

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pemanfaatan tetes tebu sebagai bioetanol masih belum banyak ditekuni oleh masyarakat, padahal tetes tebu merupakan salah satu bahan baku yang sangat baik dalam pembuatan bioetanol. Tetes ialah merupakan produk samping dari pabrik gula yang masih memiliki kadar gula 48 % - 55 %. Di Indonesia potensi produksi tetes tebu (*molasses*) ini per ha mencapai 10-15 ton, jika seluruh *molasses* per ha ini diolah menjadi bioetanol maka produksinya kurang lebih 766 hingga 1.148 liter per ha. (Sri komaryati, 2010).

Agustin (2013) menjelaskan bahwa kondisi optimal yang dihasilkan selama fermentasi yaitu konsentrasi sumber gula dengan kadar gula 15%. Hal ini disebabkan mikroba akan tumbuh dan mengkonversi substrat menjadi etanol tanpa adanya inhibisi substrat yang menyebabkan sel menjadi stress dan metabolisme sel menurun.

Puspitasari (2008) dengan hasil penelitian menunjukkan brix dalam molase sebesar 88,6 %, polarisasi sebesar 31,09 %, kadar sukrosa 35,53 %, kadar gula reduksi 18,63 %, kadar sisa gula 0,47 %, kadar gula yang tidak dapat meragi 6,00 % dan kadar abu 7,73 %. Hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kualitas molase secara keseluruhan mempunyai mutu yang baik sebagai bahan baku produksi alkohol.

Hartina (2014) menyampaikan berdasarkan hasil dari penelitiannya didapat kadar etanol tertinggi diperoleh pada perlakuan pH 5 dan lama fermentasi 6 hari dengan kadar etanol sebesar 7.76%, yield 89.89% dengan efisiensi 78.62%. Hal ini terjadi karena pada pH 5 adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat, serta berpengaruh pada pembentukan produk samping, dimana pada pH tinggi konsentrasi gliserol meningkat.

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 tetes tebu fermentasi dalam tangki fermentor volume 100 L, sehingga dalam proses fermentasi oksigen hanya dibutuhkan sedikit (Hadi, 2013).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 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. Senyawa tersebut juga dapat diperoleh dengan cara sintetik berbahan etilena ($CH_2=CH_2$), yang lebih sering disebut etanol saja. Sementara itu, etanol dengan bahan baku gula disebut bioetanol karena gula berasal dari sumber-sumber hayati (Megawati, 2015). Bioetanol diproduksi dengan menggunakan bahan baku hayati, karena itu bioetanol jika terjadi pencemaran tidak memberikan dampak lingkungan yang signifikan.

Indonesia sangat kaya akan bahan baku untuk memproduksi etanol. Tanaman yang berpotensi menghasilkan etanol yang sangat melimpah diantaranya nira, tanaman berpati ataupun tanaman berselulosa.

- a. Bahan yang mengandung glukosa bahan ini ada pada tetes tebu/*molasses*, nira aren, nira kelapa, nira tebu sari buah-buahan dan lain-lain.
- b. Bahan yang mengandung pati/karbohidrat bahan ini terdapat pada umbi-umbian seperti sagu, singkong, ketela, geplek, ubi jalar, talas, ganyong, jagung dan lain-lain
- c. Bahan yang mengandung selulosa, selulosa terdapat dalam serat seperti serat kayu, serat tandan kosong kelapa sawit, serat pisang, serat nanas, ampas tebu dan lain-lain.

Sifat – sifat fisika dan kimia yang juga diketahui pada etanol. Tabel 2.1 memuat sifat – sifat fisik dan kimia etanol.

Tabel 2.1. Sifat Fisika-Kimia Etanol

Properties	Nilai
Rumus molekul	C ₂ H ₅ OH
Bobot molekul (g/mol)	46,7
Warna	Bening
Bobot jenis (g/L)	789
Titik didih (°C)	78,5
Titik beku (°C)	-117
Titik nyala (°C)	12,8
Tekanan uap mmHg	50 pada 38 °C
Nilai kalor	21,09 – 29,80
Kalor spesifik (kcal/kg °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

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 hadirnya bioetanol generasi kedua, ketiga, dan keempat.

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* ini dalam rangkaian proses pembuatannya juga ada tahap fermentasi, tetapi harus melalui proses

pretreatment terlebih dahulu dikarenakan tidak dapat secara langsung dilakukan proses fermentasi. 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) .

2.2.2 Tetes Tebu

Tetes tebu/*Molasses* adalah hasil samping yang berasal dari pembuatan gula tebu (*Saccharum Offinicarum L*). Tetes tebu berupa cairan kental dan diperoleh dari tahap pemisahan Kristal gula. Molase masih mengandung gula dengan kadar tinggi 48-55 %. Tingginya kandungan gula dalam molase sangat potensial dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol.

Molase masih mengandung kadar gula yang cukup untuk dapat menghasilkan etanol dengan proses fermentasi, biasanya pH molase berkisar antara 5,5 – 6,5. Molase yang mengandung kadar gula sekitar 10-18 % telah memberikan hasil yang memuaskan dalam pembuatan etanol.

Molase dari tebu dapat dibedakan menjadi 3 jenis. Molase kelas 1, kelas 2 dan "*black strap*". Molase kelas 1 didapatkan saat pertama kali jus tebu dikristalisasi. Saat dikristalisasi terdapat sisa jus yang tidak mengkristal dan berwarna kuning. Maka sisa jus ini langsung diambil sebagai *molasse* kelas 1. Kemudian *molasse* kelas 2 atau biasa disebut dengan "*Dark*" diperoleh saat proses kristalisasi kedua. Warnanya agak kecoklatan sehingga sering disebut juga dengan istilah "*Dark*". Dan *molasse* kelas terakhir, "*Black Strap*" diperoleh dari kristalisasi terakhir. Warna "*black strap*" ini memang mendekati hitam (coklat tua) sehingga tidak salah jika diberi nama "*Black strap*" sesuai dengan warnanya. "*Black strap*" ternyata memiliki kandungan zat yang berguna. Zat-zat tersebut antara lain kalsium, magnesium, potasium, dan besi. "*Black strap*" memiliki kandungan kalori yang cukup tinggi, karena terdiri dari glukosa dan fruktosa.

Tabel 2.2. Kualitas tests tebu/*molasse*

Analisa	Rata-rata kadar dalam molase
Brix	88,6 Brix
Polarisasi dan HK	31,82% - 28,35%
Kadar sukrosa	35,53%
Kadar gula reduksi	18,63%
Kadar abu	7,73%

Sumber: Penelitian Reni Puspita 2008

Tebu (*Saccharum officinarum L*) kedudukannya dalam ilmu teksonomi tumbuhan adalah :

Tebu (*Saccharum officinarum L*)

Klasifikasi

Kingdom	: Plantea
Subkingdom	: Tracheobionta
SuperDivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: Saccharum
Spesies	: Saccharum officinarum

2.2.3 Fermentasi

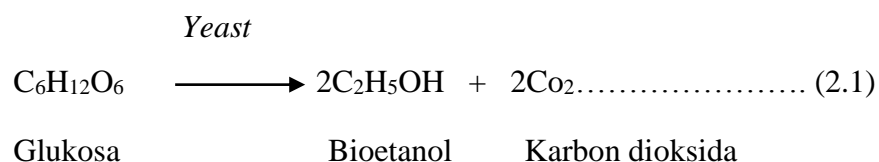
Fermentasi berasal dari bahasa latin “*ferfere*” yang berarti mendidihkan (Deky S, 2012). Seiring perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas menjadi proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses

pengubahan glukosa menjadi etanol. Namun, istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa-senyawa organik yang dilakukan oleh mikroorganisme.

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

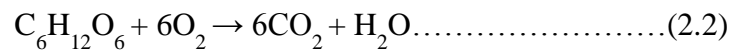
Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Fermentasi untuk menghasilkan bioetanol oleh ragi merupakan perubahan gula-gula heksosa sederhana menjadi bioetanol dan CO_2 secara anaerob, udara tidak diperlukan selama proses fermentasi. Menurut Hadi (2013), pada proses fermentasi terjadi pemecahan senyawa induk, dimana 1 molekul glukosa akan menghasilkan 2 molekul bioetanol, 2 molekul CO_2 dan pembebasan energi. Secara teoritis bahwa 1 gram gula akan dikonversikan menjadi 0,51 gram bioetanol (51% bioetanol) dan 0,49 gr CO_2 (49% CO_2) (Chairul dan Silvia, 2013).



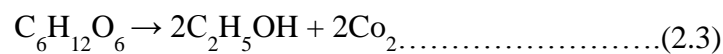
Fermentasi alkohol merupakan proses pembuatan alkohol dengan memanfaatkan aktivitas *yeast*. Proses fermentasi adalah anaerob, yaitu mengubah glukosa menjadi alkohol, tetapi dalam pembuatan starter dibutuhkan suasana

aerob dimana oksigen diperlukan untuk pembiakan sel. Reaksinya adalah sebagai berikut :

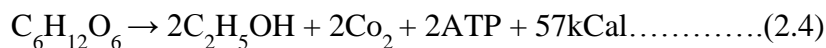
a. pemecahan glukosa dalam suasana aerob



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 (Agustinus, 2009).

Menurut (Deky S, 2012) semakin lama waktu fermentasi kadar bietanol akan mengalami kenaikan, namun jika sudah mencapai optimum kadar etanol akan menurun. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap hasil karena semakin lama waktu fermentasi akan meningkatkan kadar bioetanol, namun bila fermentasi terlalu lama nutrisi dalam substrat akan habis dan khamir *Saccaromyces cerevisiae* tidak lagi dapat memfermentasikan bahan. (Harimbi S)

Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat yang sesuai. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi antara lain :

a. Keasaman (Ph)

pH substrat atau media fermentasi merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam kehidupan bakteri *saccharomyces cereviae*. *Saccharomycess cereviseae* dapat tumbuh baik pada range 3 - 6, namun apabila pH lebih kecil dari 3 maka proses fermentasi akan berkurang kecepatannya pH yang paling optimum pada 4,5 - 5. Pada pH yang lebih tinggi, adaptasi *yeast* lebih rendah dan aktivitas fermentasinya juga meningkat.

b. Suhu

Suhu fermentasi sangat menentukan perkembangbiakan selama fermentasi, tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang maksimal, suhu pertumbuhan minimal, dan suhu optimal. suhu yang optimum dalam perkembangbiakan *Saccharomycess cereviseae* umumnya 27 - 32^oC.

c. Oksigen

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan *yeast* (starter) tapi tidak diperlukan dalam proses alkohol, karena proses fermentasi alkohol bersifat anaerob. Jika udara terlalu banyak maka mikroba hanya bekerja untuk memperbanyak jumlah *yeast* 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.

d. Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi biasanya dilakukan selama 3-14 hari. Jika waktunya terlalu cepat *saccharomyces cereviae* masih dalam proses pertumbuhan sehingga alkohol yang dihasilkan jumlahnya sedikit dan jika terlalu lama maka *saccharomyces* akan mati. . Menurut Hadi (2013) rata-rata waktu fermentasi adalah antara 75,3 - 78 jam atau sekitar 3 hari.

e. Nutrisi

Nutrisi diperlukan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Nutrisi yang diperlukan misalnya: garam ammonium(NH₄CL),

$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ atau urea, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ atau NPK, dan garam *phosphate* (pupuk TSP).

2.2.4 Yeast

Yeast dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya. Untuk memproduksi alkohol dari pati dan gula digunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Pemilihan tersebut bertujuan supaya didapatkan mikroorganisme yang mampu tumbuh dengan cepat dan mempunyai toleransi terhadap konsentrasi gula yang tinggi, mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah yang banyak dan tahan terhadap alkohol tersebut. Temperatur pertumbuhan yang optimum untuk *Saccharomyces cerevisiae* adalah 28-36⁰C dan pH optimum untuk pertumbuhan sel khamir 4,5 – 5,5.

Saccharomyces merupakan jenis khamir atau ragi atau *yeast* yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi etanol dan CO_2 . *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme bersel satu, tidak berklorofil, dan termasuk kelompok *eumycetes*. Tumbuh baik pada suhu 30⁰C dan pH 4,5 - 5. 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 unsure C sebagai sumber karbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea atau ZA, unsur ammonium dan pepton, unsur mineral dan vitamin. Beberapa yang termasuk dalam genus *saccharomyces* yaitu *saccharomyces cerevisiae*, *saccharomyces boullardii*, dan *saccharomyces uvarum* (Tri Setiawan, 2011). Klasifikasi *saccharomyces* ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Klasifikasi *Saccharomycess*

Kingdom	Plantae
Divisio	Magnoliophyta
Kelas	Liliopsida
Ordo	Arecales
Famili	Arecaceae

Sumber : Tri Setiawan, 2011

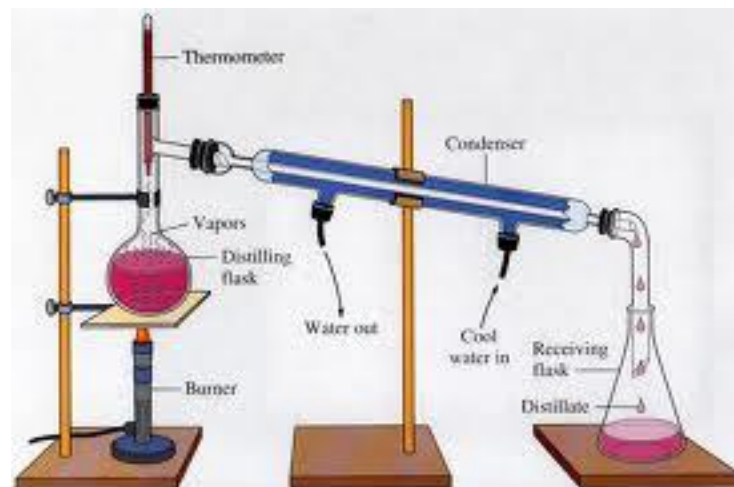
Saccharomycess cereviseae merupakan mikroba yang bersifat fakultatif, ini berarti mikroba tersebut memiliki 2 mekanisme dalam mendapatkan energinya. Jika ada udara, tenaga di peroleh dari respirasi aerob dan jika tidak ada udara tenaga di peroleh dari respirasi anaerob. Tenaga yang diperoleh dari respirasi aerob digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan sel sehingga praktis tidak ada kenaikan jumlah alkohol. *Saccharomycess 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 *saccharomycess cereviseae* karena mempunyai daya fermentasi yang tinggi, berdasarkan hasil penelitian *saccharomycess cereviseae* mempunyai daya fermentasi yang tinggi terhadap glukosa, fruktosa, galaktose, maltose dan mempunyai daya tahan dalam lingkungan di kadar alkohol yang relatif tinggi serta tahan terhadap mikroba lain.

2.2.5 Destilasi

Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*). Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu.

Destilasi sederhana dasar pemisahannya adalah perbedaan titik didih yang jauh atau salah satu komponen bersifat *volatile*. Jika campuran dipanaskan maka komponen yang titik didihnya lebih rendah akan menguap terlebih dahulu, selain perbedaan titik didih juga perbedaan kevolatilan, yaitu kecenderungan sebuah substansi untuk menjadi gas. Destilasi ini dilakukan pada tekanan atmosfer, aplikasi destilasi sederhana digunakan untuk memisahkan campuran air dan alkohol.



Gambar 2.1 .Alat destilasi sederhana

2.2.5.1 Destilasi Bioetanol

Bioetanol yang diperoleh dari proses fermentasi masih berupa campuran antara air dengan etanol. Campuran larutan tersebut dapat dipisahkan dengan cara destilasi, karena destilasi mampu memisahkan dua atau lebih komponen cairan

berdasarkan perbedaan titik didihnya, pada destilasi bioetanol suhu pemanas harus dijaga antara 79°C – 86°C pada suhu tersebut etanol akan menguap tetapi air tidak akan menguap (Sri komaryati, 2010).

Mhd. Riza Marjoni dengan penelitiannya menjelaskan nilai efisiensi tertinggi diperoleh pada suhu 71°C . waktu destilasi sampai pada suhu 85°C tidak mempengaruhi nilai efisiensi yang diperoleh, peristiwa ini menunjukkan bahwa pada suhu 85°C telah terjadi keseimbangan jumlah bahan teruapkan dan seluruh fase cair dalam larutan telah teruapkan seluruhnya sehingga tidak ada lagi penguapan larutan pada suhu tersebut.

Sedangkan pada suhu 71°C mempunyai pengaruh nyata terhadap kadar etanol. Hal ini disebabkan karena titik didih etanol yang berada pada suhu antara 70°C – 78°C . pada suhu 78°C etanol lebih dulu menguap dari air, sedangkan peningkatan suhu sampai 85°C membuat kadar etanol destilat yang dihasilkan semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu destilat, karena semakin banyak fase cair lain selain etanol yang ikut teruapkan pada saat proses destilasi berlangsung.