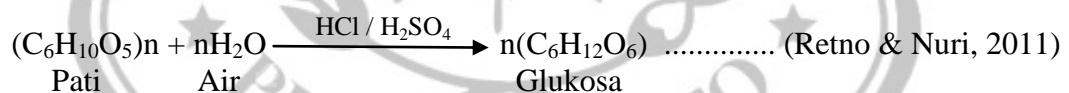
Bonggol *Musa paradisiaca* L. banyak mengandung pati, sehingga memerlukan tahapan hidrolisis. Proses hidrolisis merupakan reaksi kimia yang terjadi antara air dengan zat lain (pati) yang menghasilkan zat baru (glukosa) (Retno & Nuri, 2011).

Menurut Gusmarwani dkk. (2010), ada dua jenis proses hidrolisis yaitu mekanisme hidrolisis enzim dan hidrolisis kimiawi. Hidrolisis kimiawi memiliki berbagai kelebihan seperti biaya yang relatif murah, karena menggunakan bahan kimia dengan harga lebih murah dibandingkan dengan harga enzim. Selain itu

hidrolisis secara kimiawi hanya memerlukan waktu yang relatif singkat (hanya beberapa jam saja). Sedangkan mekanisme hidrolisis enzim memerlukan biaya yang cukup mahal dan waktu hidrolisis yang lama (berhari-hari).

Jenis bahan baku untuk membuat bioetanol akan mempengaruhi pemilihan metode hidrolisis. Pada bahan baku yang banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa memerlukan proses hidrolisis dengan larutan asam. Untuk larutan asam dalam proses hidrolisis dapat menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl) (Gusmarwani dkk., 2010).

Pada umumnya proses hidrolisis pati dengan air berlangsung sangat lambat, sehingga memerlukan katalisator yang dapat mempercepat keaktifan air. Dengan demikian proses hidrolisis dapat berlangsung dengan cepat. Katalisator yang tersebut adalah asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCl). Retno & Nuri (2011) berpendapat reaksi hidrolisis pati menggunakan katalisator asam, sebagai berikut:



B. Fermentasi

Fermentasi merupakan proses perubahan glukosa menjadi etanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* (Ma'ruf & Mulyadi, 2010). Ada berbagai faktor yang mempengaruhi proses fermentasi yaitu:

1) Derajat Keasaman (pH)

pH dari media sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme. Setiap mikroorganisme mempunyai pH minimal, maksimal, dan optimal untuk pertumbuhannya. *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan media dengan suasana

asam yaitu pH antara 4,0-5,0 untuk fermentasi menjadi etanol. Untuk mengatur pH dapat menambahkan larutan yang bersifat asam seperti HCl jika substratnya basa, dan terlalu asam ditambahkan NaOH (Ma'ruf & Mulyadi, 2010 ; Fardiaz, 1992).

2) Udara

Fermentasi untuk menghasilkan etanol berlangsung dalam kondisi anaerob yaitu kondisi tidak adanya oksigen. *Saccharomyces cerevisiae* akan memfermentasi glukosa dengan baik dalam kondisi anaerob (Ma'ruf & Mulyadi, 2010 ; Fardiaz, 1992).

3) Suhu

Mikroorganisme mempunyai suhu maksimal, optimal, dan minimal untuk pertumbuhan. Suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan *Saccharomyces cerevisiae* adalah pada 25°-30°C dan suhu maksimal antara 35°-47°C. Suhu selama fermentasi akan mempengaruhi produk etanol. Pada suhu yang terlalu tinggi akan menonaktifkan *Saccharomyces cerevisiae*, sehingga proses fermentasi menjadi tidak berlangsung. Pada suhu yang terlalu rendah *Saccharomyces cerevisiae* akan menjadi inaktif, akibatnya fermentasi tidak berlangsung. Aktivitas enzim pada *Saccharomyces cerevisiae* akan terhenti pada suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi, bahkan pada suhu yang terlalu tinggi enzim tersebut akan terdenaturasi (Ma'ruf & Mulyadi, 2010 ; Fardiaz, 1992).

4) *Nutrisi*

Proses metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan energi. Metabolisme merupakan keseluruhan reaksi yang terjadi di dalam sel, meliputi proses penguraian dan sintesis molekul kimia oleh enzim yang membutuhkan dan menghasilkan panas (energi) (Sagala dkk., 2013). Energi berasal dari nutrisi yang ada pada media yaitu berupa karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), mineral serta vitamin (Fardiaz, 1992). Unsur karbon (C) berperan sebagai sumber karbon dan energi. Unsur nitrogen (N) berperan dalam pembentukan asam nukleat dan asam amino. Unsur fosfor (P) berfungsi untuk mensintesis asam nukleat, ATP dan fosfolipid (Rosmarkam & Yuwono, 2011). Mineral berperan untuk mempertahankan homeostasis dan vitamin berfungsi membantu penggunaan makronutrien dan mempertahankan sel (Sagala dkk., 2013).

C. *Pemurnian*

Menurut Ma'ruf & Mulyadi (2010), proses pemurnian merupakan proses pemisahan etanol dan air agar mendapatkan konsentrasi etanol yang tinggi. Kadar etanol dari hasil fermentasi glukosa (tepung kanji) berkisar 15-20%, sehingga harus memerlukan pemurnian. Pemurnian etanol akan menghasilkan kadar yang lebih tinggi. Pemurnian bioetanol dapat menggunakan metode destilasi. Menurut Sofyan (2012), destilasi merupakan proses pemisahan komponen berdasarkan titik didihnya. Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan titik didih air adalah 100°C, sehingga proses pemanasan pada suhu 78°C. Pemanasan pada suhu ini menyebabkan etanol menguap melalui unit kondensasi dan akan menghasilkan etanol dengan konsentrasi 95% v/v. Ma'ruf & Mulyadi (2010) mengemukakan

etanol konsentrasi 95% belum dapat menjadi bahan bakar. Hal ini dikarenakan etanol konsentrasi 95% masih mengandung etanol dan air. Prihandana *dkk.* (2008) mengatakan etanol yang dapat digunakan sebagai bahan bakar memiliki kadar lebih dari 99,5% karena etanol ini mengandung air dengan jumlah minimal.

Menurut Nurdyastuti (2008), penggunaan etanol sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan harus benar-benar kering supaya tidak korosif. Oleh karena itu etanol harus mempunyai kadar sebesar 99,5%- 100% v/v. Penambahan CaCO_3 dan zeolit alam dapat menyerap kandungan air dalam etanol. Dengan demikian proses destilasi etanol memerlukan CaCO_3 dan zeolit alam. Untuk menghasilkan etanol yang lebih murni dapat menggunakan destilasi vakum, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar.

2.1.3 Manfaat Bioetanol

Bioetanol memiliki berbagai manfaat untuk keperluan manusia. Manfaat bioetanol antara lain:

- a. penggunaannya sebagai bahan bakar aman karena titik nyala etanol tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan bensin (Nugroho, 2012)
- b. emisi hidrokarbon lebih sedikit karena gas buang bioetanol melepas karbondioksida (CO_2) lebih banyak daripada karbonmonoksida (CO). Gas buang dari bensin banyak mengandung karbonmonoksida (CO) yang dapat merugikan kesehatan makhluk hidup (Nugroho, 2012)
- c. membuat kerja mesin kendaraan lebih bagus dan mampu menempuh jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan menggunakan bensin (Nugroho, 2012)

- d. sebagai bahan dasar industri farmasi (Nurdyastuti, 2008) seperti industri asam asetat, eter, glikol eter, etil asetat, kloral dan asetaldehid (Putri & Sukandar, 2008)
- e. pelarut dalam industri contoh: industri farmasi, kosmetik dan plastik (Solikhin & Prasetyo, 2012)
- f. untuk keperluan medis (Dewi, 2011).

Selama perang dunia II campuran etanol dan bensin telah digunakan di Eropa. Pada tahun 1985 Brazil mengeluarkan program pencampuran 20% bioetanol dengan bensin untuk menghemat 40% konsumsi bensin. Brazil telah mengembangkan bioetanol yang bersumber dari tebu dengan melakukan ujicoba pada kendaraan sejak tahun 1925 dan dikembangkan cukup lama dengan dukungan penuh dari pemerintah dalam bentuk regulasi dan insentif. Bioetanol sebagai bahan bakar disebut dengan biofuel. Pemanfaatan produksi tebu sebagai gula dan bioetanol adalah 50:50. Brazil telah memasarkan 1 juta mobil dengan bahan bakar 100% bioetanol (Nugroho, 2012). Hal ini menjadikan negara Brazil menjadi negara penggunaan serta ekspor bioetanol terkemuka di dunia. Bioetanol sebagai bahan bakar lebih ramah lingkungan karena mempunyai emisi gas yang sangat rendah. Bioetanol juga merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*).

2.2 Tumbuhan *Musa paradisiaca* L.

2.2.1 Klasifikasi dan Karakteristik Tumbuhan *Musa paradisiaca* L.

Kata pisang berasal dari bahasa **Arab** yaitu *maus*. Linnaeus kemudian memasukkan pisang (*maus*-bahasa Arab) ke dalam keluarga *Musaceae*. Linnaeus melakukannya untuk menghormati Antonius Musa yang merupakan seorang dokter pribadi Kaisar Romawi yaitu Octaviani Agustinus. Pada saat itu Antonius Musa yang menganjurkan untuk makan buah pisang (Kaleka, 2013). Cronquist (1981) mengemukakan kedudukan *Musa paradisiaca* L. dalam taksonomi tumbuhan sebagai berikut:

Divisio : Magnoliophyta
 Classis : Liliopsida
 Subclassis : Zingiberidae
 Ordo : Zingiberales
 Familia : Musaceae
 Genus : Musa
 Species : *Musa paradisiaca* L.

Tumbuhan pisang masuk dalam famili *Musaceae* dari ordo Zingiberales dan terdapat pada genus *Musa*. Genus *Musa* terbagi dalam empat golongan, yaitu *Rhodochlamys*, *Callimusa*, *Australimusa* dan *Eumusa*. Masyarakat biasa mengkonsumsi buah pisang segar maupun olahan yang berasal dari golongan *Australimusa* dan *Eumusa*. Buah pisang yang dimakan segar sebagian besar berasal dari golongan *Emusa*, yaitu *Musa acuminata* dan *M. balbisiana* (Suhardiman, 2008 ; Wong *et al.*, 2002).

Musa paradisiaca L. termasuk dalam kelas monokotil. Tumbuhan ini memiliki 5 bagian tubuh yaitu buah, bunga, daun, batang, dan akar.

A. Buah

Buah *Musa paradisiaca* L. termasuk dalam buah buni, bentuknya bulat memanjang, dan membengkok. Buah ini tersusun seperti sisir dua baris, dengan kulit berwarna hijau, kuning, atau coklat. Tiap kelompok sisir terdiri atas beberapa buah *Musa paradisiaca* L. Buah ini dapat berbiji atau tanpa biji. Biji kecil, bulat, dan berwarna hitam. Buah *Musa paradisiaca* L. akan masak setelah 80-90 hari jantung pisang keluar (Luqman, 2012). Buah *Musa paradisiaca* L. pada umumnya tidak berbiji disebut $3n$ (triploid), kecuali pada pisang batu (klutuk) bersifat diploid ($2n$) (Rukmana, 2012).

Menurut Suhardiman (2008), pemasakan buah pada bulan-bulan bersuhu hangat berkisar 80 hari, sedangkan pada bulan-bulan dingin berkisar 120-180 hari. Kuswanto (2007) jenis varietas, kesuburan tanah, pemupukan dan penyiraman, iklim, kecepatan tumbuh, dan pemilihan bibit akan mempengaruhi banyaknya jumlah sisir dan besarnya buah.

B. Bunga

Menurut Tjitrosoepomo (2007), *Musa paradisiaca* L. memiliki bunga majemuk. Bunga majemuk merupakan bunga yang membentuk rangkaian beranekaragam. van Steenis *et al.* (2008) mengemukakan bunga *Musa paradisiaca* L. berkelamin 2 atau 1. Kaleka (2013) menjelaskan penutup bunga berwarna merah kecoklatan akan membungkus kuncup bunga. Penutup bunga akan terlepas dan jatuh ke tanah ketika kuncup bunga telah membuka.

C. Daun

Menurut Kaleka (2013), daun *Musa paradisiaca* L. merupakan daun tunggal yang lengkap terdiri atas helaian daun (*lamina*), pelepah daun (*vagina* atau *upih*), dan tangkai daun (*petiolus*). Helaian daun berbentuk lanset (*lanceolatus*), ujung daun tumpul (*obtusus*), pangkal daun meruncing (*acuminatus*), dan tepi daun rata (*laevis*). Daun berwarna hijau dan mudah robek.

D. Batang

Kaleka (2013) menjelaskan batang *Musa paradisiaca* L. tidak bercabang, sehingga masuk dalam kelas monokotil. Batang yang membentuk pohon merupakan batang semu, terdiri atas pelepah-pelepah daun yang tersusun teratur. Sunyoto (2011) berpendapat batang *Musa paradisiaca* L. terbentuk dari perkembangan dan pertumbuhan pelepah-pelepah yang mengelilingi poros lunak panjang.

E. Akar

Menurut Suyanti & Supriyadi (2012), *Musa paradisiaca* L. mempunyai akar serabut yang berpangkal pada umbi batang atau bonggol. Akar *Musa paradisiaca* L. tumbuh menuju ke dalam tanah sampai kedalaman 75-150 cm.

2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Musa paradisiaca* L.

Musa paradisiaca L. merupakan tumbuhan tropis (Suhardiman, 2008). Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Musa paradisiaca* L. menurut Kaleka (2013) adalah:

A. Kondisi Geografis

Menurut Suhardiman (2008), *Musa paradisiaca* L. dapat tumbuh pada garis lintang 30° LU dan 30° LS, tetapi sebagian besar mampu tumbuh pada 20° LU dan 20° LS. Suyanti & Supriyadi (2012) mengemukakan ketinggian tempat yang ideal bagi *Musa paradisiaca* L. yaitu di bawah 1000 m dpl.

B. Derajat keasaman (pH) Tanah

Derajat keasaman (pH) tanah akan mempengaruhi pertumbuhan *Musa paradisiaca* L. pH tanah yang sesuai untuk pertumbuhan *Musa paradisiaca* L. berkisar antara 5,6-7,5 (Kaleka, 2013).

C. Suhu

Pertumbuhan *Musa paradisiaca* L. akan optimum pada suhu 25°-27°C Setyawan (2012). *Musa paradisiaca* L. dapat tumbuh pada suhu minimum 10°C dan suhu maksimum 38°C (Suhardiman, 2008 ; Sunyoto, 2011).

D. Kelembaban

Kelembaban adalah banyaknya uap air yang terkandung pada tempat tertentu (Suwito dkk., 2010). Kaleka (2013) berpendapat kelembaban tanah yang baik untuk pertumbuhan *Musa paradisiaca* L. yaitu 60-70%.

E. Angin

Angin yang berkecepatan tinggi akan merobohkan tumbuhan *Musa paradisiaca* L. dengan perakaran serabut. Kecepatan angin lebih dari 20 km/jam akan menyebabkan kerusakan pada buah *Musa paradisiaca* L., sedangkan

kecepatan angin lebih dari 80 km/jam dapat merobohkan tumbuhan *Musa paradisiaca* L. secara total (Kaleka, 2013).

F. Unsur Hara

Struktur tanah yang remah dan gembur merupakan media yang baik untuk *Musa paradisiaca* L. Hal ini terjadi karena tanah remah dan gembur memiliki keseimbangan yang baik antara udara untuk pernafasan akar tanaman dan air tanah sebagai medium untuk melarutkan unsur hara. *Musa paradisiaca* L. akan tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi (3%). Tanah yang baik untuk pertumbuhan *Musa paradisiaca* L. mengandung fosfor (P), aluminium (Al), dan kalsium (Ca) (Kaleka, 2013).

2.2.3 Manfaat Tumbuhan *Musa paradisiaca* L.

Tumbuhan *Musa paradisiaca* L. memiliki banyak manfaat untuk keperluan hidup manusia, sehingga dikenal sebagai tumbuhan multiguna. Manusia dapat memanfaatkan buah dan bagian lainnya. Berbagai manfaat dari tumbuhan *Musa paradisiaca* L. sebagai berikut:

A. Bunga

Bunga *Musa paradisiaca* L. memiliki kandungan protein, vitamin, lemak dan karbohidrat yang tinggi. Bunga *Musa paradisiaca* L. berbentuk seperti jantung sehingga disebut jantung. Masyarakat memanfaatkan jantung *Musa paradisiaca* L. sebagai sayuran, manisan, dan acar (Suyanti & Supriyadi, 2012).

B. Daun

Masyarakat pedesaan memanfaatkan daun *Musa paradisiaca* L. yang masih bagus sebagai bahan pembungkus makanan. Pemanfaatan daun yang sudah tua dan rusak adalah sebagai pakan kambing, kerbau, dan sapi. Daun *Musa paradisiaca* L. juga dapat digunakan sebagai bahan baku kompos, dan medium jamur (Suyanti & Supriyadi, 2012 ; Suhardiman, 2008).

C. Pelepah

Pelepah *Musa paradisiaca* L. memiliki banyak manfaat yaitu sebagai tempat untuk menancapkan wayang, pembuat lubang untuk bangunan, alas memandikan mayat, untuk menutup saluran air, bahan membuat kompos dan pakan ternak (Suyanti & Supriyadi, 2012). Pelepah kering juga dapat digunakan sebagai bahan baku kerajinan (Kaleka, 2013 ; Suhardiman, 2008).

D. Buah

Menurut Suhardiman (2008), buah *Musa paradisiaca* L. tidak hanya mengandung karbohidrat namun juga vitamin A dan B. Kaleka (2013) mengatakan buah *Musa paradisiaca* L. juga mengandung khrom yang berperan untuk menguraikan karbohidrat dan lemak. Buah *Musa paradisiaca* L. bermanfaat bagi penderita sembelit, karena akan menormalkan fungsi usus besar untuk menyerap air. Buah *Musa paradisiaca* L. juga sebagai obat alami untuk berbagai penyakit seperti migren, menurunkan hipertensi, mengatasi kanker, menurunkan kolesterol, dan anti HIV.

E. Kulit Buah

Suyanti & Supriyadi (2012) menjelaskan manfaat kulit buah *Musa paradisiaca* L. yaitu sebagai pembunuh larva serangga yakni dengan menambahkan sedikit urea dan pemberian bakteri. Berdasar hasil temuan dari Taiwan kulit buah *Musa paradisiaca* L. mengandung vitamin B₆ dan serotonin yang bermanfaat untuk kesehatan mata (menjaga retina mata dari kerusakan akibat cahaya berlebihan). Kaleka (2013) berpendapat manfaat dari kulit buah *Musa paradisiaca* L. dari segi kesehatan adalah mengatasi rasa gatal, pereda nyeri, menghilangkan kutil pada kulit dan menghilangkan bekas luka yang menghitam serta jerawat.

F. Bonggol

Menurut Suyanti & Supriyadi (2012), bonggol *Musa paradisiaca* L. muda dapat bermanfaat sebagai sayur dan bahan baku keripik yang kaya serat. Sofyan (2012) menjelaskan bonggol *Musa paradisiaca* L. dapat digunakan sebagai obat kumur, memperbaiki pertumbuhan rambut, dan menghitamkan rambut. Rukmana (2012) mengemukakan bonggol *Musa paradisiaca* L. juga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk K dan sabun.

Bonggol *Musa paradisiaca* L. memiliki komposisi kimia yaitu pati, kalori, protein, karbohidrat, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin, dan air. Bonggol *Musa paradisiaca* L. memiliki kadar pati tinggi. Pati bonggol *Musa paradisiaca* L. dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan bakar yaitu bioetanol (Prihandana dkk., 2008).

2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

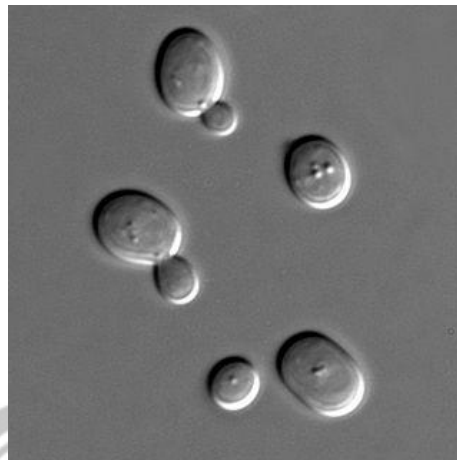
2.3.1 Klasifikasi dan Karakteristik *Saccharomyces cerevisiae*

Menurut Ahmad (2005), *Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu mikroorganisme yang termasuk dalam golongan yeast. *Saccharomyces cerevisiae* berasal dari kata *Saccharo* yang berarti *sugar* dan *myces* yang berarti jamur, sehingga merupakan cendawan gula. Menurut Fardiaz (1992) klasifikasi *Saccharomyces cerevisiae* dalam taksonomi sebagai berikut:



Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Classis	: Ascomycetes
Subclassis	: Hemiascomycetidae
Ordo	: Endomycetales
Famili	: Saccharomycetaceae
Subfamili	: Saccharomycoideae
Genus	: Saccharomyces
Species	: <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Saccharomyces cerevisiae adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5 sampai 20 mikron dan berbentuk bola atau telur. *Saccharomyces cerevisiae* tidak bergerak karena tidak memiliki struktur tambahan di bagian luar seperti flagella (**Gambar 2.1**) (Prescott & Dunn, 1986).



Gambar 2.1 Morfologi *Saccharomyces cerevisiae* (Wikipedia, 2013)

Saccharomyces cerevisiae mempunyai lapisan dinding luar yang terdiri atas polisakarida kompleks dan di bawahnya terletak membran sel. Sitoplasma mengandung inti bebas (*discrete nucleus*) dan *vakuola* yaitu bagian yang berisi sejumlah besar cairan (Bailey, 2009).

Perkembangbiakan *Saccharomyces cerevisiae* terjadi secara aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual dengan membentuk tunas kecambah multipolar yang terdapat di seluruh permukaan dinding sel. Sedangkan reproduksi seksual dengan membentuk askospora di dalam askus. Dalam satu askus umumnya terdapat 4 buah spora dengan bentuk yang bermacam-macam (Luqman, 2012).

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae adalah mikroorganisme bersel tunggal (Prescott & Dunn, 1986). Menurut Fardiaz (1992) faktor yang mempengaruhi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu:

A. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) optimum untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* berada pada 4,0-5,0. pH minimum untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu 2,0-2,5 (Prescott & Dunn, 1986 ; Fardiaz, 1992).

B. Suhu

Mikroorganisme mempunyai suhu maksimal, optimum, dan minimal untuk pertumbuhan. Suhu optimum adalah suhu terbaik bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembangbiak. Kisaran suhu untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah 9°-37°C, dan optimum pada suhu 25°-30°C (Fardiaz, 1992 ; Prescott & Dunn, 1986).

C. Nutrisi

Proses metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan energi. Energi tersebut berupa karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), fosfor (P), mineral, dan vitamin. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh baik dalam gula sederhana seperti glukosa, maupun gula kompleks disakarida yaitu sukrosa ((Fardiaz, 1992 ; Ahmad, 2005).

D. Udara

Saccharomyces cerevisiae akan tumbuh baik pada kondisi anaerob. Anaerob merupakan kondisi tidak ada oksigen (Ma'ruf & Mulyadi, 2010). Pada kondisi aerob *Saccharomyces cerevisiae* dapat memfermentasi semua glukosa menjadi karbondioksida dan air (Fardiaz, 1992).

2.3.3 Manfaat *Saccharomyces cerevisiae* bagi Kehidupan Manusia

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroorganisme yang mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan makhluk hidup. Manfaat *Saccharomyces cerevisiae* diantaranya:

A. Sebagai Ragi dalam Pengembang Adonan Roti

Manusia memanfaatkan *Saccharomyces cerevisiae* untuk keperluan hidupnya sejak zaman Mesir kuno. Pamakaian pada zaman Mesir kuno adalah sebagai ragi dalam pembuatan roti dan sebagai pengembang adonan (Ahmad, 2008).

B. Rekayasa Genetika

Saccharomyces cerevisiae berperan dalam bidang teknologi khususnya rekayasa genetika. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan eukariot pertama yang disequensing secara lengkap. Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* dalam bidang teknologi bermanfaat dalam pengembangan pengetahuan dasar mengenai fungsi dan organisasi dari fisiologi sel eukariot (Ahmad, 2008).

C. Sebagai Biostarter dalam Pembuatan Alkohol

Pada proses pembuatan alkohol memerlukan biostarter untuk fermentasi. Biostarter dalam fermentasi berfungsi untuk mengubah gula menjadi alkohol. Fermentasi ini menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Produk fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* berupa alkohol (etanol), bir, dan wine (Ahmad, 2008).

D. Meningkatkan Produksi Ternak

Penambahan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 200 gram ke dalam 100 kg pakan akan meningkatkan kesehatan ternak (Ahmad, 2008). Kesehatan ternak dapat dilakukan dengan pemberian probiotik dan imunostimulan. *Saccharomyces cerevisiae* dapat bermanfaat sebagai probiotik dan imunostimulan. Probiotik bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan hewan ternak. Imunostimulan bermanfaat untuk meningkatkan sistem imun hewan (Ahmad, 2011).

E. Meningkatkan Antibodi pada Ikan

Perendaman ikan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan dosis 60 ppm dapat meningkatkan antibodi terhadap infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. Infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* menyerang antibodi ikan. Peningkatan antibodi ikan yang terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* akan terlihat dari meningkatnya jumlah leukosit dalam darah (Alifuddin, 1999).

2.4 Penelitian Terdahulu

Gusmarwani dkk. (2010) Melakukan penelitian mengenai pengaruh perbandingan berat padatan dan waktu reaksi terhadap gula pereduksi terbentuk

pada hidrolisis bonggol *Musa paradisiaca* L menggunakan H_2SO_4 . Kesimpulan dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa glukosa terbanyak yang dapat diambil dari bonggol *Musa paradisiaca* L. sebesar 13,080 g/100 mL pada suhu $120^\circ C$, yaitu pada perbandingan padatan dan air adalah 1:5 selama 80 menit.

Retno & Nuri (2011) Melakukan penelitian terhadap kandungan bioetanol pada kulit buah *Musa paradisiaca* L. Penelitian tersebut menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan larutan H_2SO_4 0,5 N dan bahan pembantu aquadest, ammonium sulfat, dan urea. Kesimpulan dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan *Saccharomyces cerevisiae* pada proses fermentasi sebanyak 0,0624 gram dalam 100 ml filtrat dan lama fermentasi bioetanol selama 144 jam akan menghasilkan kadar alkohol sebesar 13,5353% v/v.

Solikhin dkk. (2012) Meneliti kandungan bioetanol pada bonggol *Musa paradisiaca* L. yang menghasilkan kesimpulan bahwa waktu fermentasi dan pemberian nutrisi *Saccharomyces cerevisiae* akan mempengaruhi produksi alkohol. Kadar etanol tertinggi pada penambahan starter sebanyak 8% dan lama fermentasi 5 hari menghasilkan etanol sebesar 12,2% v/v.