

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

KAJIAN TEORITIS

A. Konsep Teoritis

1. Sumber Belajar

Sumber belajar adalah segala sesuatu atau daya yang dapat dimanfaatkan oleh guru, baik secara terpisah maupun dalam bentuk gabungan untuk kepentingan belajar mengajar dengan tujuan meningkatkan efektifitas dan efisiensi tujuan pembelajaran.¹⁸ Sumber belajar dari lingkungan terdiri dari lingkungan sosial, psikologis dan alam.¹⁹ Klasifikasi sumber belajar menurut Yusuf Hadmiarso, membedakan menjadi enam kelompok, yaitu :

- a. Pesan : informasi yang harus disampaikan oleh komponen lain berbentuk ide, Fakta, pengertian dan data.
- b. Berupa orang (*person*) : penelik, kepala sekolah guru, tokoh agama/masyarakat, pejabat, dokter dan ahli-ahli lain.
- c. Berupa bahan (*software*) : Buku paket, majalah, slide, surat kabar, peta, globe, atlas, grafik, gambar, papan flannel, dan diagram.
- d. Berupa lingkungan (*setting*) : gedung sekolah, perpustakaan, museum, perkantoran, dan lain-lain.
- e. Berupa alat perlengkapan (*hardware*) : kamera, radio, televisi, komputer, internet.
- f. Berupa kegiatan (*technique*) : simulasi, bermain sandiwara,

¹⁸Prof. Dr. H. Wina Sanjaya. 2009. *Loc. Cit.*,

¹⁹Depdiknas. 2008. Panduan Pengembangan Bahan Ajar. Departemen Pendidikan Nasional. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta : Depdiknas, hal. 55

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

wawancara.

2. Bahan Ajar

Dari uraian tentang pengertian sumber belajar di atas, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar merupakan bagian dari sumber belajar. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis. Dalam *website* Dikmenjur dikemukakan pengertian bahwa, bahan ajar merupakan seperangkat materi/substansi pembelajaran (teaching material) yang disusun secara sistematis, menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai siswa dalam kegiatan pembelajaran.

Dengan bahan ajar memungkinkan siswa dapat mempelajari suatu kompetensi dasar atau KD secara runtut dan sistematis sehingga secara akumulatif mampu menguasai semua kompetensi secara utuh dan terpadu. Dari berbagai pendapat di atas dapat disarikan bahwa bahan ajar adalah merupakan seperangkat materi yang disusun secara sistematis sehingga tercipta lingkungan/suasana yang memungkinkan siswa untuk belajar. Sebuah bahan ajar paling tidak mencakup antara lain petunjuk belajar, kompetensi yang akan dicapai, isi materi pembelajaran, informasi pendukung, latihan-latihan, petunjuk kerja, evaluasi, respon terhadap hasil evaluasi.²⁰

Berdasarkan teknologi yang digunakan, bahan ajar dapat dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu bahan cetak (*printed*)

²⁰*Ibid*, hal 57

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

seperti antara lain handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, leaflet, *wallchart*, *foto/gambar*, *model/maket*. Bahan ajar dengar (*audio*) seperti kaset, radio, piringan hitam, dan compact disk audio. Bahan ajar pandang dengar (*audio visual*) seperti *video compact disk*, *film*. Bahan ajar multimedia interaktif (*interactive teaching material*) seperti CAI (*Computer Assisted Instruction*), compact disk (CD) multimedia pembelajarn interaktif, dan bahan ajar berbasis web (*web based learning materials*).

3. Tanaman Kakao (*Theobroma cacao L.*)



Gambar II.1 Tumbuhan Kakao (*Theobroma cacao L.*)²¹

Theobroma cacao L. adalah nama biologi yang diberikan pada pohon kakao oleh Linnaeus pada tahun 1753.²² Kakao (*Theobroma cacao, L.*) merupakan satu-satunya spesies diantara 22 jenis dalam genus *Theobroma* yang diusahakan secara komersial. Tanaman ini diperkirakan berasal dari lembah Amazon di Benua Amerika yang mempunyai iklim

²¹Wikipedia. <http://id.wikipedia.org/wiki/kakao>

²²Slamet Riyadi. 2010. *Budi Daya Cokelat*. Jakarta : Niaga Swadaya, hlm 24-25

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tropis.²³

Klasifikasi tanaman kakao secara lengkap adalah sebagai berikut.

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Anak divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Bangsa	: <i>Malvales</i>
Famili	: <i>Sterculiaceae</i>
Genus	: <i>Theobroma</i>
Spesies	: <i>Theobroma cacao, L.</i>

Tanaman kakao terdiri dari 2 (dua) tipe yang dibedakan berdasarkan atas warna bijinya, warna putih termasuk ke dalam grup *Criollo*, sedangkan biji tanaman ungu termasuk grup *Forastero*.²⁴

4. Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*)



Gambar II.2 Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*)

Kulit kakao merupakan bagian mesokarp atau dinding buah kakao yang mencakup kulit terluar sampai daging buah sebelum kumpulan biji. Pod buah kakao merupakan bagian terbesar dari buah kakao. Komponen limbah buah kakao terbesar berasal dari kulit buahnya atau biasa disebut

²³Tim Nasional Pengembangan BNN. 2007. *Bahan Bakar Alternatif dari Tumbuhan Sebagai Pengganti Minyak Bumi dan Gas*. Jakarta : Eka Cipta Foundation, hal. 65-67

²⁴Lisma Shofarina, *Loc. Cit.*,

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dengan kulit kakao. Sama halnya dengan limbah hasil panen dan pengolahan pertanian lainnya, kulit atau cangkang buah kakao belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini, cangkang buah kakao hanya digunakan sebagai pakan ternak setelah melalui tahapan bioproses. Petani kakao belum terpikir untuk memanfaatkan limbah cangkang kakao untuk dijadikan produk lain, seperti bahan baku energi alternatif.²⁵ Kulit kakao merupakan limbah lignoselulosa. Lignoselulosa atau serat kasar terdiri atas tiga penyusun utama, yaitu selulosa (31,25%), hemiselulosa (48,64%), dan lignin (20,11%), yang saling terikat erat membentuk satu kesatuan.²⁶

Komposisi kimia pod atau kulit kakao dapat dilihat pada tabel II.1.

Tabel II.1 Komposisi kimia kulit kakao

No	Komponen	Persen (%)
1	Kadar air	12,96
2	Kadar lemak	1,11
3	Kadar abu	11,10
4	Kadar protein	8,75
5	Kadar karbohidrat	16,27
6	Kadar lignin	20,11
7	Kadar selulosa	31,25
8	Kadar Hemiselululosa	48,64

a. Lignin

Lignin adalah senyawa yang tahan terhadap hidrolisis dan menghambat kerja enzim selulase karena membentuk kompleks dengan selulosa dan hemiselulosa sehingga diharapkan serendah mungkin kandungan lignin pada substrat. Lignin adalah kompleks polimer hidrokarbon dengan komponen senyawa alifatik dan aromatik. Lignin terdiri dari monomer-monomer yang berasal dari beberapa macam cincin

²⁵Kusnadi, Ammi Syulasmii. *Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol Sebagai Energi Alternatif*, laporan Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2009, Universitas Pendidikan Indonesia Bandung

²⁶Pratiwi, *Op. Cit.*, hal. 4

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

11.000 yang dibentuk oleh tiga dimensi polimerisasi.²⁷

Lignin bersifat tidak larut dalam kebanyakan pelarut organik. Lignin yang melindungi selulosa bersifat tahan terhadap hidrolisis yang disebabkan oleh adanya ikatan alkali dan ikatan eter. Lignin terdiri dari 61-65 persen karbon, 5-6,1 persen hidrogen dan sisanya termasuk gugus metoksi dengan panas pembakarannya sebesar 6.280 kal/%.²⁸

b. Hemiselulosa

Hemiselulosa sering diartikan sebagai selulosa dengan bobot molekul rendah. Polisakarida poliosa merupakan istilah untuk membedakan selulosa dengan hemiselulosa. Poliosa adalah polisakarida non selulosa. Hemiselulosa adalah polisakarida yang mempunyai bobot molekul yang lebih kecil dari selulosa dan terdiri dari 2-7 residu gula yang berbeda.

Hemiselulosa mudah disubstitusi dengan berbagai karbohidrat lain atau residu non karbohidrat. Perbedaan selulosa dengan hemiselulosa yaitu hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi rendah (50-200 unit) dan mudah larut dalam alkali, tetapi sukar larut dalam asam, sedangkan selulosa sebaliknya.²⁹

²⁷ Muhammad Riza, *Op. Cit.*, hal. 607

²⁸ Fifi Nurfiiana *Pembuatan Bioetanol dari Biji Durian sebagai. Sumber Energi Alternatif.* Jurusan Teknik Kimia Nuklir Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir Badan teknologi Nuklir Nasional,, ISSN 1978-0176, 2009, hal. 34

²⁹ Gusti Safriana. *Pemanfaatan Kulit Cempedak Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Saccaromyces Cereviseae*, Jurusan Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat. Vol. 4, 2015, hal 23

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

c. Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman dan hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam³⁰ melainkan berkaitan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk lignoselulosa.

Selulosa terdiri atas 15-14.000 unit molekul glukosa Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen dan gaya van der Waals. Panjang molekul selulosa ditentukan oleh jumlah unit glukosa di dalam polimer, disebut dengan derajat polimerisasi. Derajat polimerisasi (DP) selulosa tergantung pada jenis tanaman dan umumnya dalam kisaran 2.000-27.000 unit glukosa.³¹

Selulosa mempunyai bagian yang mudah dihidrolisis disebut bagian amorf dan bagian yang sulit dihidrolisis disebut bagian kristalin. Ikatan-1,4 glukosida β pada serat selulosa dapat dipecah menjadi monomer glukosa dengan cara hidrolisis asam atau enzimatis. Glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa selanjutnya dapat difermentasi menjadi etanol.

5. Glukosa

Glukosa adalah salah satu monosakarida sederhana yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Kata glukosa diambil dari bahasa Yunani yaitu *glukus* yang berarti manis, karena memang nyata bahwa glukosa mempunyai rasa manis. Nama lain dari glukosa antara lain

³⁰Hardjono Sastrohamidjojo. 2005. *Kimia Organik, Stereo Kimia, Karbohidrat, Lemak dan Protein*. Yogyakarta : Gajah Mada University Press. Hal 46

³¹*Ibid.* Hal 47

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dekstrosa, D-glukosa, atau gula buah karena glukosa banyak terdapat pada buah-buahan. Glukosa merupakan suatu aldohexosa yang mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan.³²

Glukosa adalah monosakarida dengan rumus $C_6H_{12}O_6$ atau H-(C=O)-(CHOH)₅-H, dengan lima gugus hidroksi tersusun spesifik pada enam atom karbon. Di alam, glukosa dihasilkan dari reaksi antara karbondioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun. Proses ini disebut fotosintesis dan glukosa yang terbentuk terus digunakan untuk pembentukan amilum atau selulosa.³³ Amilum terbentuk dari glukosa dengan jalan penggabungan molekul-molekul glukosa yang membentuk rantai lurus maupun bercabang dengan melepaskan molekul air.



Penggunaan glukosa dalam kehidupan sehari-hari diantaranya adalah sebagai sumber energi dan sebagai analit dalam tes darah. Terdapat tiga golongan utama karbohidrat yaitu, monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Monosakarida atau gula sederhana, terdiri dari satu unit polihidroksi aldehida atau keton. Monosakarida yang paling banyak di alam adalah D- glukosa 6-karbon.³⁴

³²Ramayanti, *Analisa Potensi Listrik Dengan Variasi Campuran Bahan Bakara Bioetanol Dari Pengolahan Limbah Ampas Tahu*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2016, hal 44-46

³³Agustin Krisna. *Pretreatment Ampas Tebu (Saccharum Oficinarum) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Generasi kedua*, Jurusan Teknologi hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Vol 3, hal. 1430

³⁴Albert L. Lehninger. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1*. Penerbit Erlangga, Jakarta

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang dibuat dari *biomass* yang mengandung komponen monosakarida yang didapat dari pati atau selulosa. Bioetanol dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian. Secara umum bahan baku bioetanol dapat dibagi dalam 3 golongan yaitu:

- a. Bahan yang mengandung turunan gula (sakarid) yaitu molase (tetes tebu), nira kelapa, nira nipah dan lain-lain.³⁵
- b. Bahan yang mengandung pati yaitu ubi dahlia, tapioka, kentang, gamdum, ganyong dan lain-lain; dan
- c. Bahan yang mengandung sellulosa yaitu jerami padi, batang pisang, ampas tebu dan beberapa limbah pertanian lainnya

Bahan lignoselulosa umumnya merupakan limbah hasil pemanenan atau proses pengolahan hasil pertanian yang tertinggal, contohnya kayu, sekam padi, bagas tebu, kulit kakao, jerami, tandan kosong sawit dan lainnya. Limbah lignoselulosa merupakan bahan baku generasi kedua dalam pembuatan bioetanol. Ketersediaan limbah lignoselulosa yang melimpah di Indonesia dan tidak mengganggu keseimbangan ketersediaan bahan pangan, maka memungkinkan dijadikannya sebagai sumber bahan baku ideal untuk memproduksi etanol.³⁶

³⁵Sirin Fairus dkk. *Pemanfaatan Sampah Organik Secara Padu Menjadi Alternatif Energi Biogas dan Precursor Briket*. Bandung : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung. 2011

³⁶Pratiwi. *Op. Cit.*, hal. 2.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Proses pembuatan bioetanol dengan bahan baku yang mengandung lignoselulosa melalui empat proses utama; yaitu perlakuan awal, hidrolisis, fermentasi, dan pemisahan serta pemurniaan produk etanol.³⁷

Berikut ini merupakan tabel sifat fisik dari etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994:

Tabel II.2 Sifat Fisik Etanol

Parameter	Etanol
Rumus Kimia	C ₂ H ₅ OH
Berat Molekul	46
Densitas (gr/mL)	0,7851
Titik Didih (°C)	78,4
Titik Nyala (°C)	13
Titik Beku (°C)	-112,4
Indeks Bias	1,3633
Panas Evaporasi (cal/gr)	204
Viskositas pada 20° (Poise)	0,0122

Sumber: Badan Standarisasi Nasional

7. Hidrolisis

Proses hidrolisis bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan.³⁸ Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Walaupun terdapat berbagai macam metode hidrolisa untuk bahan-bahan lignoselulosa, hidrolisa asam dan hidrolisa enzimatik merupakan dua metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian dan potongan-potongan kayu.

³⁷Kelompok Perhimpunan Mahasiswa Mikrobiologi III Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. 1983. *Perbaikan Permentasi Ciu (Alkohol) Dan Proses Penyulingannya*. Jakarta: PN Balai Pustaka.

³⁸Gusti Safriana. *Op. Cit.*, hal. 24

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H₂O), dengan tujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer-monomer sederhana.³⁹ Satu bagian dari molekul memiliki ion hidrogen (H⁺) dan bagian lain memiliki ion hidroksil (OH⁻). Umumnya hidrolisis ini terjadi saat garam dari asam lemah atau basa lemah (atau keduanya) terlarut di dalam air. Reaksi umumnya yakni sebagai berikut :



Akan tetapi, dalam kondisi normal hanya beberapa reaksi yang dapat terjadi antara air dengan komponen organik. Penambahan asam, basa, atau enzim umumnya dilakukan untuk membuat reaksi hidrolisis dapat terjadi pada kondisi penambahan air tidak memberikan efek hidrolisis. Asam, basa maupun enzim dalam reaksi hidrolisis disebut sebagai katalis, yakni zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi.⁴⁰

8. Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan kimia pada substrat organik, baik karbohidrat, protein, lemak atau lainnya melalui kegiatan katalis biokimia yang dikenal sebagai enzim dan dihasilkan oleh jenis mikroba spesifik. Dalam proses fermentasi, gula akan dikonversi menjadi etanol dan gas karbondioksida. Persamaan reaksi fermentasinya:

³⁹Dwi Setyaningsing. *Loc. Cit.*

⁴⁰Said, Gumbira. 1987. *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*. Jakarta : Melton

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Glukosa Etanol Karbondioksida

Produksi etanol dari substrat gula oleh khamir *Saccaromyces cerevisiae* merupakan proses fermentasi dengan kinetika sangat sederhana karena hanya melibatkan satu fasa pertumbuhan dan produksi. Pada fase tersebut glukosa diubah secara simultan menjadi biomassa, etanol dan CO₂. Parameter yang mengendalikan pertumbuhan dan metabolisme khamir dalam keadaan anaerobik yaitu konsentrasi gula dan etanol. Secara kinetik glukosa berperan ganda, pada konsentrasi rendah (kurang dari 1 g/l) merupakan substrat pembatas, sedangkan pada konsentrasi tinggi (lebih dari 300 g/l) akan menjadi penghambat.⁴¹

Menurut Kunaepah, fermentasi dipengaruhi beberapa faktor yaitu :

a. Substrat

Substrat merupakan bahan baku fermentasi yang mengandung nutrien-nutrien yang mengandung karbon, nitrogen (urea) dan mineral-mineral yang dibutuhkan oleh mikroba untuk tumbuh maupun menghasilkan produk fermentasi, seperti karbohidrat.

b. Suhu

Suhu fermentasi mempengaruhi lama fermentasi karena pertumbuhan mikroba dipengaruhi suhu lingkungan fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kisaran suhu pertumbuhan antara

⁴¹Firdaus. *Penetapan Kadar Alkohol Secara Titrimetri Dari Limbah Organik Sebagai Bahan Baku Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis Asam dan Fermentasi Dengan Bantuan ragi Tape*. Fakultas Tarbiyah dan keguruan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2012, hal. 36-40

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

20-30°C.

c. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*. Menurut Roukas, kisaran pH untuk pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pada pH 3,5-6,5. pH optimum untuk produksi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* yaitu pada pH 4,5.⁴²

d. Jenis mikroba

Khamir merupakan jenis mikroba yang sering digunakan dalam fermentasi alkohol, seperti *Saccharomyces cerevisiae*.⁴³

e. Oksigen

Pada permulaan proses fermentasi, khamir memerlukan oksigen untuk pertumbuhannya. Setelah terjadi akumulasi CO₂, reaksi berubah menjadi anaerob.⁴⁴

9. Ragi

Ragi adalah suatu inokulum atau starter yang digunakan untuk melakukan fermentasi dalam produk tertentu.⁴⁵ Ragi juga merupakan uniseluler yang beberapa jenis spesiesnya umum untuk membuat roti, fermentasi minuman, alkohol, dan bahkan digunakan percobaan sel bahan bakar, memiliki ukuran antara 5-20 mikron, berukuran 5 sampai 10 kali

⁴²Nur Richana. 2011. *Bioetanol, Bahan baku, Teknologi, Bahan Baku, Produksi dan Pengendalian Mutu*. Bandung : Nuansa. Hal. 25

⁴³Muhammad Riza. *Op. Cit.*, hal. 606

⁴⁴Nur Hidayat, dkk. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: ANDI. 2006

⁴⁵Samsuri, M. Gozan. 2009. *Optimalisasi Ragi Roti dan Ragi Tape Serta Waktu Fermentasi Pembuatan Etanol Dari Limbah Nenas (Ananas Comosus)* Pekanbaru : Universitas Abdurab . hal. 8

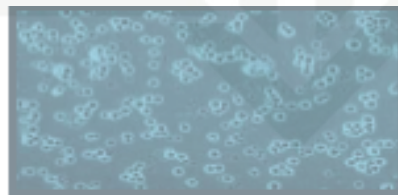
Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

lebih besar dari bakteri. Beberapa jenis ragi membentuk kapsul di sebelah luar seperti bakteri.⁴⁶

Ragi terdiri dari beberapa jenis diantaranya ragi roti (*Saccharomyces* sp) dan ragi tape (*Saccharomyces* sp dan beberapa mikroorganisme lain). Umumnya fermentasi dapat memberikan hasil yang memuaskan bila khamir yang digunakan berasal dari ragi roti (*Saccharomyces* sp).⁴⁷ Pada umumnya, ragi roti berbentuk butiran dan ragi tape berbentuk padatan bulat pipih berwarna putih. Ragi roti dan ragi tape ,mengandung khamir yang sama yaitu, *Saccharomyces cerevisiae*. Bedanya, ragi tape dibuat dengan penambahan bahan-bahan seperti laos, bawang putih, tebu, ubi kayu dan jeruk nipis, sehingga tidak hanya khamir saja yang dapat tumbuh tetapi ada mikroorganisme lain yaitu campuran populasi terhadap spesies-spesies dari genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida* dan *Hansenulla* serta bakteri *Acetobacter*.⁴⁸

10. Bakteri *Saccaromices Cereviceae*



Gambar II.3 Bakteri *Saccaromices Cereviceae*⁴⁹

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroorganisme bersel tunggal yang sangat dikenal masyarakat luas sebagai ragi roti. Ragi roti ini

⁴⁶Sylvia Pratiwi. 2015. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta : Erlangga, hal. 10-14

⁴⁷Dwi Setyaningsih. *Op. Cit.*, hal. 46

⁴⁸Gusti Safriana. *Op. Cit.*, hal 25

⁴⁹Wikipedia. <http://id.wikipedia.org/wiki/Saccaromysces>. Diakses tanggal 16 Januari 2017.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

selain digunakan dalam pembuatan makanan dan minuman ,juga digunakan dalam industri etanol. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir uniseluler yang memiliki sel berbentuk ellipsoid atau silindir dengan ukuran 5-20 mikron, bersifat nonpatogenik dan nontoksik. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan organisme fakultatif anaerob yang dapat menggunakan baik sistem aerob maupun anaerob untuk memperoleh energi dari pemecahan glukosa.

Saccharomyces adalah dari berasal dari bahasa Latin yang berarti gula jamur. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme bersel satu tidak berklorofil, termasuk termasuk kelompok *Eumycetes*. Tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi.⁵⁰ Bakteri *Saccharomyces cerevisiae* banyak digunakan dalam produksi etanol dari berbagai sumber bahan berkarbohidrat.⁵¹

Ragi ini memerlukan bahan makanan dan keadaan lingkungan tertentu untuk pertumbuhannya dan perkembang biakkannya. Unsur-unsur yang diperlukan, seperti : karbon, hidrogen, oksigen, fosfor, kalium, nitrogen, belerang, kalsium, besi, dan magnesium, selain itu juga diperlukan vitamin- vitamin.⁵²

⁵⁰Zahara. *Loc. Cit.*,

⁵¹Dwi Setyaningsing. *Op. Cit.*, hal. 46

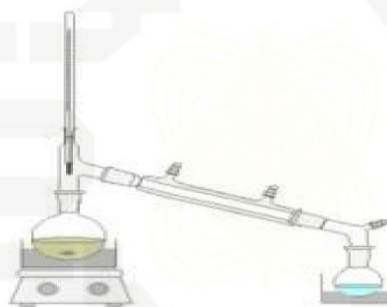
⁵²Gusti Safriana. *Loc. Cit*

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

11. Destilasi

Destilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari beer (sebagian besar adalah air dan etanol). Titik didih etanol murni adalah 78°C sedangkan air adalah 100°C (kondisi standar). Dengan memanaskan larutan pada suhu rentang 78°C - 100°C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol menguap, dan melalui unit kondensasi akan bisa dihasilkan etanol dengan konsentrasi 95% volume.⁵³ Destilasi merupakan proses pemurnian dengan memisahkan dua atau lebih komponen berdasarkan perbedaan titik didih.



Gambar II.4 Rangkaian Alat Destilasi Sederhana⁵⁴

Adapun jenis-jenis dari destilasi adalah:

- a. Destilasi sederhana, prinsipnya memisahkan dua lebih komponen cairan berdasarkan perbedaan titik didih yang jauh berbeda.
- b. Destilasi Fraksionasi (bertingkat), sama prinsipnya dengan destilasi sederhana, hanya destilasi bertingkat ini memiliki rangkaian alat kondensor yang lebih baik, sehingga mampu memisahkan dua komponen yang memiliki perbedaan titik didih yang berdekatan.

⁵³Samsuri,M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya dan M. Nasikin. *Pemanfaatan Selulosa Bagas Untuk Produksi Ethanol Melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase*. Makara Teknologi. Vol 11. No. 1. April. 2007, hal. 3-4

⁵⁴Wikipedia. <http://id.wikipedia.org/wiki/Destilasi>. Diakses tanggal 16 Januari 2017.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- c. Destilasi Azeotrop, memisahkan campuran azeotrop (campuran dua atau lebih komponen yang sulit dipisahkan), biasanya dalam prosesnya digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan azeotrop tersebut, atau dengan menggunakan tekanan tinggi.
- d. Destilasi kering memanaskan material padat untuk mendapatkan fase uap dan cairannya.
- e. Destilasi vakum: memisahkan dua komponen yang titik didihnya sangat tinggi, metode yang digunakan adalah dengan menurunkan tekanan permukaan lebih rendah dari 1 atm.⁵⁵

12. Alkoholmeter



Gambar II.5 Alkoholmeter⁵⁶

Analisis kadar etanol dapat dilakukan menggunakan alat Alkoholmeter.⁵⁷ Alkohol meter ini biasanya digunakan untuk mengukur kandungan alkohol dalam minuman yang mengandung alkohol. Prinsip kerja dari alkoholmeter yaitu berdasarkan berat jenis campuran antara alkohol dengan air. Dibagian atas alkoholmeter tersebut dilengkapi dengan skala yang menunjukkan kadar alkohol. Prinsip kerjanya berdasarkan pada berat jenis campuran antara alkohol dengan air, dengan memasukkan

⁵⁵Hardjono. *Loc. Cit.*,

⁵⁶Wikipedia. <http://id.wikipedia.org/wiki/Alkoholmeter>. Diakses tanggal 16 Januari 2017.

⁵⁷Lisma Shofarina. *Op. Cit.*, hal. 14

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

batang alkohol meter kedalam gelas ukur. Alkohol meter akan tenggelam dan batas airnya akan menunjukkan berapa kandungan alkohol dalam larutan tersebut. Pengukuran kadar etanol ini dilakukan sesudah proses destilasi lalu ditentukan berapa kadar alkohol dari produk fermentasi dalam satuan persen volume (%abv)⁵⁸

13. Vinometer



Gambar II.6 Vinometer⁵⁹

Vinometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar etanol. Kadar etanol dari proses fermentasi glukosa dapat dengan langsung ditentukan kadarnya, tanpa terlebih dahulu dilakukan pemurnian dengan cara destilasi. Alat ini berbentuk seperti corong minyak. Cara kerjanya adalah dengan memasukkan produk fermentasi kedalam vinometer hingga penuh, diamkan beberapa saat sehingga berada dalam keadaan steady, kemudian vinometer yang sudah terisi penuh dengan produk fermentasi tersebut dibalik, sehingga akan terjadi proses penurunan cairan, tunggu sesaat hingga penurunan cairan berhenti dan dari angka yang tertera pada skala vinometer dapat ditentukan kadar alkohol dari produk fermentasi

⁵⁸Zahara. *Op. Cit.*, hal. 31

⁵⁹Wikipedia. <http://id.wikipedia.org/wiki/Vinometer>. Diakses tanggal 16 Januari 2017.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tersebut dalam satuan persen volume (% abv).⁶⁰

B. Penelitian Relevan

Adapun Penelitian yang menjadi acuan dalam penelitian ini adalah :

1. Dalam penelitian Pratiwi dkk menunjukkan bahwa dengan kondisi optimal berat sampel sebesar 25 % dalam waktu hidrolisis satu hari dan waktu fermentasi 6 hari menghasilkan kadar bioetanol sebesar 10,90%.⁶¹
2. Dalam penelitian Lisma Shofarina dkk menunjukkan bahwa sampel Limbah Pulp Kakao (*Theobroma cacao L.*) yang mengandung 13% glukosa mampu menghasilkan etanol murni sebesar 13% setelah melalui metode hidrolisis, fermentasi dan destilasi.⁶²
3. Dalam penelitian Agustin Krisna menunjukkan bahwa sampel limbah ampas tebu yang dimanfaatkan sebagai bioetanol mengandung 17% glukosa melalui berbagai macam *pretreatment* biologi dan kimia, mampu menghasilkan etanol sebesar 32% setelah melalui 45 menit hidrolisis.⁶³
4. Dalam penelitian Abdulkareem A. Saka dkk (2015) menunjukkan bahwa limbah ampas tebu mampu menghasilkan 14,5% etanol dengan kondisi optimum suhu sebesar 35°C, waktu 6 jam, konsentrasi asam sebesar 2 N dan massa dari sampel ampas tebu adalah sebesar 30 %.⁶⁴

⁶⁰Dwi Setyaningsing. 2012. *loc. Cit.*,

⁶¹Pratiwi. *Op. Cit.*, hal. 1

⁶²Lisma Shofarina. *Op. Cit.*, hal. 1

⁶³Agustin Krisna. *Op. Cit.*, hal. 1

⁶⁴Abdulkareem. *Production and Characterization of Bioethanol from Sugarcane bagasse as Alternative Energy Sources*, Proceedings of the World Congress on Engineering Vol. 2, 2015, hal 48

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Dalam penelitian Yuningsih dkk (2004) menunjukkan bahwa proses dan hasil penelitian uji patogenitas spora jamur *M. Anisopliae* terhadap mortalitas larva *O. Rhinoceros* berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan ajar berupa Lembar Kerja Siswa pada Materi Biologi SMA.⁶⁵



⁶⁵Yuningsih. 2004. *Uji Patogenitas Spora jamur Metarhizium Anisopliae Terhadap Mortalitas Larva Oryctes Rhinoceros Sebagai Bahan Ajar Biologi SMA Kelas X*. Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Ahmad Dahlan, vol. 1, hal. 53-59