

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Penelitian yang Relevan/Sebelumnya

Penelitian sebelumnya yang relevan yang digunakan oleh peneliti pada penelitian pemanfaatan limbah selulosa dalam kulit durian (*Durio zibethinus*) sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Prof. Dr. L. Broto. S. Kardono “Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline” berdasarkan penelitian tersebut Pada tahun pertama (2009) telah dilakukan proses hidrolisis selulosa dari batang pisang secara kimia pada konsentrasi katalis asam 0,25 sampai dengan 1,5 M dan temperatur 75°C sampai dengan 100°C. Pada kegiatan tahun kedua (2010), telah dilakukan optimasi atau pengembangan proses hidrolisa asam dan proses fermentasi gula menjadi etanol dari hidrolisa batang pisang dengan menggunakan ragi/mikroba yang toleran terhadap etanol dan bersifat ramah lingkungan. Penelitian ini mendapat kadar gula pereduksi hasil dari proses hidrolisa asam adalah 35,9 mg/ml dengan kondisi perbandingan substrat-konsentrasi H₂SO₄ 2M 1 :25 pada temperatur 100 °C dan lamanya waktu 4 jam. Sedangkan dari hasil proses fermentasi didapat kadar etanol broth adalah 0,45% pada kondisi pH 4,5-5,5 dengan konsentrasi media NPK 3 % Urea 1,5% dan

konsentrasi mikroba *Saccharomyces cerevisiae* 5%.¹ Dari penelitian yang dilakukan oleh Prof. Dr. L. Broto. S. Kardono tersebut memiliki persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan peneliti lakukan. Persamaan penelitian yang dilakukan peneliti dengan penelitian yang dilakukan oleh Prof. Dr. L. Broto. S. Kardono yaitu penelitian tersebut menggunakan selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n. Perbedaannya adalah peneliti memanfaatkan limbah kulit durian (*Durio zibethinus*) sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*” sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Prof. Dr. L. Broto. S. Kardono adalah pemanfaatan limbah batang pisang.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Rossi Prabowo berjudul “Pemanfaatan Limbah Kulit Durian Sebagai Produk Briket di Wilayah Kecamatan Gunung Pati Kabupaten Semarang” berdasarkan penelitian tersebut kulit durian secara proporsional mengandung unsur selulose yang tinggi (50-60 %), kandungan lignin (5 %) dan kandungan pati yang rendah (5 %) serta nilai kalor kulit durian yang diperoleh menunjukkan angka sebesar 3786,95 kal/gram dengan kadar abu rendah sebesar 4 persen. Jika dibandingkan dengan nilai kalor arang dari kayu alaban sebesar 5422,74 kal/gram maka nilai ini tidak terlalu jauh berbeda. sehingga dapat diindikasikan bahan tersebut bisa digunakan sebagai briket kulit durian. Hasil penelitian tersebut adalah 1 kg briket kulit durian sama dengan 1 kg briket briket batu bara (dengan kandungan kalori 11.009 kilo kalori,

¹ L. Broto. S. Kardono, *Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline*, Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPK), 2010, h. iii.

setara dengan 1,15 liter minyak tanah).² Penelitian yang dilakukan Rossi Prabowo tersebut memiliki persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang peneliti lakukan. Persamaan penelitian yang dilakukan peneliti dengan penelitian yang dilakukan Rossi Prabowo yaitu penelitian tersebut menggunakan limbah kulit durian (*Durio zibethinus*). Perbedaannya adalah peneliti memanfaatkan limbah kulit durian (*Durio zibethinus*) sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi *Saccharomyces cerevisiae*” sedangkan penelitian yang dilakukan Rossi Prabowo adalah pemanfaatan limbah kulit durian sebagai produk briket di wilayah Kecamatan Gunung Pati Kabupaten Semarang.

B. Kajian Teori

1. Durian (*Durio zibethinus*)

Sistematika (taksonomi) tumbuhan pada tanaman durian diklasifikasikan sebagai berikut:³

Kingdom : Plantea (tumbuh-tumbuhan)

Divisi : Spermatophyta (tumbuhan berbi)

Sub-divisi : Angiospermae (berbiji tertutup)

Kelas : Dicotyledone (biji berkeping dua)

² Prabowo Rossi, *Pemanfaatan Limbah Kulit Durian Sebagai Produk Briket di Wilayah Kecamatan Gunung Pati Kabupaten Semarang*, Fakultas Pertanian Universitas Wahit Hasyim Semarang, 2009 Vol 5, No 1, h. 54-55.

³ Rukmana Rahmad, *Durian Bududaya dan Pascapane*, Yogyakarta : Kanisius, 1996, h. 16.

Ordo : Bombacales
Famili : Bombacaceae
Genus : Durio
Spesies : *Durio zibethinus* Murr.

Tanaman durian (*Durio zibethinus*) di habitat alami tumbuh hingga tahunan. Pohonnya berkayu dapat mencapai ketinggian 50 meter, bercabang banyak dan bertajuk. Tanaman durian (*Durio zibethinus*) memiliki daun berbentuk bulat memanjang (*Onlongus*) dengan bagian ujung runcing, tata letaknya bergantian dan tumbuh secara tunggal. Struktur helai daunnya agak tebal, permukaan daun sebelah atas berwarna hijau mengkilap, sedangkan permukaan bawahnya berwarna kecoklat-coklatan. Sistem percabangan durian tumbuh mendatar atau tegak membentuk 30°-45° tergantung pada jenis atau varietasnya. Bungan tanaman durian (*Durio zibethinus*) terletak di cabang bagian bawah ataupun sebelah atas. Bunga durian (*Durio zibethinus*) mirip dengan mangkok yang tersusun dalam tangkai agak panjang berbentuk dompolan. Tiap jenjang durian berbunga amat banyak mencapai 100 jenjang atau sekitar 100.000 kuntum bunga. Bunga durian termasuk berkelamin sempurna (*hermaphrodite*), artinya dalam satu bunga terdapat jantan dan betina. Tiap kuntum bunga bermahkota lima helai yang masing-masing terlepas satu sama lain, memiliki benang sari antara 5-12 helai, namun ada pula yang 3 helai. Penyerbukan durian pada umumnya bersifat menyilang kecuali varietas Otong (Monthong) dan Chanee

(Kani) dapat menyerbuk sendiri. Mekarnya bunga tidak bersamaan atau tidak serempak hingga proses penyerbukan silang memerlukan bantuan serangga atau kelelawar. Hasil penyerbukan terbentuk bakal buah, namun tidak semua bakal buah tumbuh mulus membesar menjadi buah. Tiap pohon durian dapat menghasilkan buah antara 80-100 butir, bahkan hingga 200 buah. Biji durian berbentuk bulat telur, berkeping dua, berwarna putih kekuning-kuningan atau coklat-muda.⁴

Tabel 2.1. Kandungan Gizi Dalam Tiap 100 Gram Buah Durian (*Durio zibethinus*) Segar.⁵

No	Kandungan gizi	Banyaknya
1	Kalori	134,0 kal.
2	Protein	2,5 gr.
3	Lemak	3,0 gr.
4	Karbohidrat	28,0 gr.
5	Kalsium	7,4 mgr.
6	Fosfor	44,0 mgr.
7	Zat Besi (fe)	1,3 mgr.
8	Vitamin A	175,0 S.I
9	Vitamin B1	0,1 mgr.
10	Vitamin C	53,0 mgr.
11	Air	65,0 gr.
12	Bagian dapat dimakan (B.d.d)	22,0 %

Sumber: Direktorat Gizi Depkes R.I (1981)

⁴ Rukmana Rahmad. 1996. *Durian Budidaya dan Pascapanen*. Kanisius, Yogyakarta. Hal: 16-20.

⁵ *Ibid.* H. 15.

Tabel 2.2. Kandungan Kulit Buah Durian (*Durio zibethinus*)

Kulit Secara Proporsional.⁶

No	Kandungan Kuli	Banyaknya
1	Selulosa	50-60 %
2	Lignin	5 %
3	Pati	5 %

Table 2.3. Kandungan Nutrisi Biji Durian (*Durio zibethinus*)⁷

No	Zat	Per 100 gram biji segar (mentah) tanpa kulit	Per 100 gran biji telah dimask tanpa kulitnya
1	Kadar air	51,5 g	51,1 g
2	Lemak	0,4 g	0,2-0,23 g
3	Protein	2,6 g	1,5 g
4	Karbohidrat	43,6 g	43,2 g
5	Serat Kasar		0,7-0,71 g
6	Nitrogen		0,297 g
7	Abu	1,9 g	1,0 g
8	Kalsium	17 mg	3,9-88,8 mg
9	Pospor	68 mg	86,65-87 mg
10	Besi	1,0 mg	0,6-0,64 mg
11	Natrium	3 mg	
12	Kalium	962 mg	
13	Beta Karotin	250µg	
14	Riboflavin	0,05 mg	0,05-0,052 mg
15	Thiamin		0,03-0,032 mg
16	Niacin	0,9 mg	089-0,9 mg

⁶ Rohliansah Pahmi, *Mengenal Buah-Buahan Kalimantan*, Adi Cita, ISBN 979-9246-71-7, 2001, h. 6.

⁷ Nurfiana Fifi dkk, *Pembuatan Bioethanol Dari Biji Durian Sebagai Sumber Energy Alternative*, Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, STTN-BATAN, ISSN 1978-0176, 2009, h. 871.

Tanaman durian (*Durio zibethinus*) di habitat aslinya tumbuh di hutan belantara yang beriklim panas (tropis). Pengembangan budidaya tanaman durian (*Durio zibethinus*) yang paling baik adalah⁸ :

- a. Di daerah dataran rendah sampai ketinggian 800 meter di atas permukaan laut (dpl).
- b. Keadaan iklim basah, suhu udara antara 25⁰C-32⁰C, kelembaban udara (rH) sekitar 50%-80%, dan intensitas cahaya matahari 45%-50%.

Curah hujan yang ideal untuk pertumbuhan dan pembungaan atau pembuahan tanaman durian adalah 1.500-2.500 mm/tahun atau lebih dari 100 mm/bulan, dan merata sepanjang tahun. Menurut Schmidt dan Ferguson, tanaman durian (*Durio zibethinus*) cocok pada daerah 9-12 bulan basah dengan 0-2 bulan kering.⁹

Daerah yang curah hujannya tinggi atau hujan lebat, terutama pada periode pembangunan, sering menyebabkan gugur bunga ataupun buah. Sebaliknya, daerah yang musim keringnya lebih dari 3 bulan, selain menyebabkan gugurnya bunga dan buah, musim bunganya juga akan terlambat terutama bila musim kemarau panjang. Oleh karena itu, penanaman durian di daerah-daerah yang bulan keringnya lebih dari 3 bulan, perlu sistem pengairan (penyiraman) secara teratur untuk menjaga agar tanah tetap lembab. Pada masa pembungaan dan pembuahan,

36. ⁸ Rukmana Rahmad, *Durian Budidaya dan Pascapanen*, Yogyakarta : Kanisius, 1996, h.

⁹ *Ibid*, h. 36.

tanaman durian (*Durio zibethinus*) membutuhkan musim kering selama 3 bulan.¹⁰

Jenis tanah yang cocok untuk ditanami durian (*Durio zibethinus*) adalah Latosol, Podsolik Merah-kuning, dan Andosol. Tanah Latosol dicirikan antara lain solum tanahnya tebal antara 1,3-0,5 meter, berwarna merah atau coklat sampai kekuning-kuningan, teksturnya liat, dan pH antara 4,5-6,5. Tanah Podsolik Merah Kuning (PMK) yang disebut juga tubuh tanah paling luas di Indonesia. Jenis tanah ini berwarna merah hingga kuning, teksturnya lempung berpasir sampai lempung berliat, gembur, kandungan hara rendah, dan pH tanah antara 3,5-5,0. Tanah Andosol dicirikan solumnya tebal antara 1-2 meter, berwarna hitam, kelabu sampai coklat tua, teksturnya debu, lempung berdebu sampai lempung, gembur, dan pH 5,0-7,0. Tipe tanah yang paling ideal untuk tanaman durian (*Durio zibethinus*) adalah lempung berpasir. Hal yang penting diperhatikan dalam pemilihan lahan atau tanah untuk durian (*Durio zibethinus*) adalah sebagai berikut¹¹:

- Tanah subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, lapisan solum cukup dalam (lebih dari 150 cm), aerasi dan drainesanya baik, serta pH 5,5-6,5.

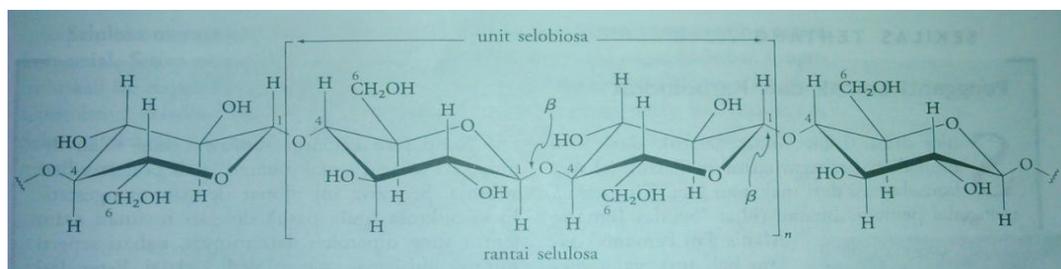
2. Selulosa

Selulosa adalah salah satu polimer yang tidak bercabang dari glukosa yang dihubungkan melalui ikatan 1-4 glikosida dan merupakan

¹⁰ *Ibid*, h. 36.

¹¹ *Ibid*, h. 37.

penyusun utama dinding sel tanaman yang terbentuk serat dan berwarna putih dengan dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana n adalah derajat polimerisasi.¹² Pemeriksaan selulosa dengan sinar X menunjukkan bahwa selulosa terdiri atas rantai linear dari unit selobiosa, yang oksigen cincinnya berselang seling dengan posisi “ke depan” dan “ke belakang” (Gambar 2.1). Molekul linear ini, yang mengandung rata-rata 5000 unit glukosa, beragregasi menghasilkan fibril yang terikat bersama oleh ikatan hidrogen di antara hidroksil-hidroksil pada rantai yang bersebelahan. Serat selulosa yang memiliki kekuatan fisis tinggi ini dibangun dari fibril-fibril tersebut, melilit seperti spiral dengan arah berlawanan pada sumbu pusatnya. Kayu, kapas, serat batang pisang, linen, jerami, dan tongkol jagung terutama terdiri dari selulosa.¹³



Gambar 2.1 Struktur persial dari molekul selulosa yang menunjukkan tautan β dari setia unit glukosa

Walaupun manusia dan hewan lain dapat mencerna pati dan glikogen, mereka tidak dapat mencerna selulosa. Ini merupakan contoh yang baik mengenai spesifikasi reaksi biokimiawi. Satu-satunya

¹²Putra Sofyan, *Panduan Membuat Sendiri Bensin & Solar*, Yogyakarta : Pustaka Baru Perss, 2012, h. 129.

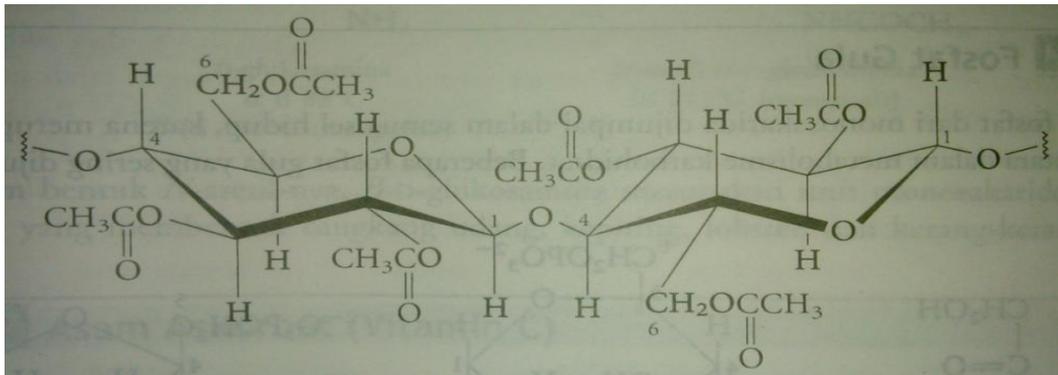
¹³ Harold hard dkk, *Kimia Oganik Suatu Kuliah Singkat*, Jakarta: Erlangga, 2003, h. 509.

perbedaan kimia antara pati dan selulosa ialah stereokimia tautan glukosidik, tepatnya, stereokimia pada C-1 dari setiap unit glukosa. Setiap pencernaan manusia mengandung enzim yang dapat mengkatalis hidrolisis ikatan α -glukosidik, tetapi tidak mengandung enzim yang diperlukan untuk menghidrolisis ikatan β -glukosidik. Namun, banyak bakteri yang mengandung β -glukosidase dan dapat menghidrolisis selulosa. Contohnya rayap mempunyai bakteri seperti ini dalam ususnya dan hidup pada kayu (selulosa) sebagai makan utamanya. Ruminansia (hewan pemamah biak) dapat mencerna rumput dan bentuk selulosa lain karena adanya mikroorganisme yang diperlukan di dalam rumenya.¹⁴

Selulosa merupakan bahan dasar untuk beberapa turunan yang penting secara komersial. Setiap unit glukosa dalam selulosa mengandung tiga gugus hidroksil. Gugus hidroksil ini dapat dimodifikasi dengan reagen yang biasa bereaksi dengan alkohol. Contohnya selulosa bereaksi dengan anhidrida asetat akan menghasilkan selulosa asetat. Selulosa dengan sekitar 97% dari gugus hidroksilnya terasetilasi digunakan untuk membuat rayon asetat.¹⁵

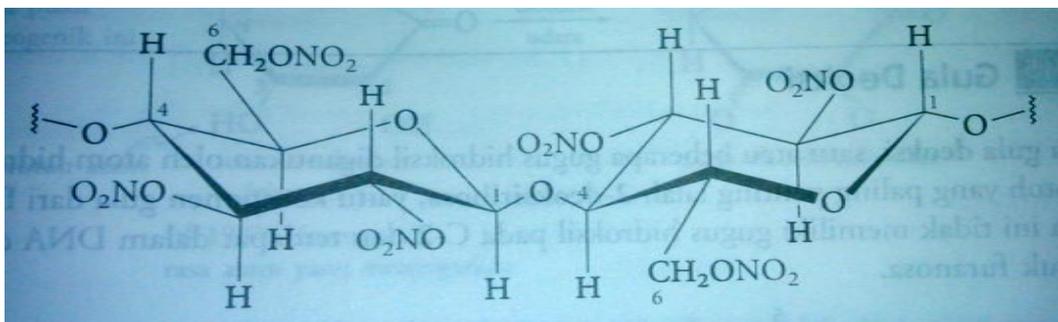
¹⁴ *Ibid*, h. 509.

¹⁵ *Ibid*, h. 511



Gambar 2.2 segmen dari molekul selulosa asetat

Selulosa nitrat merupakan turunan selulosa lain yang juga berguna. Seperti halnya gliserol, selulosa dapat dikonversi dengan asam nitrat menjadi ester nitrat. Banyaknya gugus hidroksil yang dinitrasi perunit glukosa menentukan sifat produknya. Bubuk mesiu (guncotton), ialah selulosa dengan gugus nitro yang sangat tinggi, merupakan bahan peledak efisien dalam serbuk mesiu yang tidak berasap.¹⁶



Gambar 2.3 segmen dari molekul selulosa nitrat.

3. Bioetanol

a. Pengertian Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu jenis biofuel (bahan bakar cair dari pengolahan tumbuhan) di samping Biodiesel. Bioetanol

¹⁶ *Ibid*, h. 511

adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses distilasi.¹⁷ Campuran dari bioethanol yang mendekati kemurnian untuk pertama kali ditemukan oleh Kimiawan Muslim yang mengembangkan proses destilasi pada masa Kalifah Abbasid dengan penelitian yang terkenal waktu itu adalah Jabir ibn Hayyan (Geber), Al-Kindi (Alkindus) dan al-Razi (Rhazes). Catatan yang disusun oleh Jabir ibn Hayyan (721-815) menyebutkan bahwa uap air dari wine yang mendidih mudah terbakar. Sedangkan bioetanol absolute didapatkan pada tahun 1796 oleh John Tobias Lowitz, dengan menggunakan destilasi saringan arang.¹⁸ Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut fuel grade ethanol (FGE). Proses pemurnian dengan prinsip dehidrasi umumnya dilakukan dengan metode Molecular Sieve, untuk memisahkan air dari senyawa etanol. Bahan baku bioetanol yang dapat digunakan antara lain ubi kayu, tebu, sagu, jagung dan lain-lain.¹⁹

¹⁷ Nugroho Triadi, *Peluang Besar Usaha Membuat Bensin & Solar dari Bahan Nabati*, Yogyakarta : Pustaka Mahardika, h. 25.

¹⁸ Sofyan Putra, *Panduan Membuat Bensin & Solar*, Yogyakarta : Pustaka Baru Press, 2012, h. 72.

¹⁹ Nugroho Triadi, *Peluang Besar Usaha Membuat Bensin & Solar dari Bahan Nabati*. Yogyakarta : Pustaka Mahardika, h. 25-26.

Alkohol merupakan bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubu kayu, ubi jalar, jagung, jagung dan lain-lain biasanya disebut dengan bioethanol.²⁰

Secara umum etanol/bioetanol dapat digunakan sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan industri farmasi, campuran bahan bakar untuk kendaraan. Mengingat pemanfaatan etanol/bioetanol beraneka ragam, sehingga grade ethanol yang dimanfaatkan harus sesuai dengan penggunaannya. Etanol/bioetanol yang mempunyai grade 90-96,5% vol dapat digunakan pada industri, sedangkan etanol/bioetanol yang mempunyai grade 96%-99,5% vol dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Berlainan dengan besarnya grade ethanol/bioetanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga ethanol/bioethanol harus mempunyai grade 99,5-100%. Perbedaan besarnya grade akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air.²¹

Bioetanol sering ditulis dengan rumus EtOH. Rumus mekul ethanol adalah C_2H_5OH atau rumus empirisnya C_2H_6O atau rumus bangunnya CH_3-CH_2-OH . Bioetanol merupakan bagian dari kelompok metil (CH_3-) yang terangkai pada kelompok metilen (-

²⁰ *Ibid*, h. 27

²¹ *Ibid*, 27-28.

OH). Secara umum akronium dari bioethanol adalah EtOH (Ethyl-(OH)).²²

Bioetanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Bahan ini dapat memabukkan jika diminum. Karena sifatnya yang tidak beracun bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi dan industri makanan dan minuman.²³

Proses produksi bioetanol dibagi menjadi beberapa macam menurut bahan dasarnya sebagai berikut:²⁴

1). Bahan dasar gula

Glukosa merupakan karbohidrat sederhana yang pertama kali dapat dimurnikan dan mempunyai rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Karbohidrat sering kali dianggap berasal dari kata karbon yang terhidrat $C_6(H_2O)_6$. Saat ini, terminasi karbohidrat yang dipakai adalah senyawa polihidroksi aldehida atau keton dan biasa dikenal dengan nama gula (*sugar*).²⁵

Produksi bioetanol dengan bahan dasar gula dilakukan dengan proses fermentasi, pada proses fermentasi melibatkan pemakaian mikroorganisme untuk menguraikan gula menjadi bioetanol.²⁶

²² Sofyan Putra, *Panduan Membuat Bensin & Solar*, Yogyakarta : Pustaka Baru Press, 2012, h. 74.

²³ *Ibid.*

²⁴ *Ibid*, h. 90-91.

²⁵ Riswiyanto, 2009, *Kimia Organik*, Jakarta : Erlangga, 2009, h. 383.

²⁶ Sofyan Putra, *Panduan Membuat Bensin & Solar*, Yogyakarta : Pustaka Baru Press, 2012, h. 90.

2). Bahan dasar pati

Produksi bioetanol dengan bahan dasar pati dilakukan dengan 2 (dua) tahapan proses hidrolisa dan fermentasi. Pada proses hidrolisa bertujuan untuk merubah pati menjadi gula. Proses hidrolisa dapat dilakukan secara kimia dan biologi dengan mempergunakan (enzim). Setelah terbentuk gula selanjutnya dilakukan proses fermentasi untuk merubah gula menjadi bioetanol dengan melibatkan pemakaian mikroorganisme untuk menguraikan gula menjadi bioethanol.²⁷

3). Bahan dasar selulosa (C₆H₁₀O₅)_n

Produksi bioetanol dengan bahan dasar selulosa (C₆H₁₀O₅)_n dilakukan dengan 2 (dua) tahapan proses yaitu proses hidrolisa dan fermentasi. Pada proses hidrolisa bertujuan untuk merubah selulosa menjadi gula. Proses hidrolisa dapat dilakukan secara kimia dan biologi dengan menggunakan enzim. Setelah terbentuk gula, selanjutnya dilakukan proses fermentasi untuk merubah gula menjadi bioethanol dengan melibatkan pemakaian mikroorganisme (enzim) untuk menguraikan gula menjadi bioetanol.²⁸

b. Fermentasi

Proses fermentasi sering didefinisikan sebagai proses pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerobik, yaitu

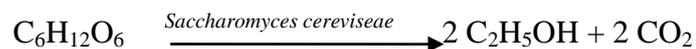
²⁷ *Ibid.*

²⁸ *Ibid*, h. 90.

tanpa memerlukan oksigen. Senyawa yang dapat dipecah dalam proses fermentasi terutama adalah karbohidrat, sedangkan asam amino hanya dapat difermentasikan oleh beberapa jenis bakteri tertentu.²⁹

Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan-bahan karbohidrat yang tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas karbondioksida. Suatu fermentasi yang busuk merupakan fermentasi yang mengalami kontaminasi.

Fermentasi pembentukan alkohol dari gula dilakukan oleh mikroba. Mikroba yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Perubahan yang terjadi biasanya dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:



Gula sederhana + ragi (yeast) \longrightarrow alkohol + karbondioksida

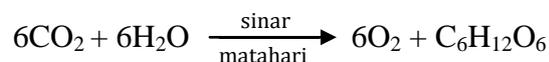
Yeast tersebut dapat berbentuk bahan murni pada media agar-agar atau dalam bentuk yeast yang diawetkan (*dried yeast*) Misalnya ragi roti dengan dasar pertimbangan teknik dan ekonomis, maka biasanya sebelum digunakan untuk meragikan gula menjadi alkohol, yeast terlebih dahulu disebut starter.³⁰

²⁹ Fardiaz Srikandi, *Mikrobiologi Pangan*, Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 1992, h. 57.

³⁰ Sofyan Putra, *Panduan Membuat Bensin & Solar*, Yogyakarta : Pustaka Baru Press, 2012, h. 132-133.

1). Fermentasi Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang paling banyak terdapat di alam sedangkan pati merupakan cadangan karbohidrat bagi tanaman.³¹ Hampir seluruh tanaman dan hewan mensintesis dan memetabolisme karbohidrat. Karbohidrat disintesis dalam tanaman selama fotosintesis. Melalui proses yang kompleks, sinar matahari mengubah CO₂ dari udara dan H₂O dari dalam tanah (dengan tekanan osmosis diangkut ke hijau daun-klorofil) menjadi glukosa proses ini dinyatakan dalam reaksi seperti di bawah ini.³²



Karbohidrat merupakan substrat utama yang dipecah dalam proses fermentasi. Polisakarida terlebih dahulu akan dipecah menjadi gula sederhana sebelum difermentasi, misalnya hidrolisis pati menjadi unit-unit glukosa. Glukosa kemudian akan dipecah menjadi senyawa-senyawa lain tergantung dari jenis fermentasinya.³³

Pada bakteri paling sedikit terdapat tujuh proses fermentasi yang berbeda terhadap glukosa. Masing-masing

³¹ Riswiyanto, *Kimia Organik*, Jakarta : Erlangga, 2009, h. 383.

³² *Ibid*, h. 365.

³³ Fardiaz Srikandi, *Mikrobiologi Pangan 1*, Gramedia Pustaka Utama : Jakarta, 1992, h.

proses menghasilkan produk-produk yang berbeda, dan masing-masing spesifik terjadi pada grup bakteri tertentu.³⁴

Fermentasi glukosa pada prinsipnya terdiri dari dua tahap, yaitu:

- a). Pemecahan rantai karbon dari glukosa dan pelepasan paling sedikit dua pasang atom hidrogen, menghasilkan senyawa karbon lain teroksidasi daripada glukosa.
- b). senyawa yang teroksidasi tersebut direduksi kembali oleh atom hidrogen yang dilepaskan dalam tahap pertama, membentuk senyawa-senyawa lain sebagai hasil fermentasi. Reaksi oksidasi tidak dapat berlangsung tanpa reaksi reduksi yang seimbang. Atom hidrogen yang dilepaskan dalam tahap pertama fermentasi selalu seimbang dengan jumlah yang digunakan dalam tahap kedua.³⁵

Tahap pertama fermentasi glukosa selalu terbentuk asam piruvat. Pada jasad renik dikenal paling sedikit empat jalur pemecahan glukosa menjadi asam piruvat, yaitu:³⁶

- (1) Jalur Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP) atau glikolisis, (Gambar 2.4) ditemukan pada fungi dan kebanyakan bakteri, serta pada hewan dan manusia.
- (2) Jalur Entner-Doudoroff (ED), (Gambar 2.4) hanya ditemukan pada beberapa bakteri.

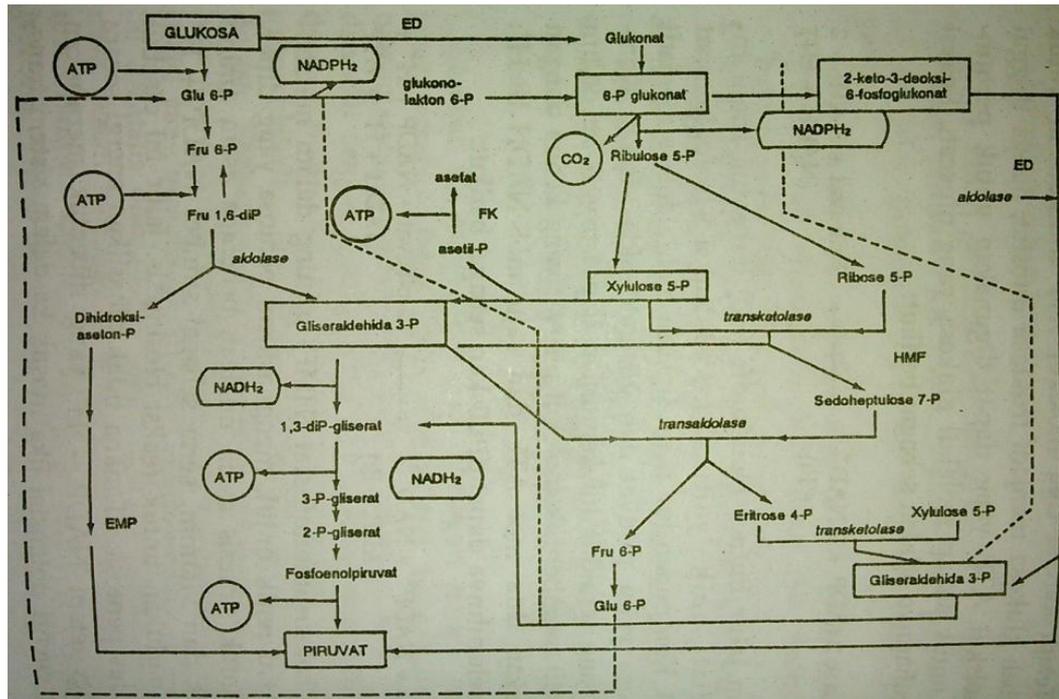
³⁴ *Ibid.*

³⁵ *Ibid*, h. 57-58.

³⁶ *Ibid*, h. 58.

(3) Jalur Heksosamonofasfat (HMF) (Gambar 2.4), ditemukan pada berbagai organism.

(4) Jalur Fosfoketolase (FK) (Gambar 2.4), hanya ditemukan pada bakteri yang tergolong laktobasili heterofermatif.



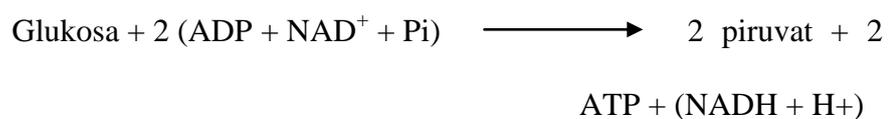
Gambar 2.4 Hubungan antara jalur EMP (Embden-Meyerhoff-parnas), jalu ED (Entner-Doudoroff), jalur HMF (heksosamonofasfat) dan jalur FK (fosfoketolase) (Doelle, 1981).³⁷

Gambar 2.4 memperlihatkan hubungan antara keempat jalur tersebut. Jalur EMP terdiri dari beberapa tahap, masing-masing dikatalis oleh enzim tertentu. Jalur tersebut ditandai dengan pembentukan fruktosa difosfat, dilanjutkan dengan pemecahan fruktosa difosfat menjadi dua molekul gliseraldehida fosfat. Reaksi ini dikatalis oleh enzim aldolase. Kemudian

³⁷ *Ibid*, h.60.

terjadi reaksi dehidrogenasi gliseraldehida fosfat (fosfogliseraldehida) yang merupakan reaksi oksidasi yang menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Reaksi ini dikatalis oleh enzim gliseraldehida fosfat dehidrogenase. Atom hydrogen yang terlepas akan ditangkap oleh nikotinamida-adenin-dinukleotida (NAD), membentuk NADH₂. Proses fermentasi dapat berlangsung terus jika NADH₂ dapat dioksidasi kembali pada tahap kedua fermentasi, sehingga melepaskan atom hydrogen kembali. Jadi, NAD berfungsi sebagai pembawa hydrogen dalam proses fermentasi.³⁸

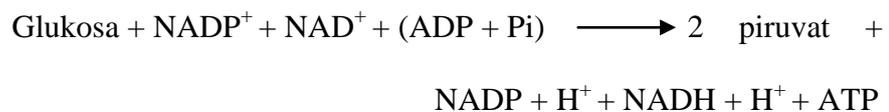
Energi yang dilepaskan selama oksidasi gliseraldehida fosfat cukup untuk membentuk dua molekul ATP. Karena satu molekul glukosa menghasilkan dua molekul gliseraldehida fosfat, maka seluruhnya dibentuk empat molekul ATP. Tetapi karena dua molekul ATP dibutuhkan untuk mengubah glukosa menjadi fruktosa difosfat, hanya tinggal dua molekul ATP yang dapat digunakan untuk pertumbuhan untuk setiap molekul glukosa yang dipecah. Reaksi keseluruhannya adalah sebagai berikut.³⁹



³⁸ *Ibid*, h.59.

³⁹ *Ibid*.

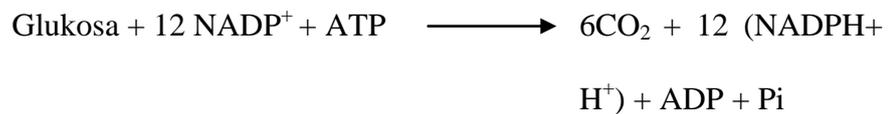
Jalur Entner Doudroff (ED) terbentuk suatu intermediate unik yaitu 2-keto-3-deoksi-6-fosfoglukonat(KDFG). Komponen ini akan dipecah oleh aldolase menjadi dua tirosa yaitu piruvat dan gliseraldehida-3-fosfat. Komponen yang terakhir ini kemudian dapat masuk ke dalam jalur EMP membentuk molekul piruvat yang kedua dengan melepaskan dua mol ATP dan satu $\text{NADH} + \text{H}^+$. reaksi seluruhnya dapat dituliskan sebagai berikut:⁴⁰



Jalur heksosamonofosfat (HMF) penting dalam metabolisme jasad renik untuk menghasilkan pentosa yang diperlukan untuk sintesis asam nukleat, beberapa asam amino aromatik dan vitamin, serta sebagai sumber $\text{NADH} + \text{H}^+$ yang diperlukan untuk reaksi biosintesis. Jalur ini disebut juga skilus pentosa , dimana tidak dihasilkan energi secara langsung, tetapi $\text{NADH} + \text{H}^+$ yang dibentuk merupakan sumber energi potensial

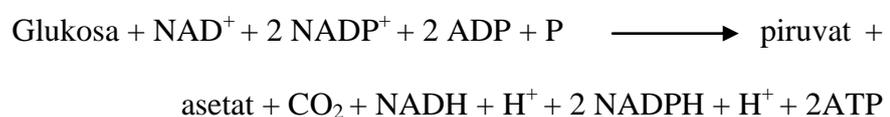
⁴⁰*Ibid*, h. 57.

jika masuk kedalam sistem transport elektron. Reaksi keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut:⁴¹



Enzim yang berperan dalam jalur HMF adalah transaldolase dan transketolase.

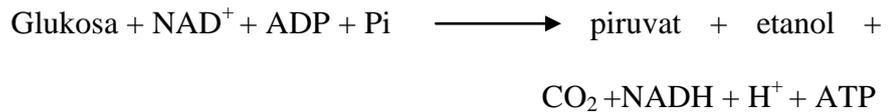
Jalur fosfoketolase (FK) hanya terjadi pada kelompok bakteri yang tergolong laktobacilus heterofermentatif. Jalur ini merupakan percabangan dari jalur HMF, karena bakteri ini tidak mempunyai enzim aldolase yang dapat memcah fruktosa 1,6-difosfat menjadi dua triose-fosfat, dan tidak mempunyai enzim transaldose dan transketolase yang penting dalam jalur HMF. Gambar 2.4 terlihat bahwa jika asetil-fosfat diubah menjadi asetat, ikatan energi tinggi akan disimpan dan reaksi keseluruhan menghasilkan dua mol ATP sebagai berikut.⁴²



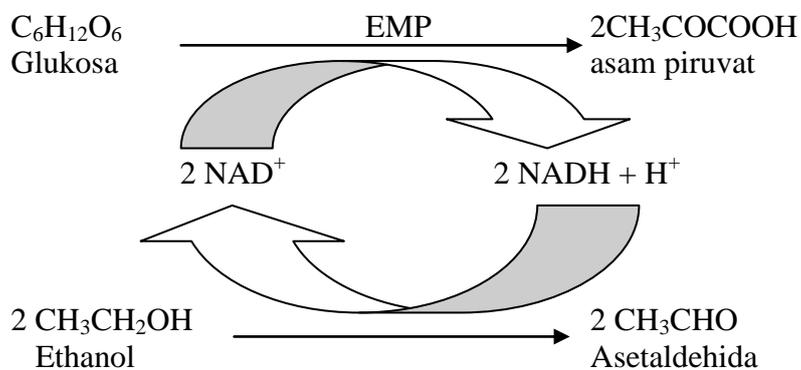
⁴¹ *Ibid*, h. 61.

⁴² *Ibid*, h. 61.

Jika asetil-fosfat diubah menjadi etanol, ikatan energi tinggi akan hilang dan hasil keseluruhan adalah satu mol ATP per mol glukosa sebagai berikut.⁴³



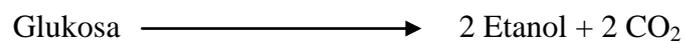
Tahap kedua fermentasi, asam piruvat akan diubah menjadi produk-produk akhir yang spesifik untuk berbagai proses fermentasi, menggunakan atom hidrogen yang diproduksi pada tahap pertama fermentasi. Produk-produk tersebut terbentuk oleh reaksi-reaksi yang dikatalis oleh enzim-enzim tertentu. Salah satu contoh adalah fermentasi glukosa oleh khamir melalui jalur EMP, menghasilkan alkohol dengan reaksi sebagai berikut:⁴⁴



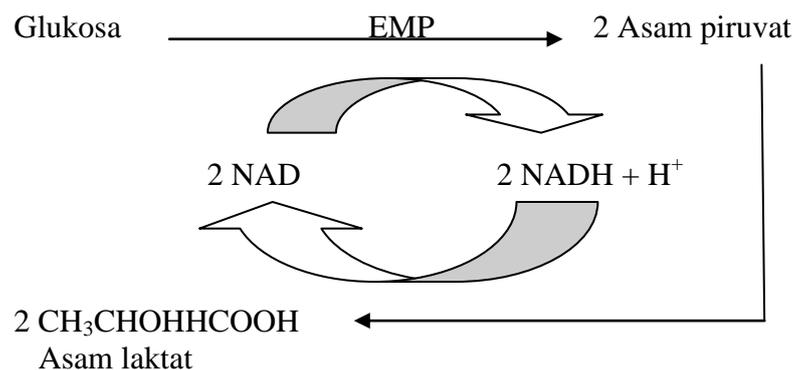
⁴³ *Ibid.*

⁴⁴ *Ibid.* h. 62.

Reaksi di atas, asetaldehid bertindak sebagai penerima hidrogen dalam fermentasi, dimana hasil reduksinya oleh NADH_2 menghasilkan etanol, dan NAD yang teroksidasi kemudian dapat digunakan lagi untuk menangkap hidrogen. Reaksi keseluruhan adalah sebagai berikut:⁴⁵



Pada kelompok bakteri lainnya yaitu bakteri asam laktat, asam piruvat yang terbentuk dari jalur glikolisis (EMP) bertindak sebagai penerima hidrogen, dimana reduksi asam piruvat oleh NADH_2 menghasilkan asam laktat dengan reaksi sebagai berikut:⁴⁶



⁴⁵*Ibid.*

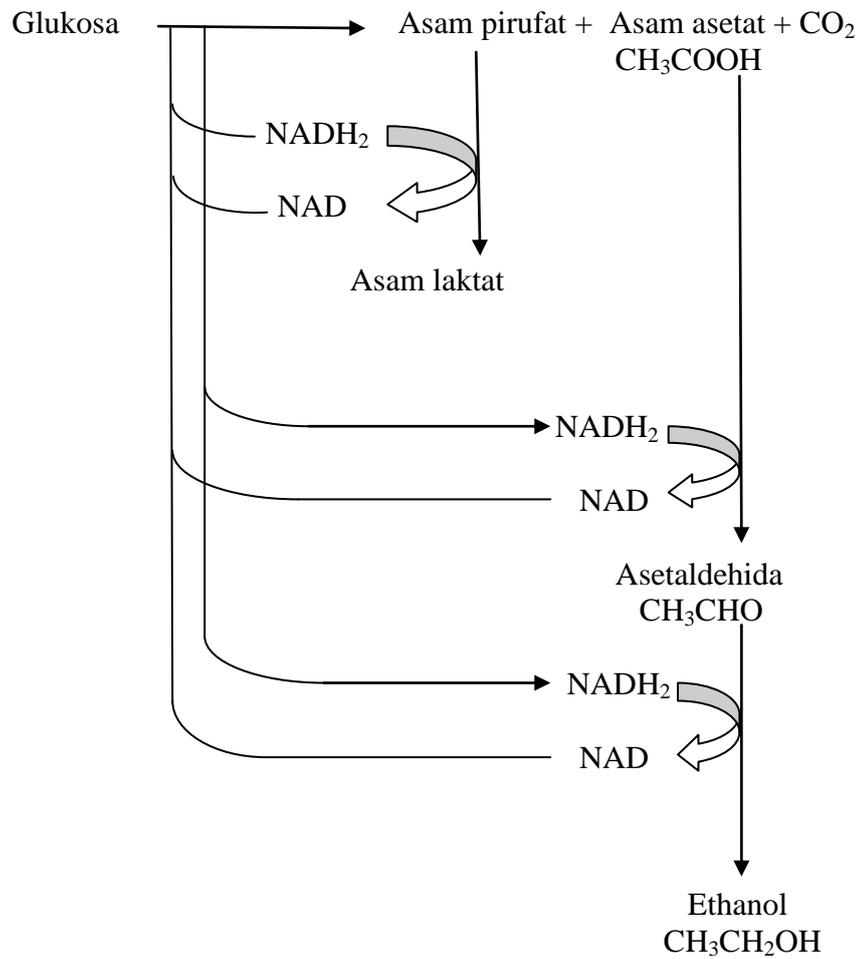
⁴⁶*Ibid.*, h. 62.

Fermentasi seperti tersebut di atas disebut fermentasi homolaktat karena satu-satunya produk fermentasi adalah asam laktat, dan bakteri yang melakukan fermentasi demikian disebut bakteri asam laktat homofermentatif. Bakteri tersebut sering digunakan dalam pengawetan makanan, karena produksi asam laktat dalam jumlah tinggi di dalam makanan dapat menghambat pertumbuhan bakteri lainnya yang menyebabkan kebusukan makanan. Bakteri asam laktat yang termasuk homofermentatif misalnya *Streptococcus*, *Pediococcus*, dan beberapa spesies *Lactobacillus*.⁴⁷

kelompok bakteri asam laktat lainnya disebut bakteri asam laktat heterofermentatif, karena selain menghasilkan asam laktat juga memproduksi senyawa-senyawa lainnya (Gambar 2.5)⁴⁸

⁴⁷ *Ibid*

⁴⁸ *Ibid.*



Gambar 2.5 Pemecahan glukosa oleh bakteri asam laktat heterofermentatif

Hasil reaksi keseluruhan adalah sebagai berikut:



Bakteri asam laktat yang tergolong heterofermentatif misalnya *Leuconoctoc* dan beberapa spesies *Lactobacillus*. Pada

Leuconoctoc pemecahan glukosa menjadi asam piruvat, asam asetat, etanol, dan CO₂ terjadi melalui jalur fosfoketolase.⁴⁹

Bakteri yang tergolong *Zymomonas* melakukan fermentasi glukosa dan menghasilkan produk akhir seperti yang dilakukan oleh khamir, yaitu dua molekul etanol dan dua molekul CO₂. Tetapi pada bakteri ini asam piruvat diproduksi melalui jalur Entner-Doudoroff (ED), dimana asam piruvat kemudian mengalami dekarboksilasi asetaldehida, dan direduksi menjadi etanol. Reaksi ini setengah dari jumlah asam piruvat yang dihasilkan berasal dari oksidasi fosfogliseraldehida yang merupakan satu-satunya reaksi menghasilkan ATP dalam jalur tersebut. Oleh karena itu, jumlah ATP yang dihasilkan adalah setengah dari jumlah ATP yang dihasilkan dalam fermentasi oleh khamir.⁵⁰

2). Fermentasi Asam Amino

Asam amino merupakan senyawa di samping karbohidrat yang dapat difermentasi oleh bakteri, terutama yang tergolong dalam jenis clostridia. Clostridia adalah bakteri berbentuk batang yang tergolong gram positif dan dapat membentuk spora. Clostridia mula-mula akan menghidrolisis protein menjadi asam amino, kemudian asam amino akan difermentasi menghasilkan senyawa-senyawa lain terutama asam. Asam amino yang

⁴⁹*Ibid*, h. 57-64.

⁵⁰*Ibid*.

Fermentasi keseluruhan adalah sebagai berikut:



Beberapa spesies clostridia juga dapat melakukan fermentasi alanin tanpa berpasangan dengan asam amino lainnya, menghasilkan asam propionat dan asam asetat dengan reaksi sebagai berikut:⁵³



Proses fermentasi keseluruhan adalah sebagai berikut:



Fermentasi asam amino belum banyak diketahui dibandingkan dengan fermentasi karbohidrat, dan jumlah ATP yang diproduksi dalam fermentasi asam amino juga belum jelas, tetapi telah dibuktikan bahwa bakteri jenis clostridia dapat tumbuh dengan cara fermentasi menggunakan asam amino

⁵³ *Ibid.*

sebagai satu-satunya sumber energi. Hal ini membuktikan bahwa ATP juga diproduksi selama fermentasi asam amino.⁵⁴

c. *Saccharomyces cerevisiae*

Khamir termasuk fungi, tetapi dibedakan dari kapang karena bentuknya yang terutama uniseluler. Reproduksi vegetatif pada khamir terutama dengan cara pertunasan. Sebagian sel tunggal, khamir tumbuh dan berkembang biak lebih cepat dibandingkan dengan kapang yang tumbuh dengan pembentukan filamen. Khamir juga lebih efektif dalam memecah komponen kimia dibandingkan dengan kapang karena mempunyai perbandingan luas permukaan dengan volume yang lebih besar.⁵⁵

Sel khamir mempunyai ukuran yang bervariasi, yaitu dengan panjang 1-5 μm sampai 20-50 μm , dan lebar 1-10 μm . Bentuk sel khamir bermacam-macam, yaitu bulat, oval, silinder, ogival yaitu bulat panjang dengan salah satu ujung runcing, segitiga melengkung, berbentuk botol, bentuk alpukat atau lemon dan sebagainya. Beberapa khamir ditutupi oleh komponen ekstraseluler yang berlendir dan disebut kapsul. Dinding sel khamir pada sel-sel yang masih muda sangat tipis, dan semakin lama semakin tebal jika sel semakin tua. Membran sitoplasma terletak di sebelah dalam dinding sel dengan ketebalan kira-kira 8 μm . Membran ini memegang peranan penting dalam permeabilitas selektif dan dalam

66. ⁵⁴Fardiaz Srikandi, *Mikrobiologi Pangan 1*, Gramedia Pustaka Utama : Jakarta, 1992, h.

⁵⁵ *Ibid*, h. 227.

transport nutrisi ke dalam sel. Nukleus atau inti sel dikelilingi oleh membran inti berlapis ganda. Membran ini mempunyai pori-pori sebagai jalan untuk pertukaran komponen sitoplasma dengan komponen nukleus. Vakuola berjumlah satu. Mitokondria khamir dilapisi oleh dua lapis membran. Sitoplasma khamir mengandung berbagai komponen yaitu glikogen khamir yang merupakan bentuk penyimpanan karbohidrat, asam ribonukleat, dan protein. Sistem reproduksi khamir yaitu dengan pertunasan, pembelahan, pembelahan tunas dan sporulasi.⁵⁶

Sel khamir yang termasuk jenis *Saccharomyces* mungkin berbentuk oval, bulat, atau memanjang, dan mungkin membentuk pseudomiselium. Reproduksi khamir ini dilakukan dengan cara pertunasan multipolar, atau melalui pembentukan akospora. Akospora dapat terbentuk setelah terjadi konjugasi, atau berasal dari sel diploid. Akospora yang berjumlah satu sampai empat per askus, biasanya berbentuk bulat atau oval.⁵⁷

Spesies yang paling umum digunakan dalam industri adalah *Saccharomyces cerevisiae*, misalnya dalam pembuatan roti dan produksi alkohol, anggur, brem, gliserol dan enzim invertase.⁵⁸

Jamur *Saccharomyces cerevisiae*, atau di Indonesia lebih dikenal dengan nama jamur ragi, telah memiliki sejarah yang luar biasa di industri fermentasi. Karena kemampuannya dalam

⁵⁶*Ibid*, h. 227-236.

⁵⁷*Ibid*, h. 254.

⁵⁸*Ibid*.

menghasilkan alkohol inilah, *Saccharomyces cerevisiae* disebut sebagai “mikroorganisme aman” (*Generally regarded as safe*) yang paling komersial saat ini.

d. Iodometri

Iodometri adalah suatu metode yang menggunakan titrasi langsung dan tidak langsung. Titrasi langsung dengan menggunakan larutan standar iodin sedangkan titrasi tidak langsung melibatkan titrasi iodin yang diproduksi dalam reaksi dengan larutan standar tiosulfat.⁵⁹ Prinsip umum metode iodometri adalah iod bebas seperti halogen lain dapat menangkap elektron dari zat pereduksi, sehingga iod sebagai oksidator. Ion I⁻ siap memberikan elektron dengan adanya zat penangkap elektron, sehingga I⁻ bertindak sebagai zat pereduksi. Metode iodometri dalam analisis volumetri didasarkan pada proses oksidasi reduksi yang melibatkan:⁶⁰



Pada beberapa literatur, sering reaksi ini dituliskan sebagai berikut:



Dalam hal ini tidak membedakan antara keduanya. Dengan melihat potensi standar I₂/I⁻ terlihat relatif rendah dibandingkan dengan KMnO₄ dan K₂Cr₂O₇, sehingga ion I₂ adalah oksidator relatif

⁵⁹ Didik Setiyo Widodo dan Retna Riadi Lusiana, *Kimia analisis kuantitatif*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010. Hal: 129

⁶⁰ *Ibid*, hal: 129

lemah. Sebaliknya I^- merupakan zat pereduksi yang kuat dibandingkan ion Cr^{3+} atau Mn^{2+} .

Penentuan zat pereduksi. Iod bebas bereaksi dengan larutan natrium tiosulfat sebagai berikut:



Pada reaksi tersebut terbentuk senyawa natrium tetratesat, $Na_2S_4O_6$, garam dari asam tetratesat. Reaksi iodometri yang paling penting ini dapat ditulis dalam bentuk ion sebagai berikut:



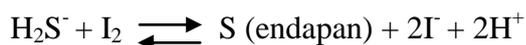
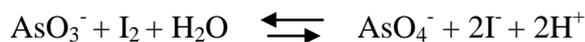
1 grek natrium tiosulfat = 1 mol, sedangkan 1 grek $I_2 = \frac{1}{2}$ mol

Ketika larutan $Na_2S_2O_3$ dititrasi dengan larutan iod warna coklat gelap yang karakteristik dari iod menjadi hilang. Ketika semua $Na_2S_2O_3$ telah teroksidasi, maka kelebihan larutan iod akan menjadi cairan tersebut bewarna kuning pucat. Karena itu seperti pada metode permanganometri, dalam iodometri memungkinkan melakukan titrasi tanpa menggunakan indikator. Namun kelebihan iod pada akhir titrasi memberikan warna yang samar, sehingga penetapan titik akhir titrasi (ekivalen) menjadi sukar. Karena itu lebih disukai menggunakan reagen yang sensitif terhadap iod sebagai indikator; yaitu larutan kanji, yang membentuk senyawa absorpsi bewarna biru dengan iod. Pada titrasi dengan adanya larutan kanji, titik ekivalen ditentukan dari kenampakan warna biru yang tetap

pada kelebihan penambahan iod satu tetes. Sebaliknya, dimungkinkan juga untuk menitrasi larutan iod dengan tiosulfat sampai kelebihan satu tetes tiosulfat menghilangkan warna biru larutan. Pada kasus ini larutan kanji harus ditambahkan pada saat akhir titrasi, mendekati ekivalen, ketika iod tinggal sedikit dan larutan yang dititrasi berwarna kuning. Jika larutan kaji ditambahkan pada awal titrasi, ketika masih banyak terdapat ion dalam larutan, maka sejumlah besar senyawa iod-kanji yang terbentuk akan bereaksi lambat dengan tiosulfat.⁶¹

Setelah mengetahui normalitas larutan iod, volume iod dan tiosulfat yang digunakan dalam titrasi, dapat diperoleh normalitas titran (larutan tiosulfat). Sebaliknya normalitas titran larutan ion dapat dihitung dari normalitas tiosulfat yang diketahui.

Berbagai zat pereduksi yang mampu mereduksi I₂ menjadi ion I⁻ ditentukan dengan cara sama, diantaranya H₂SO₃, H₃AsO₃ dan H₃BO₃, H₂S bebas, SnCl₂. Persamaan reaksi yang terjadi bila zat tersebut dititrasi dengan iod adalah sebagai berikut:



⁶¹ *Ibid*, hal: 130-131

Penentuan zat pengoksidasi. Karena zat pereduksi ditentukan dengan titrasi menggunakan larutan iod, maka dalam penentuan zat pengoksidasi didasarkan pada reduksi oleh ion I^- , sehingga harus digunakan larutan KI untuk titrasi. Namun kenyataannya titrasi ini tidak dapat dijalankan karena untuk menentukan titik ekuivalennya tidak mungkin. Ketika oksidator seperti $K_2Cr_2O_7$ dititrasi dengan larutan KI, menurut reaksi berikut:



Akhir reaksi ditandai oleh penghentian pelepasan iod. Namun keadaan tersebut tidak dapat diamati. Ketika larutan digunakan sebagai indikator, pengamatan I_2 yang muncul dapat terpantau dengan mudah (warna biru) namun bukan ketika tercapai pembentukan I_2 pertama kali.⁶²

Karena itu dalam kasus ini digunakan metode substitusi tidak langsung, yaitu pada campuran kalium iodida dan larutan asam (dalam jumlah berlebih) ditambahkan dengan volume tertentu oksidator yang akan ditentukan (sebagai contoh larutan $K_2Cr_2O_7$). Kemudian dibiarkan sekitar 5 menit untuk menyelesaikan reaksi tersebut. Selanjutnya iod yang dilepaskan dititrasi dengan tiosulfat. Banyaknya grek iod ekuivalen dan grek tiosulfat akan sama dengan zat pengoksidasi ($K_2Cr_2O_7$). Karena itu meski penentuan $K_2Cr_2O_7$

⁶² *Ibid*, hal:131

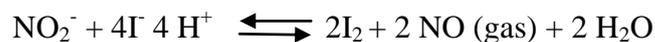
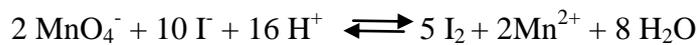
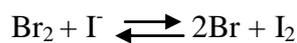
dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ masing-masing tidak bereaksi langsung, namun banyaknya ekuivalen, dengan perhitungan berikut:

$$V_{K_2Cr_2O_7} \cdot N_{K_2Cr_2O_7} = V_{Na_2S_2O_3} \cdot N_{Na_2S_2O_3}$$

Penentuan zat pengoksidasi secara iodometri dapat dirangkum sebagai berikut:

- a. KI + asam (berlebih dalam erlenmeyer) + oksidator yang akan ditetapkan (dengan memimpet) \longrightarrow pelepasan I_2
- b. $\text{I}_2 + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 2\text{NaI} + \text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_4$ (titrasi iod dengan tiosulfat)

Banyak zat pengoksidasi yang mampu mengoksidasi iod I^- menjadi I_2 dapat ditentukan secara iodometri dengan prosedur ini, diantaranya Cl_2 , Br_2 , KmnO_4 , KClO , bubuk pemutih (CaOCl_2), garam dari HNO_2 , hidrogen peroksida, garam ferri, garam kupri, dan sebagainya. Reaksi penentuan tersebut didasarkan pada persamaan sebagai berikut:⁶³



⁶³ Didik setiyo widodo dan Retn ariadi lusiana. *Kimia analisis kuantitatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010. Hal: 132

e. Destilasi

Destilasi adalah metode pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih. Proses ini dilakukan untuk mengambil alkohol dari hasil fermentasi. Destilasi dapat dilakukan pada suhu 80°C , karena titik didih alkohol 78°C . Sedangkan titik didih air 100°C . Destilasi adalah memisahkan komponen-komponen yang mudah menguap suatu campuran cair dengan cara menguapkan, yang diikuti dengan kondensasi uap yang terbentuk dan menampung kondensat yang dihasilkan. Uap yang dikeluarkan dari campuran disebut uap bebas, kondensat yang jatuh sebagai destilat dan bagian campuran yang tidak menguap disebut residu.⁶⁴

C. Kerangka Konseptual

Seiring berkembangnya teknologi dan bertambahnya penduduk, kebutuhan energi yang semakin meningkat. Bahan bakar fosil yang ada saat ini tidak dapat diharapkan untuk jangka waktu yang lama.⁶⁵ Minyak bumi tersedia melimpah, tetapi minyak bumi ini tidak dapat diperbaharui. Alternatif pemikiran adalah dengan memanfaatkan bahan alam yang mempunyai potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi antara lain adalah bahan baku bioethanol seperti biji durian, biji nangka, biji alpukat, ubi kayu, minyak jelantah, limbah buah-buahan, dan

⁶⁴ Sofyan Putra, *Panduan Membuat Bensin & Sola*, Yogyakarta : Pustaka Baru Press, 2012, h. 133-134.

⁶⁵ Nurfiana Fifi dkk, "Pembuatan Bioethanol dari Biji Durian Sebagai Sumber Energi Alternative", Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, STTN-BATAN, ISSN 1978-0176, 2009, h. 669-670.

sebagainya yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku seperti bensin dan solar.⁶⁶

Tanaman durian (*Durio zibethinus*) banyak di temukan di Kalimantan Tengah yang musim panennya minimal 1 (satu) kali dalam setahun, karena Kalimantan Tengah merupakan daerah iklim tropik antara 0° LU-23° 27' LS khatulistiwa, buah-buahan yang dapat berkembang baik di daerah ini contohnya duku, durian, manggis, nanas, pepaya, pisang, rambutan, dan lain-lain.⁶⁷ Meskipun buah durian bukan khas dari kalimantan Tengah tetapi, buah durian ini telah berkembang dengan cukup pesat. Potensi durian yang demikian besar di Kalimantan Tengah, sangat disayangkan jika kulit durian yang sering dianggap limbah tidak dimanfaatkan untuk sesuatu yang lebih besar manfaatnya. Limbah menyebabkan pencemaran lingkungan, munculnya penyakit dan menurunkan nilai estetika/keindahan kota serta masalah-masalah lainnya. Limbah kulit durian yang selama ini tidak dimanfaatkan dengan baik, karena karakternya yang sukar terurai, sehingga berpotensi menjadi salah satu limbah hayati yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Banyaknya durian (*Durio zibethinus*) dalam setiap panen menyebabkan timbulnya limbah, terutama limbah kulit durian (*Durio zibethinus*), padahal di dalam kulit durian (*Durio zibethinus*) tersebut

⁶⁶ Nugroho Triadi, *Peluang Besar Usaha Membuat Bensin & Solar dari Bahan Nabati*, Yogyakarta : Pustaka Mahardika, h. iv

⁶⁷ Rohliansah Pahmi, *Mengenal Buah-Buahan Kalimantan*, Adi Cita, ISBN 979-9246-71-7, 2001, h. 6.

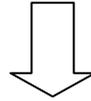
mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60 %) dan kandungan lignin (5 %) serta kandungan pati (5 %).⁶⁸

Secara teoritis selulosa bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* dalam proses fermentasinya. Zat selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n yang dihidrolisa menjadi glukosa kemudian difermentasi dengan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* pada temperatur 27-30 °C (suhu kamar). Hasil fermentasi ini mengandung etanol ± 18 %. Selanjutnya didestilasi pada 78°C (titik didih minimum alkohol), sehingga akan dihasilkan etanol dengan kadar ± 95,6%.⁶⁹

⁶⁸ *Ibid*, h. 6.

⁶⁹ Nurfiana Fifi dkk, *Pembuatan Bioethanol Dari Biji Durian Sebagai Sumber Energi Alternatif*, Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, STTN-BATAN, ISSN 1978-0176, 2009, h. 669-670.

Seiring berkembangnya teknologi dan bertambahnya penduduk, kebutuhan energi yang semakin meningkat. Bahan bakar fosil yang ada saat ini tidak dapat diharapkan untuk jangka waktu yang lama.



Tumbuhan mempunyai beberapa kandungan senyawa-senyawa yang bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol



Tumbuhan durian (*Durio zibethinus*) khususnya pada kulitnya



Kulit durian (*Durio zibethinus*) mengandung selulose yang tinggi (50-60 %) dan kandungan lignin (5 %) serta kandungan pati (5 %).



Saccharomyces cerevisiae lebih di kenal dengan nama jamur ragi, karena kemampuannya dalam menghasilkan alkohol inilah, *Saccharomyces cerevisiae* disebut sebagai “mikroorganisme aman”



Studi pendahuluan bahwa selulosa dihidrolisa menjadi glukosa kemudian difermentasikan dengan menggunakan *Saccharomyces Cerevisiar* yang kemudian didestilasi pada suhu 78°C, sehingga dapat dihasilkan etanol.



Kesimpulan