

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Studi Literatur

Nira diperoleh dengan menyadap tandan bunga jantan yang mulai mekar dan menghamburkan serbuk sari yang berwarna kuning. Tandan ini mula-mula dimemarkan dengan memukul-mukulnya selama beberapa hari, hingga keluar cairan dari dalamnya. Tandan kemudian dipotong dan di ujungnya digantungkan tahang bambu untuk menampung cairan yang menetes (Rasyid, 2012).

Untuk mendapatkan bioethanol yang sesuai standar, disarankan untuk melakukan prosedur penyimpanan bahan baku dengan baik, jangan biarkan nira siwalan terbuka bebas sehingga terkontaminasi mikroba lain (Putra dan Amran, 2009).

Waktu fermentasi optimum nira nipah pada keasaman (pH) 4,5 adalah pada waktu fermentasi 36 jam, keasaman 5,0 pada waktu fermentasi 36 jam dan keasaman 5,5 pada waktu fermentasi 24 dan 48 jam, dengan menghasilkan konsentrasi bioetanol tertinggi masing-masing keasaman (pH) yaitu 14%, 12% dan 7% (v/v). Awalnya semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi bioetanol yang dihasilkan juga semakin tinggi, akan tetapi setelah kondisi optimum tercapai, konsentrasi bioetanol yang diperoleh cenderung mengalami penurunan. Adanya penurunan konsentrasi bioetanol disebabkan karena bioetanol yang dihasilkan terkonversi menjadi asam-asam organik seperti asam asetat, asam cuka dan ester (Chairul dan Silvia, 2013).

Menurut hasil penelitian pembuatan bioetanol dari nira aren yang dilakukan oleh Rismawati, (2012) kadar etanol yang diperoleh berdasarkan tabel hasil konversi berat jenis (*AOAC Official Of Analysis*) yaitu fermentasi selama 3 hari (80,59%), 5 hari (80,42%), 7 hari (79,85%), 9 hari (77,69%) dan 11 hari (78,60%).

Fermentasi pada keasaman (pH) 4,5 menghasilkan konsentrasi bioetanol yang tertinggi. Hal ini terjadi karena pada keasaman 4,5 adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat, serta berpengaruh pada pembentukan produk samping, dimana pada keasaman tinggi konsentrasi gliserol meningkat. Sedangkan pada keasaman dibawah 4,5 aktifitas enzim akan terhambat sehingga kemampuan mikroba untuk mengurai gula menjadi bioetanol semakin rendah (Chairul dan Sivia, 2013).

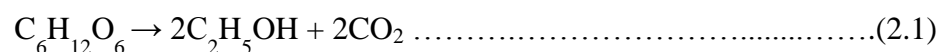
Menurut Putra dan Amran (2009), *saccharomycess cereviseae* dapat tumbuh baik pada range 3 - 6, namun apabila pH lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya derajat keasaman (pH) yang paling optimum pada 4,3 - 4,7. Pada pH yang lebih tinggi, adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat, tetapi ternyata pengaruh juga pada pembentukan produk samping sebagai contoh pada keasaman tinggi, konsentrasi gliserin meningkat juga.

Kondisi yang baik selama fermentasi adalah kondisi yang tertutup atau lebih cenderung anaerob dengan dibatasi oleh udara yang tersedia sedikit $\pm 10\%$ volume yaitu dari sisa rongga ruang fermentasi dalam tangki. Sehingga dalam proses fermentasi oksigen hanya dibutuhkan sedikit (Hadi dkk, 2013).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Pengertian Bioetanol

Bioetanol adalah senyawa alkohol dengan gugus hidroksil (OH), dua atom karbon (C), dengan rumus kimia C_2H_5OH yang dibuat dengan cara fermentasi gula menggunakan khamir. Rumus kimia pada saat fermentasi adalah sebagai berikut.

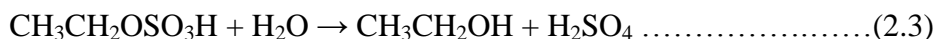


Glukosa Etanol Karbondioksida

Senyawa tersebut juga dapat diperoleh dengan cara sintetik berbahan etilena ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), yang lebih sering disebut etanol saja. Tahap pertama, etilena direaksikan dengan asam sulfat (H_2SO_4) dalam sebuah reaktor berbentuk kolom untuk menghasilkan senyawa monosulfat. Rumus kimia secara sintetik adalah sebagai berikut.



Tahap kedua, senyawa monosulfat dihidrolisis sehingga gugusnya terpisah dan masing-masing bereaksi dengan molekul H^+ dan OH^- . Senyawa yang dihasilkan dari tahap ke-2 ialah etanol dan sulfat, sehingga perlu dimurnikan. Proses dari reaksi kimia adalah sebagai berikut.



Pemurnian etanol dari asam sulfat dilakukan dari kolom *stripper* sebagai tahap ke-3 yang kemudian diikuti dengan daur ulang asam sulfat. Sementara itu, etanol dengan bahan baku gula disebut bioetanol karena gula berasal dari sumber-sumber hayati (Megawati, 2015). Selain mengetahui cara pembuatannya, beberapa sifat – sifat fisika dan kimia yang juga harus diketahui untuk merancang pabrik bioetanol. Table 2.1 memuat sifat – sifat fisik dan kimia ethanol.

Tabel 2.1 Sifat Fisika-Kimia Etanol

Properties	Nilai
Rumus molekul	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Bobot molekul (g/mol)	46,7
Warna	Bening
Bobot jenis (g/L)	789
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	78,5
Titik beku ($^{\circ}\text{C}$)	-117
Titik nyala ($^{\circ}\text{C}$)	12,8
Tekanan uap mmHg	50 pada 38°C
Nilai kalor	21,09 – 29,80
Kalor spesifik (kcal/kg $^{\circ}\text{C}$)	60
Keasaman	15,9
Viskositas (mPa.s)	1,2 pada 25°C
Indeks bias	1,36 pada 25°C
Angka Oktan	99

Sumber: Walker, 2010

Etanol (sering disebut etil-alkohol atau alkohol), adalah alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Karena sifatnya yang tidak beracun, bahan ini banyak dipakai sebagai pelarut dalam dunia farmasi, industri makanan, minuman dan juga sebagai bahan bakar. Etanol tidak berwarna dan tidak berasa tapi memiliki bau yang khas. Bahan ini dapat memabukkan jika diminum.

Bioetanol dapat diperoleh dari semua jenis tanaman atau bahan hayati yang mengandung gula atau pati. Bioetanol awalnya dibuat dari gula dan pati yang diperoleh dari tebu, jagung, singkong, dan lain – lain. Gula dari berbagai tanaman ini dapat langsung difermentasi oleh khamir menjadi etanol. Etanol berbahan gula ini selain disebut *fermentation ethanol* juga disebut bioetanol generasi pertama, yang berarti, etanol dari sumber hayati yang ditemukan orang pertama kali (Megawati, 2015). Seiring kebutuhan energi yang meningkat hadir lah bioetanol generasi kedua, ketiga, dan keempat. Bioetanol tiap generasinya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Jadi semua orang berlomba-lomba melakukan penelitian untuk mengetahui prospek pembuatan bioetanol yang lebih menguntungkan dan efisien.

Untuk bioetanol generasi kedua, ketiga, dan keempat ini lebih sulit dan lebih panjang pengolahannya untuk menjadi etanol. Bioetanol jenis kedua merupakan bioetanol yang bahan bakunya menggunakan tanaman yang berlignoselulosa yaitu, mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Bioetanol dari selulosa yang sering juga disebut *cellulosic ethanol* dalam rangkaian proses pembuatannya juga ada tahap fermentasi, tetapi harus melalui proses *pretreatment* terlebih dahulu dikarenakan tidak dapat secara langsung dilakukan proses difermentasi. Sampai sekarang belum ditemukan mikroorganisme yang dapat melakukan fermentasi secara langsung polimer gula berbentuk selulosa tersebut menjadi etanol yang lebih ekonomis dan efisien.

Menurut Megawati (2015), etanol generasi kedua telah diproduksi di beberapa negara dan telah digunakan sebagai bahan bakar cair. Telah hadir juga

etanol generasi berikutnya, yang berasal dari mikroalga dan tanaman gulma (enceng gondok dan ganggang). Etanol ini masih dalam tahap penelitian dan belum diproduksi, jadi kehadiran etanol generasi ketiga dan keempat akan menunggu temuan – temuan yang dapat diaplikasikan sampai pada skala industri.

2.2.2. Prospek Nira Di Indonesia

Nira merupakan hasil penyadapan dari suatu tanaman berjenis palma. Nira dapat diperoleh dari pohon aren, lontar (siwalan), kelapa, nipah dan lain-lain. Pohon aren (*Arenga pinnata Merr*) merupakan tanaman penghasil nira yang bernilai ekonomis tinggi. Pohon aren akan mencapai tingkat kematangannya pada umur 6-12 tahun, kondisi penyadapan terbaik pada umur 8-19 tahun saat keluarnya mayang. Kualitas nira yang baik adalah kandungan sukrosanya tinggi yaitu sekitar 9-16% dengan tingkat rendemen gula sekitar 15-20%. Nira diperoleh dari tandan bunga jantan yang terletak diujung batang, tandan yang terletak pada ruas batang yang rendah menghasilkan nira dalam jumlah yang sedikit sedangkan tandan bunga betina menghasilkan nira yang kadar serat tinggi. Dalam waktu 24 jam setiap tandannya dapat menghasilkan 10-30 liter nira yang dapat menghasilkan 1-3 kg gula aren. Sedangkan hasil samping seperti ijuk, lidi, daun dan produk olahan (cuka, alkohol) dapat dikembangkan sesuai dengan potensi tanaman dan dikaitkan dengan permintaan. Potensi tanaman nira aren di Indonesia cukup besar, hal ini didukung oleh letak geografis yang mempengaruhi iklim di Indonesia memiliki curah hujan yang relative tinggi. Aren tumbuh pada daerah-daerah dengan curah hujan relative tinggi dan merata sepanjang tahun seperti di Aceh, Sumatra Utara, Sumatra Barat, Bengkulu, Jawa Barat, Jawa Tengah, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Maluku Utara, Maluku, dan Papua. Sentra tanaman aren meliputi 14 provinsi dengan perkiraan total areal seluas 60.482 ha (PPPP, 2009).

Menurut Rismawati (2012), aren merupakan tanaman serba guna yang mempunyai potensi besar dalam bahan substitusi pembuat gula maupun bioetanol, namun sampai saat ini pohon aren yang tumbuh di Indonesia sebagian besar

merupakan pohon yang umumnya tumbuh secara liar. Aren (*Arenga pinnata Merr*) merupakan salah satu keluarga palma yang serbaguna, dapat tumbuh pada ketinggian 0-1500 meter di atas permukaan laut. Tanaman aren juga menghasilkan biomas di atas tanah yang sangat besar satu hingga 2 ton/pohon, sehingga dapat berperan penting dalam CO₂ *sequestration*.

Budidaya tanaman aren yang baik, jumlah tanaman aren setiap hektarnya rata-rata mampu sampai 156 pohon. Jika yang berproduksi 50% dari populasi tanaman, maka produksi nira sebesar 210.600 liter/ha/tahun. Dengan asumsi, apabila produksi aren per pohon disadap pagi dan sore hari. Setiap tahun disadap 3-5 tangkai bunga selama 9 bulan menghasilkan nira rata-rata 2.700 liter/ha/tahun. Rata-rata setiap 10 liter nira dapat menghasilkan 3,5 liter etanol. Dengan luas areal aren 60.482 ha maka, apabila yang berproduksi baik diasumsikan 30.000 ha maka potensi etanol aren yang dihasilkan adalah 2.211.300 kilo liter/tahun (PPPP, 2009).

Selain dari pohon aren, nira dapat diperoleh dari pohon siwalan atau lontar (*Borassus Flabellifer*), adalah sejenis palma (pinang-pinangan) yang tumbuh di Asia Tenggara dan Asia Selatan. Di berbagai daerah tanaman ini dikenal dengan nama-nama lain seperti ental (Sunda, Jawa, Bali), juntal (Sumbawa), tala (sulsel), lontara (Toraja), lontoir (Ambon), manggita atau manggitu (Sumba), tua (Timor Leste) dan lain-lain. Nira siwalan (legen) adalah cairan yang disadap dari bunga pohon siwalan. Cairan ini mengandung gula antara 10-15%. Nira dapat diolah menjadi minuman ringan, minuman beralkohol, sirup, gula aren dan nata de arenga (Setiawan, 2011). Klasifikasi tanaman siwalan ditunjukkan tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanaman Siwalan

<i>Kingdom</i>	<i>Plantae</i>
<i>Divisio</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Kelas</i>	<i>Liliopsida</i>
<i>Ordo</i>	<i>Arecales</i>
<i>Famili</i>	<i>Areaceae</i>
<i>Genus</i>	<i>Borassus</i>
<i>Spesies</i>	<i>Borassus flabellifer L.</i>

Sumber : Setiawan, 2011

Nira siwalan memiliki banyak manfaat. Selain dapat dijadikan minuman, sirup, dan gula semut nira siwalan juga dapat dijadikan bioetanol karena mengandung gula yang tinggi. Kandungan senyawa yang terdapat pada nira siwalan ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kandungan Nira Siwalan

Komponen	Jumlah
Total gula (g/100 cc)	10,93
Gula reduksi (g/100 cc)	0,96
Protein (g/100 cc)	0,35
Nitrogen (g/100 cc)	0,056
pH (g/100 cc)	6,7-6,9
Specific gravity	1,07
Mineral sebagai abu (g/100 cc)	0,54
Kalsium (g/100 cc)	Sedikit
Fosfor (g/100 cc)	0,14
Besi (g/100 cc)	0,4
Vitamin C (mg/100 cc)	13,25
Vitamin B ₁ (IU)	3,9
Vitamin B kompleks	Diabaikan

Sumber : Setiawan, 2011

Selain pohon aren dan pohon lontar, pohon kelapa juga dapat menghasilkan nira. Di sektor perkebunan, nira kelapa adalah sumber bioetanol yang prospektif. Tanaman kelapa sebagai tanaman penghasil bahan bakar nabati, potensinya lebih baik dibandingkan jenis tanaman perkebunan lainnya terutama penggunaan minyak murninya sebagai pengganti minyak tanah dengan memanfaatkan kompor bertekanan yang sesuai. Menurut Prastowo (2007), bagian lainnya yaitu nira dapat dijadikan bahan pembuatan bioetanol. Walaupun kadar energinya berbeda, tetapi bagian tanaman tersebut berpotensi sebagai sumber energi alternatif.

Hampir semua bagian dari tanaman kelapa dapat dimanfaatkan untuk bermacam-macam kegunaan antara lain sebagai makanan, minuman, perabotan, hiasan dan bahan bakar. Indonesia adalah negara produsen kelapa terbesar di dunia. Menurut Prastowo (2007), area pertanaman kelapa di Indonesia saat ini sekitar 3,8 juta ha. Dari luas area kelapa di Indonesia tersebut, terlihat bahwa sebenarnya kelapa adalah komoditas yang sangat potensial untuk dikembangkan lebih lanjut, salah satunya nira kelapa yang memiliki potensi yang besar selain digunakan untuk produk pangan seperti gula merah, gula semut, dan lain-lain, tapi juga dapat dikembangkan sebagai salah satu penganekaragaman produk non pangan yaitu penggunaannya sebagai bahan bakar nabati. Potensi produksi nira kelapa adalah 360.000 hingga 720.000 liter/tahun/ha. Karena nira kelapa memiliki sifat sangat cepat terfermentasi sehingga kurang menguntungkan untuk diolah menjadi gula merah. Kondisi ini menambah besarnya kesempatan pemanfaatan nira kelapa untuk keperluan lain yaitu sebagai sumber BBN (Bahan Bakar Nabati).

Potensi ekosistem hutan mangrove Indonesia yang memiliki pulau dan pantai dengan wilayah pesisir terluas di dunia. Tanaman mangrove jenis nipah juga dapat menghasilkan nira. Ekosistem mangrove jenis nipah dimungkinkan untuk dapat dijadikan sumber bahan baku energi hijau potensial berpola pengelolaan konservasi lingkungan dan bernilai ekonomis. Ekosistem hutan mangrove nipah memiliki fungsi sebagai proteksi kawasan pesisir pantai, penahan

angin, gelombang dan tsunami, intrusi air asin, sumber oksigen, penyerap CO₂ dan *nursery ground* sekaligus memiliki nilai sebagai sumber bahan baku energy hijau bioetanol. Tanaman nipah (*Nypa fruticans Wurmb*) selama ini tumbuh liar di sekitar hutan mangrove di pesisir pantai maupun sungai. Tanaman Nipah tumbuh subur di hutan daerah pasang surut (hutan mangrove) dan daerah rawa-rawa atau muara-muara sungai yang berair payau. Di Indonesia, luas daerah tanaman nipah adalah 10% atau 700.000 ha dari luas daerah pasang surut sebesar 7 juta ha (Hadi, dkk, 2013). Penyebaran tanaman nipah meliputi wilayah kepulauan Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku dan Papua. Hasil hutan non kayu dari mangrove nipah berupa nira yaitu cairan manis hasil sadapan tandan dapat difermentasi menjadi bioetanol sebagai sumber energi hijau. Menurut Hadi, dkk (2013), Potensi produksi bioetanol dari hutan mangrove nipah seluas 1 a yang disesuaikan dengan karakteristik hasil penelitian menunjukkan produksi tertinggi sebesar 13.179,43 liter/Ha/tahun dan terendah adalah sebesar 2.744,17 liter/Ha/tahun sehingga produksi rata-rata adalah 7.962,80 liter/Ha/tahun.

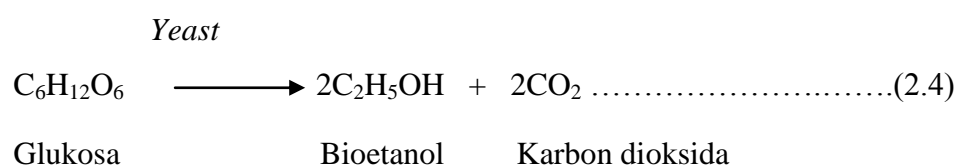
Nira merupakan cairan manis yang terdapat di dalam bunga tanaman aren, lontar, kelapa, dan nipah yang pucuknya belum membuka dan diperoleh dengan cara penyadapan. Pada umumnya masyarakat memanfaatkan nira aren dan nira kelapa untuk pembuatan gula merah dan gula semut, selain itu dapat digunakan sebagai minuman segar baik dari niranya langsung maupun nira yang dibuat sirup. Adapun nira yang biasa dideras dari berbagai jenis palma (*Arenga pinnata*, *Borassus flabellifer*, *Cocos nucifera* and *Nypa fruticans*) kandungan total sugarnya berkisar 10-20%. Apabila pohon penghasil nira dibudidayakan dengan baik, akan sangat potensial dimanfaatkan untuk pembuatan etanol (Putra dan Amran, 2009).

2.2.3. Fermentasi

Fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerob. Menurut Chairul dan silvia (2013), fermentasi untuk menghasilkan bioetanol oleh ragi merupakan perubahan gula-gula heksosa sederhana menjadi bioetanol dan CO₂. Fermentasi

mempunyai pengertian aplikasi metabolisme mikroba untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang bernilai tinggi, seperti asam-asam organik, protein sel tunggal, antibiotika, dan biopolymer. Fermentasi merupakan proses yang relatif murah pada hakekatnya telah lama digunakan oleh nenek moyang kita secara tradisional dengan produk-produknya yang sudah biasa dikonsumsi manusia sampai sekarang seperti tape, tempe, oncom, dan lain-lain. Fermentasi dapat diartikan sebagai perubahan gradual oleh enzim beberapa bakteri, khamir dan jamur. Contoh perubahan kimia dari fermentasi meliputi pengasaman susu, dekomposisi pati dan gula menjadi alkohol dan karbondioksida, serta oksidasi senyawa nitrogen organik.

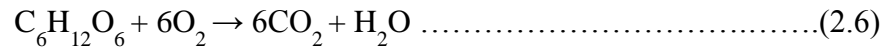
Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Fermentasi untuk menghasilkan bioetanol oleh ragi merupakan perubahan gula-gula heksosa sederhana menjadi bioetanol dan CO₂ secara *anaerob*, udara tidak diperlukan selama proses fermentasi. Menurut Hadi, dkk (2013), pada proses fermentasi terjadi pemecahan senyawa induk dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul bioetanol, 2 molekul CO₂ dan pembebasan energi.). Rumus reaksi sebagai berikut.



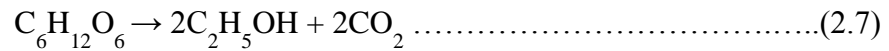
Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya.

Fermentasi etanol merupakan proses pembuatan etanol dengan memanfaatkan aktivitas *yeast*. Proses fermentasi adalah *anaerob*, yaitu mengubah glukosa menjadi etanol, tetapi dalam pembuatan *starter* dibutuhkan suasana *aerob* dimana oksigen diperlukan untuk pembiakan sel. Reaksinya adalah sebagai berikut.

a. Pemecahan glukosa dalam suasana *aerob*



b. Pemecahan glukosa secara *anaerob*



Proses pemecahan glukosa dengan bantuan *yeast* termasuk salah satu proses enzimatik karena *yeast* ini menghasilkan enzyme dan secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut :



Bila biakan yang digunakan terlalu muda atau waktu *inkubasi* terlalu singkat, ada kemungkinan biakan tersebut masih dalam fase adaptasi, sehingga pertumbuhan belum optimal, tetapi apabila waktu *inkubasi* terlalu lama kemungkinan biakan telah mencapai fase *stasioner*, oleh karena itu biakan yang paling baik berada pada fase log yaitu fase pertumbuhan yang paling optimal (Putra dan Amran, 2009).

Saccharomyces merupakan genus khamir atau ragi atau *yeast* yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi etanol dan CO₂. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil, dan termasuk kelompok *eumycetes*. Tumbuh baik pada suhu 30 °C dan keasaman 4,8. Beberapa kelebihan *saccharomyces* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat beradaptasi. Pertumbuhan *saccharomyces* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu unsur C sebagai sumber karbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea atau ZA, unsur ammonium dan pepton, unsur mineral dan vitamin. Golongan genus *saccharomyces* yaitu *saccharomyces cerevisiae*, *saccharomyces boullardii*,

dan *saccharomyces uvarum* (Setiawan, 2011). Klasifikasi *saccharomyces* ditunjukkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Klasifikasi Saccharomycess

Kingdom	Plantae
Divisio	Magnoliophyta
Kelas	Liliopsida
Ordo	Arecales
Famili	Areaceae

Sumber : Setiawan, 2011

Saccharomyces cerevisiae merupakan mikroba yang bersifat fakultatif, ini berarti mikroba tersebut memiliki dua mekanisme dalam mendapatkan energinya. Jika ada udara, tenaga di peroleh dari *respirasi aerob* dan jika tidak ada udara tenaga di peroleh dari *respirasi anaerob*. Tenaga yang diperoleh dari respirasi aerob digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel sehingga praktis tidak ada kenaikan jumlah alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan *yeast* yang mengandung dua enzim. Pertama enzim *invertase* yang bertindak sebagai katalisator dan mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa atau gula sederhana. Kemudian enzim yang kedua adalah enzim *zymase* yang bertindak mengubah glukosa atau gula sederhana menjadi etanol dan CO₂.

Ditinjau dari segi efisiensi penggunaan tenaga, ternyata kondisi aerob memberikan suasana lebih menguntungkan dalam usaha memperbanyak jumlah *yeast* dibandingkan kondisi anaerob namun pada kondisi *anaerob* lebih banyak menghasilkan etanol dari pada kondisi *aerob*. Dalam fermentasi alkohol, mikroba yang dipakai adalah *saccharomyces cerevisiae* karena mempunyai daya fermentasi yang tinggi. *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, maltosa dan mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi serta tahan terhadap mikroba lain.

Syarat-syarat *yeast* yang dapat dipakai dalam proses fermentasi adalah:

1. Mempunyai kemampuan tumbuh dan berkembang biak dengan cepat dalam substrat yang sesuai
2. Dapat menghasilkan enzim dengan cepat untuk mengubah glukosa menjadi alkohol
3. Mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktosa, dan maltose
4. Mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi
5. Tahan terhadap mikroba lain

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fermentasi

1. Kadar gula

Bahan dengan konsentrasi gula tinggi mempunyai efek negatif pada *yeast*, baik pada pertumbuhan maupun aktivitas fermentasinya. Kadar glukosa yang baik berkisar 10 - 18%. Apabila terlalu pekat, aktivitas enzim akan terhambat sehingga waktu fermentasi menjadi lambat disamping itu terdapat sisa gula yang tidak dapat terpakai dan jika terlalu encer maka hasilnya berkadar alkohol rendah (Putra dan Amran, 2009). Kadar gula pada setiap nira dipengaruhi oleh jenis tanaman. Selain jenis tanaman mempengaruhi kadar gula pada air nira, cuaca, dan perawatan pohon juga akan mempengaruhi kualitas dan kandungan kadar gula.

2. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Nutrisi yang diperlukan misalnya : garam ammonium (NH_4CL), $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ atau urea, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ atau NPK, dan garam phosphate (pupuk TSP). Menurut penelitian yang dilakukan Chairul dan Sivia, (2013) pemberian nutrisi urea 0,4 gr/l dan NPK 0,5 g/l.

3. Temperatur

Suhu fermentasi secara langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba. Untuk pertumbuhan, mikroba cocok pada suhu kamar sekitar 25 – 27 °C. Hal ini jika suhu tidak diperhatikan secara tidak langsung akan mempengaruhi etanol yang dihasilkan karena adanya penguapan. Seperti proses biologis (enzimatik) yang lain, kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan suhu yang optimum umumnya 27 – 32 °C. Pada 27 °C etanol hilang menguap 0,83%, pada 32 °C sebesar 1,66%. *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai temperatur maksimal sekitar 40 - 50 °C dengan temperatur minimum 0 °C. Pada interval 15-30 °C fermentasi mengikuti pola bahwa semakin tinggi suhu, fermentasi makin cepat berlangsung (Putra dan Amran,2009).

4. Nilai Derajat Keasaman (pH)

Saccharomyces cerevisiae dapat tumbuh baik pada keasaman (pH) 3 - 6, namun apabila keasaman lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya. Derajat keasaman (pH) paling optimum pada keasaman 4,3 - 4,7. Pada keasaman yang lebih tinggi, adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat, tetapi ternyata pengaruh juga pada pembentukan produk samping sebagai contoh, pada pH tinggi, konsentrasi gliserin meningkat juga (Putra dan Amran,2009). Sementara menurut penelitian Chairul dan Silvia (2013), kondisi optimum dari fermentasi nira nipah pada skala 50 liter adalah pada keasaman 4,5 dan waktu fermentasi 36 jam.

5. Aerasi

Oksigen diperlukan pada saat pertumbuhan *yeast* tetapi dalam proses menghasilkan bioetanol tidak diperlukan, karena proses fermentasi etanol bersifat anaerob. Jika udara terlalu banyak maka mikroba hanya bekerja untuk memperbanyak jumlah sel atau mikroba tersebut sehingga produksi etanol sedikit. Oksigen yang dibutuhkan untuk menghasilkan etanol maksimal adalah sebanyak 10% keadaan anaerob dari volum tangki fermentor yang digunakan untuk

fermentasi. Kondisi yang baik selama fermentasi adalah kondisi yang tertutup atau lebih cenderung *anaerob* dengan dibatasi oleh udara yang tersedia sedikit $\pm 10\%$ volume yaitu dari sisa rongga ruang tangki fermentor (Hadi dkk, 2013).

6. Waktu

Waktu fermentasi pada tiap bahan berbeda-beda tergantung kadar gula, suhu, dan faktor-faktor lain. Menurut Hadi, dkk (2013) rata-rata waktu fermentasi adalah antara 75,3 - 78 jam atau sekitar 3 hari. Tiap masing masing fermentasi membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah kadar gula bahan itu sendiri. Selain kadar gula nutrisi yang diberikan juga berpengaruh, karena banyaknya nutrisi berpengaruh pada kineerja mikroba dalam mengurai gula menjadi bioetanol. dan tahap ke-4 proses dehidrasi mencapai kadar kadar etanol 100 %.

2.2.4. Pengertian Distilasi

Distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) suatu bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini termasuk sebagai unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Dalam arti yang lebih sederhana distilasi adalah metode pemisahan zat cair berdasarkan perbedaan titik didihnya.

Distilasi pertama kali ditemukan oleh kimiawan Yunani sekitar abad pertama masehi yang akhirnya perkembangannya dipicu terutama oleh tingginya permintaan akan spiritus. Hypathia dari Alexandria dipercaya telah menemukan rangkaian alat untuk distilasi dan Zosimus dari Alexandria berhasil menggambarkan secara akurat tentang proses distilasi pada sekitar abad ke-4.

Bentuk modern distilasi pertama kali ditemukan oleh ahli-ahli kimia Islam pada masa kekhalifahan Abbasiyah, terutama oleh Al-Razi pada pemisahan alkohol menjadi senyawa yang relatif murni melalui alat alembik, bahkan desain ini menjadi semacam inspirasi yang memungkinkan rancangan distilasi skala mikro, The Hickman Stillhead dapat terwujud. Tulisan oleh Jabir Ibnu Hayyan (721-815) yang lebih dikenal dengan Ibnu Jabir menyebutkan tentang uap anggur yang dapat terbakar. Dia juga telah menemukan banyak peralatan dan proses kimia yang bahkan masih banyak dipakai sampai saat ini. Kemudian teknik penyulingan diuraikan dengan jelas oleh Al-Kindi (801-873).

Salah satu penerapan terpenting dari metode distilasi adalah pemisahan minyak mentah menjadi bagian-bagian untuk penggunaan khusus seperti untuk transportasi, pembangkit listrik, pemanas, dan lain-lain. Udara didistilasi menjadi komponen-komponen seperti oksigen untuk penggunaan medis dan helium untuk pengisi balon. Distilasi telah digunakan sejak lama untuk pemekatan alkohol dengan penerapan panas terhadap larutan hasil fermentasi untuk menghasilkan minuman suling.

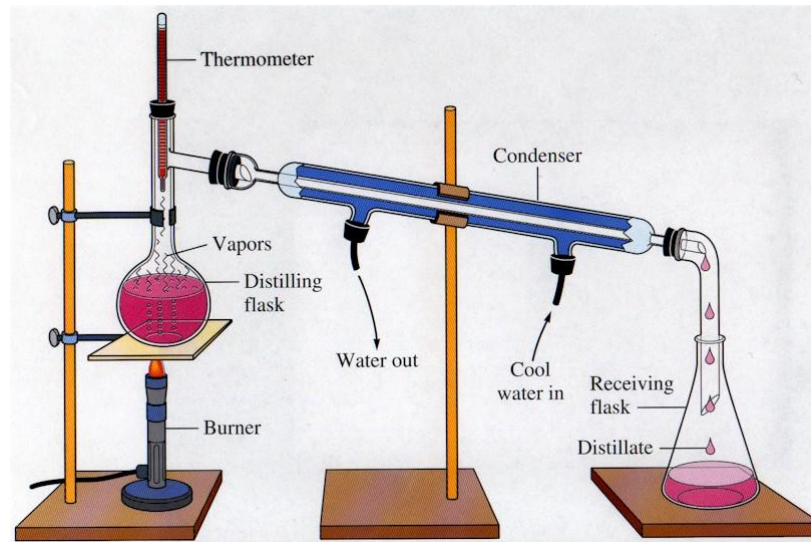
2.2.4.1. Jenis - Jenis Distilasi

Ada beberapa macam jenis alat distilasi yaitu distilasi sederhana, distilasi fraksionasi, distilasi uap, dan distilasi vakum. Jenis – jenis alat distilasi dijelaskan sebagai berikut :

1. Distilasi Sederhana

Pada distilasi sederhana, dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau dengan salah satu komponen bersifat volatil. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap lebih dulu. Selain perbedaan titik didih, juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Distilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer. Aplikasi distilasi sederhana digunakan untuk memisahkan

campuran air dan alkohol. Rangkaian distilasi sederhana ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alat Distilasi Sederhana

2. Distilasi Fraksionisasi

Fungsi distilasi fraksionasi adalah memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari distilasi jenis ini digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah. Perbedaan distilasi fraksionasi dan distilasi sederhana adalah adanya kolom fraksionasi. Di kolom ini terjadi pemanasan secara bertahap dengan suhu yang berbeda-beda pada setiap platnya. Pemanasan yang berbeda-beda ini bertujuan untuk pemurnian distilat yang lebih dari plat-plat di bawahnya. Semakin ke atas, semakin tidak volatil cairannya.

3. Distilasi Uap

Distilasi uap digunakan pada campuran senyawa-senyawa yang memiliki titik didih mencapai $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau lebih. Distilasi uap dapat menguapkan

senyawa-senyawa ini dengan suhu mendekati $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalam tekanan atmosfer dengan menggunakan uap atau air mendidih. Sifat yang fundamental dari distilasi uap adalah dapat mendistilasi campuran senyawa di bawah titik didih dari masing-masing senyawa campurannya. Selain itu distilasi uap dapat digunakan untuk campuran yang tidak larut dalam air di semua temperatur, tapi dapat didistilasi dengan air. Aplikasi dari distilasi uap adalah untuk mengekstrak beberapa produk alam seperti minyak eucalyptus dari eucalyptus, minyak citrus dari lemon atau jeruk, dan untuk ekstraksi minyak parfum dari tumbuhan. Campuran dipanaskan melalui uap air yang dialirkan ke dalam campuran dan mungkin ditambah juga dengan pemanasan. Uap dari campuran akan naik ke atas menuju ke kondensor dan akhirnya masuk ke labu distilat.

4. Distilasi Vakum

Distilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, dengan pengertian dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih di atas $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Metode distilasi ini tidak dapat digunakan pada pelarut dengan titik didih yang rendah jika kondensornya menggunakan air dingin, karena komponen yang menguap tidak dapat dikondensasi oleh air. Untuk mengurangi tekanan digunakan pompa vakum atau aspirator. Aspirator berfungsi sebagai penurun tekanan pada sistem distilasi.

2.2.4.2. Proses Distilasi Bioetanol

Pada penelitian ini proses distilasi bioetanol menggunakan alat distilasi sederhana. Etanol atau etil alkohol merupakan senyawa kimia yang memiliki titik didih pada suhu $70 - 78\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk memisahkan atau memurnikan etanol yang bercampur dengan air (etanol proses fermentasi), maka dipanaskan pada suhu sekitar $78\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alasan diberikannya suhu $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau maksimal $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ adalah agar air tidak terbawa dan ikut menguap bersamaan etanol. Menurut Komaryati dan Gusmailina (2010), proses distilasi dipertahankan pada suhu sekitar $79 - 81\text{ }^{\circ}\text{C}$

dikarenakan pada suhu tersebut bioetanol sudah menguap namun air tidak ikut menguap. Uap distilasi dialirkan menuju kondensor untuk pendinginan, sehingga uap bioetanol akan menjadi cair. Uap cair tersebut kemudian ditampung pada sebuah wadah destilat. Pada distilasi tahap pertama. Biasanya kadar bioetanol masih dibawah 95% sehingga untuk mendapatkan kadar bioetanol lebih tinggi perlu dilakukan proses berikutnya.

Berdasarkan hasil penelitian Marjoni (2014), pada suhu 71 °C dengan waktu destilasi selama 4 dan 5 jam mempunyai pengaruh nyata terhadap kadar etanol destilat. Hal ini disebabkan karena titik didih etanol yang berada pada suhu antara 70–78 °C. Pada suhu 78 °C etanol telah lebih dulu menguap dari air. Etanol yang menguap pada suhu ini lebih banyak dari fase cair lain yang terlarut di dalam larutan fermentasi yang sedang didestilasi. Peningkatan waktu destilasi pada suhu 71 °C ikut meningkatkan kadar etanol destilat. Sedangkan peningkatan suhu destilasi cenderung menurunkan kadar etanol destilat. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah air yang ikut menguap dengan jumlah tidak sebanding lagi dengan jumlah etanol yang diuapkan. Peningkatan suhu menjadi 85 °C membuat kadar etanol destilat yang dihasilkan semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu destilasi, karena semakin banyak fase cair lain selain etanol yang ikut teruapkan pada saat proses destilasi berlangsung.