

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Etanol atau etil alkohol (C_2H_5OH), merupakan cairan yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzene, dan semua pelarut organik, serta memiliki bau khas alkohol. Salah satu pembuatan etanol yang paling terkenal adalah fermentasi. Bioetanol dapat diperoleh salah satunya dengan cara memfermentasi singkong.

Bioetanol adalah etanol C_2H_5OH yang terbuat dari biomassa yang mengandung komponen pati dan selulosa yang biasanya terkandung pada tanaman pertanian seperti tebu, singkong, ubi kayu,. Penggunaan bioetanol dimungkinkan sebagai pengganti bahan bakar bensin dikarenakan karakteristik etanol yang mirip dengan bensin. Etanol maupun bensin sama-sama memiliki struktur hidrokarbon rantai lurus. Penggunaan bioetanol sebagai pengganti bahan bakar bensin juga sangat cocok karena bersifat ramah lingkungan. Hal itu disebabkan karena pada dasarnya bioetanol tidak mengemisikan C netto.

Bahan baku pembuatan bioetanol ini dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

a) Bahan sukrosa

Bahan bersukrosa dapat langsung dikonversi menjadi bioetanol dengan tahap fermentasi. Bahan - bahan yang termasuk dalam kelompok ini antara lain nira, tebu, nira nipati, nira sargum manis, nira kelapa, nira aren, dan sari buah mete.

b) Bahan berpati

Pembuatan Bioetanol dari bahan berpati dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama yaitu dengan hidrolisis pati yang merupakan perubahan pati menjadi glukosa. Hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan asam atau enzim dengan suhu, pH, dan waktu reaksi tertentu. Tahap selanjutnya merupakan tahap fermentasi dimana glukosa yang telah dihasilkan pada tahap selanjutnya difermentasi. Bahan - bahan yang termasuk kelompok ini adalah bahan - bahan yang mengandung pati atau karbohidrat. Bahan - bahan tersebut antara lain tepung -

tepung ubi ganyong, sorgum biji, jagung, cantel, sagu, ubi kayu, ubi jalar, dan lain - lain.

c) Bahan berselulosa (lignoselulosa)

Bahan berselulosa dapat dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol dengan beberapa tahap seperti pretreatment, hidrolisis dan fermentasi. Pretreatment yang dilakukan adalah delignifikasi yang merupakan proses untuk memecah atau menghilangkan lignin serta degradasi hemiselulosa dan penurunan jumlah selulosa yang berbentuk kristal. Selanjutnya tahap hidrolisis yang merupakan tahap dimana selulosa dan hemiselulosa beserta monomernya dikonversi menjadi gula yang selanjutnya dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses fermentasi. Bahan berselulosa (lignoselulosa) artinya adalah bahan tanaman yang mengandung selulosa (serat), antara lain kayu, jerami, batang pisang, dan lain-lain.

Bioetanol secara umum dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan. Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015 yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) menyatakan tentang kewajiban minimal pemanfaatan bioetanol sebagai campuran bahan bakar minyak pada usaha mikro, usaha perikanan, usaha pertanian, transportasi dan pelayanan umum mulai Januari 2020 adalah sebesar 5% bioetanol 95% bensin (E5), sedangkan untuk transportasi non PSO, industri dan komersial memiliki ketetapan penggunaan E10 dan semua penggunaan akan ditingkatkan menjadi E20 atau 20% bioetanol 80% bensin pada Januari 2025.

Bioetanol yang digunakan sebagai bahan bakar mempunyai beberapa kelebihan, yang pertama adalah nilai oktannya yang lebih tinggi dari bensin yaitu sebesar 96-113 sehingga dapat digunakan sebagai campuran untuk meningkatkan performa bensin. Selain itu penggunaan bioetanol juga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan mengurangi emisi polutan berupa oksida nitrogen dan sulfur karena memiliki kadar oksigen yang lebih tinggi (34%) dan kadar sulfur yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan bensin. Parameter uji bioetanol dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Parameter Uji Bioetanol menurut SNI 7390:2008

No	Sifat	Unit min/max	Spesifikasi
1	Kadar Etanol	% v, min	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)
2	Kadar Metanol	mg/L, max	300
3	Kadar Air	% v, min	1
4	Kadar Denturan	% v, min % v, max	2 5
5	Kadar Tembaga	mg/kg, max	0,1
6	Keasaman Sebagai CH ₃ COOH	mg/L, max	30
7	Tampakan		Jernih dan Terang, tidak ada endapan dan kotoran
8	Kadar Ion Klorida	mg/L, max	40
9	Kandungan Belerang	mg/L, max	50
10	Kadar Getah dicuci	mg/100ml, max	5
11	pH		6,5-9

Sumber: Badan Standarisasi Nasional

Sementara di bawah ini merupakan tabel sifat fisik dari etanol berdasarkan SNI 06-3565-1994 :

Tabel 2.2 Sifat Fisik Etanol

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

Sumber: Badan Standarisasi Nasional

2.2 Tetes Tebu (Molase)

Molase merupakan salah satu bahan baku alternatif dalam pembuatan bioetanol karena prosesnya lebih sederhana dan hanya meliputi proses fermentasi dan destilasi. Bahan baku molase juga memiliki harga yang murah dan mudah didapatkan. Molase atau tetes tebu merupakan hasil samping (by product) pada proses pembuatan gula. Molases berwujud cairan kental yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula.

Molase mengandung sebagian besar gula, asam amino dan mineral dengan pH sekitar 5.5-5.6. Sukrosa yang terdapat dalam tetes bervariasi antara 25 – 40 %, dan kadar gula reduksinya 12 – 35 %. Tebu yang belum masak biasanya memiliki kadar gula reduksi tetes lebih besar daripada tebu yang sudah masak. Komposisi yang penting dalam molases adalah TSAI (Total Sugar as Inverti) yaitu gabungan dari sukrosa dan gula reduksi. Molases memiliki kadar TSAI antara 50 – 65 %. Angka TSAI ini sangat penting bagi industri fermentasi karena semakin besar TSAI akan semakin menguntungkan (Rochani, Yuniningsih, & Ma'sum, 2016). Untuk pembuatan etanol, molase harus mendapat perlakuan *pretreatment* karena molase bersifat kental, kadar gula dan pH-nya masih terlalu tinggi (Anggraini, Yuniningsih, & Sota, 2017). Berikut sifat fisik dan kimia molase dapat dilihat pada tabel 2.3

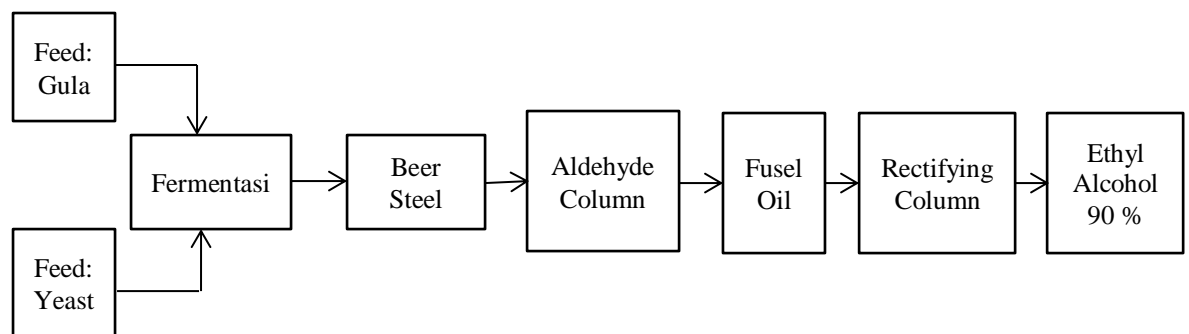
Tabel 2.3 Sifat Fisika dan Kimia Molase

Titik Didih	>100 20°C
Densitas relatif (20°C)	1,4-1,44 kg/l
Viskositas (20°C)	5000-20000 cps
pH	5
Cairan kental	
Berwarna coklat gelap	
Berbau karamel, tidak menyengat	
Kelarutan tidak terbatas dalam air	
Dekomposisi termal dimulai pada suhu 60 °C	
(Premier molasses, 2013)	

Selama fermentasi batch, akan terbentuk *inhibitor* yang dapat disebabkan oleh mineral atau konsentrasi substrat molase. Kandungan mineral dalam bentuk Ca, K, dan Mg dan konsentrasi gula yang terkandung dalam molase tebu harus dipertimbangkan dalam proses fermentasi. Strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan mineral terutama kalsium adalah *decalcification* menggunakan H₂SO₄ (Raharja, Murdiyatmo, Sutrisno, & Wardani, 2019)

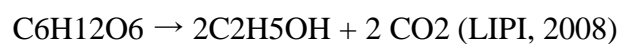
2.3 Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan-perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang dapat berlangsung karena aksi katalisator biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba-mikroba hidup tertentu. Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik. Fermentasi dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan pangan tersebut.



Gambar 2.1 Flowchart Pembuatan Etanol dengan Proses Fermentasi dari Molases

Louis Pasteur pertama kalinya mengenalkan metode fermentasi. Sementara Gay-Lussac di tahun 1815 memformulasikan konversi glukosa menjadi etanol dan karbondioksida:



Proses fermentasi ini akan merubah glukosa dari molase menjadi etanol. Fermentasi dilakukan dengan penambahan ragi atau yeast. Untuk mendapat hasil yang maksimal perbandingan terbaik penambahan ragi dengan limbah yang akan dilakukan proses fermentasi adalah 1 : 0,006 (Wiratmaja, 2011).

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi adalah sebagai berikut:

2.3.1. Enzim

Penggunaan ragi dalam penelitian berfungsi sebagai mikroorganisme yang melakukan fermentasi glukosa menjadi etanol. Di dalam ragi terkandung *S. cereviceae* yang memiliki kemampuan besar dalam merombak gula menjadi etanol. *S. cereviceae* dikenal sebagai *baker's yeast* yang memiliki kemampuan paling tinggi dalam memfermentasi gula menjadi etanol pada kondisi anaerob fakultatif. Hal yang sama dikemukakan oleh Trianik Widyanigrum et al (2016) yang menyatakan bahwa penggunaan *S. cereviceae* dapat mempercepat perombakan glukosa menjadi etanol, dan semakin tinggi konsentrasi *S. cereviceae* yang digunakan, maka produksi bioetanol semakin besar karena dipengaruhi oleh banyaknya sel yang melakukan proses perombakan glukosa menjadi etanol. Selama nutrisi dalam medium tersedia, maka mikroorganisme yang bersangkutan akan terus melakukan perombakan dan akan berakhir seiring dengan menurunnya nutrisi di dalam medium.

2.3.2. pH

Perlakuan pH medium fermentasi akan memberikan pengaruh terhadap produksi bioetanol. pH merupakan kondisi asam-basa medium suatu mikroorganisme yang dapat mempengaruhi pertumbuhan (aktivitas pembelahan sel) dari mikroorganisme tertentu. Nilai pH dari suatu unsur adalah perbandingan antara konsentrasi ion hydrogen [H^+] dengan konsentrasi ion hidroksil [OH^-]. Jika konsentrasi H^+ lebih besar dari OH^- , material disebut asam; yaitu nilai pH adalah kurang dari 7. Jika konsentrasi OH^- lebih besar dari H^+ , material disebut basa, dengan suatu nilai pH lebih besar dari 7.

pH sangat berperan penting dalam pertumbuhan mikroorganisme fermentasi. pH berkenaan dengan derajat keasaman medium yang akan menentukan aktivitas mikroorganisme selain ketersediaan nutrisi. pH merupakan kondisi asam basa medium fermentasi yang berhubungan dengan aktivitas pertumbuhan mikroorganisme. pH yang terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) dapat memicu tingkat kematian sel mikroba. Tingkat kematian mikroorganisme yang tinggi akan berpengaruh terhadap kecepatan fermentasi, karena jumlah mikroba akan berkurang dalam mengurai glukosa menjadi etanol.

2.3.3. Waktu

Produksi etanol dipengaruhi oleh lama fermentasi, dimana lama fermentasi berkenaan dengan waktu logaritmik yang dimiliki oleh mikroba untuk berada dalam jumlah yang banyak dalam merombak glukosa menjadi etanol. Mikroba memiliki fase pertumbuhan yang berkenaan dengan waktu pertumbuhan. Mikroba akan bertambah dalam jumlah yang tinggi pada fase logaritmik, sehingga kemampuannya dalam menggunakan nutrisi akan semakin besar dan hal ini akan berdampak terhadap produk yang dihasilkan. Jika terlalu lama waktu fermentasi, maka produksi etanol dapat berkurang karena terjadinya kematian sel mikroba yang disebabkan oleh kekurangan nutrisi atau karena keracunan CO₂ yang merupakan produk samping dari proses fermentasi anaerobik.

Lama fermentasi yang memberikan hasil yang paling baik adalah 72 jam, artinya bahwa fase logaritmik berlangsung pada waktu tersebut. Fase logaritmik adalah fase pertumbuhan tercepat yang dialami oleh mikroorganisme karena ketersediaan nutrisi yang lebih banyak dibandingkan dengan keberadaan sel mikroba. Banyaknya nutrisi mengakibatkan ketersediaan energi mikroba dalam jumlah yang besar untuk merombak glukosa menjadi etanol.

Pada proses fermentasi, semakin lama waktu fermentasi semakin turun nilai pH, hal ini karena proses fermentasi akan mengalami proses biosintesis piruvat. Proses biosintesis piruvat adalah suatu proses yang menghasilkan produk asam, seperti asam butirat, asam asetat, aseton, asetaldehid dan alkohol. Asam merupakan racun bagi khamir sehingga semakin tinggi kandungan asam akan menghambat pertumbuhan khamir (Fadarina, 2018).

2.3.4. Pengadukan

Faktor lain yang mempengaruhi proses fermentasi menjadi bioetanol adalah kecepatan pengadukan. Pengadukan berfungsi untuk meratakan kontak sel dan substrat, menjaga agar mikroorganisme tidak mengendap di bawah dan meratakan temperatur di seluruh bagian bioreaktor. Proses fermentasi terjadi antara substrat berupa cairan dan mikroorganisme berupa padatan. Oleh sebab itu diperlukan pengadukan agar reaksi pembentukan produk pada interface kedua fasa dapat terjadi. Dengan adanya pengadukan, maka kontak substrat dengan mikroorganisme

akan semakin cepat dan seragam pada setiap titik. (Wibowo, Chairul, Irdoni, & others, 2015).

Kecepatan pengaduk yang tepat diharapkan dapat menunjang fungsi pengadukan sehingga dapat meningkatkan hasil fermentasi. Selain itu pengadukan juga berfungsi sebagai pemecah sel berkoloni sehingga sel - sel mikroorganisme tidak menyatu membentuk gumpalan (flok) yang akan mengganggu perkembangbiakan sel yang tidak mendapatkan nutrisi yang cukup dari substrat. Pengadukan yang terlalu cepat dapat mengakibatkan kontak antara enzim yang dihasilkan dari *saccharomyces cerevisiae* dengan substrat glukosa menjadi berkurang dan tidak maksimal yang mengakibatkan glukosa yang terkonversi menjadi bioetanol menjadi lebih sedikit. (Wibowo, Chairul, Irdoni, & others, 2015)

Jenis pengaduk juga berpengaruh pada hasil fermentasi. Jenis pengaduk mempengaruhi jenis aliran yang dihasilkan sehingga berpengaruh pada pencampuran zat yang terjadi didalam tangki. Selain itu, jenis aliran juga dipengaruhi oleh property cairan, geometri tangki, dan tipe sekat.

Menurut Geankoplis (1993) terdapat beberapa jenis pengaduk, antara lain:

1. Pengaduk Jenis *Propeller*
2. Pengaduk Jenis *Paddle*
3. Pengaduk Jenis Turbin
4. Pengaduk jenis *Helical Ribbon*

2.4 Bioreaktor

Bioreaktor adalah reaktor untuk reaksi yang melibatkan makhluk hidup. Bahan yang di gunakan untuk bioreaktor biasanya berupa poliakrilik, kaca dan stainless steel. Bahan poliakrilik dan kaca dapat digunakan secara langsung tanpa perlu mendapatkan perlakuan khusus, sebab kedua bahan ini tidak bereaksi terhadap suatu media. Akan tetapi fermentor berbahan poliakrilik lebih banyak digunakan sebab kaca mempunyai sifat yang rentan sehingga mudah pecah (fragile).

Bioreaktor atau diketahui juga dengan nama fermentor merupakan tangki atau wadah dimana didalamnya seluruh sel (mikroba) mengubah bahan dasar menjadi

produk biokimia dengan atau tanpa produk sampingan. Fermentor berfungsi sebagai suatu tempat atau wadah yang menyediakan lingkungan yang tepat dan dapat dikontrol untuk pertumbuhan dan aktivitas mikrobia atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Rochani, Yuniningsih, & Ma'sum, 2016).

Ada beberapa tipe bioreaktor yaitu fermentor batch, fermentor sinambung (continue) dan fermentor semi sinambung (fed batch). Fermentor yang digunakan pada penelitian ini adalah fermentor *batch*, Fermentor *batch* adalah fermentor yang sederhana, dimana pada saat proses berlangsung tidak ada bahan yang masuk maupun yang keluar dari fermentor. Kondisi bahan maupun mikroorganisme dalam fermentor *batch* secara menyeluruh mengalami perubahan seiring dengan waktu sampai pada tingkat tertentu. Proses di dalam fermentasi ini menggunakan proses Anaerobe yang merupakan proses penguraian bahan organik oleh bakteri anaerob dimana proses penguraian ini terjadi saat tidak adanya oksigen. Saat pemanenan produk, harus dilakukan proses lebih lanjut seperti pemurnian dan lain sebagainya

Fermentor dilengkapi dengan peralatan mekanik dan elektrik, bahkan beberapa di antaranya dilengkapi dengan sistem kontrol yang berguna untuk mengontrol variabel fisika dan variabel kimia yang berpengaruh dalam proses fermentasi. Kontrol fisika meliputi sensor suhu, tekanan, agitasi, foam, dan kecepatan aliran, sedangkan kontrol kimia meliputi sensor pH, kadar oksigen, dan perubahan komposisi medium (Fadarina, 2018).

Fermentor yang digunakan pada penelitian ini adalah fermentor berpengaduk. Proses pengadukan memiliki beberapa tujuan antara lain untuk mendistribusikan partikel secara merata, membentuk suspensi antara padat dan cair, menghindari terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan energi yang berupa panas.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pencampuran adalah adanya aliran yang turbulen dan laju alir bahan yang tinggi biasanya menguntungkan proses pencampuran. Sebaliknya, aliran yang laminar dapat menggagalkan pencampuran. Kemudian, ukuran partikel atau luas permukaan, dimana semakin luas permukaan

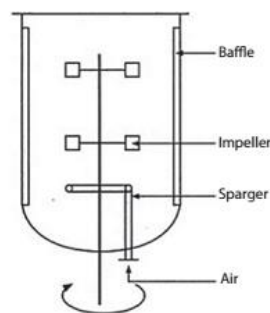
kontak bahan-bahan yang dicampur berarti semakin kecil partikel dan semakin mudah gerakannya dalam campuran, maka proses pencampuran semakin baik. Dan yang terakhir adalah kelarutan, dimana semakin besar kelarutan bahan-bahan yang akan dicampur maka semakin baik pula pencampurannya.

Pencampuran di dalam tangki pengaduk terjadi karena adanya gerak rotasi dari pengaduk dalam fluida. Gerak pengaduk ini memotong fluida tersebut dan dapat menimbulkan arus yang bergerak keseluruhan sistem fluida tersebut. Oleh sebab itu, pengaduk merupakan bagian yang paling penting dalam suatu operasi pencampuran fasa cair dengan tangki pengaduk. Pencampuran yang baik akan diperoleh bila diperhatikan bentuk dan dimensi pengaduk yang digunakan, karena akan mempengaruhi keefektifan proses pencampuran, serta daya yang diperlukan.

Menurut Singhal dkk pada *Principles and Applications of Fermentation Technology* terdapat beberapa jenis Fermentor, antara lain:

2.4.1. Fermentor Berpengaduk

Fermentor berpengaduk memiliki keuntungan dimana control temperature mudah dilakukan, biaya konstruksi murah, dapat dioperasikan dengan mudah dan pembersihan tangki dapat dengan mudah dilakukan.



Gambar 2.2 Fermentor Tipe Berpengaduk

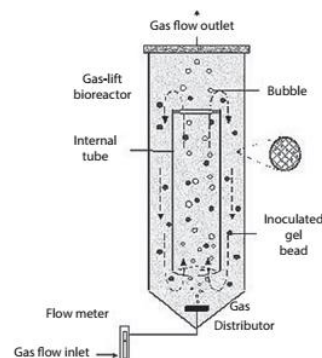
Sumber: Singhal dkk. 2018. *Principles and Applications of Fermentation Technology*

Jenis pengaduk yang digunakan pada penelitian ini adalah pengaduk tipe *paddle* (dayung). Pengadukan dengan tipe ini biasanya untuk kecepatan rendah diantaranya 10 sampai dengan 200 rpm. Dayung datar atau berdaun dua atau empat bisa digunakan dalam proses pengadukan. Jenis pengaduk paddle cocok digunakan pada kecepatan pengaduk rendah dengan pola aliran yang dihasilkan tangensial sehingga arus bergerak kearah horizontal dan setelah mencapai dinding arus

diblokkan ke atas dan ke bawah. Dengan demikian pada kecepatan tersebut, pengadukan menjadi homogen, (Kurniawan dkk, 2011).

2.4.2. Fermentor Tipe Airlift

Fermentor tipe ini biasanya digunakan sebagai tempat kontak antara gas dan cair atau gas, cair, dan padatan. Sirkulasi fluida pada fermentor jenis ini memiliki pola putaran sesuai dengan lorong yang ada di dalam fermentor.

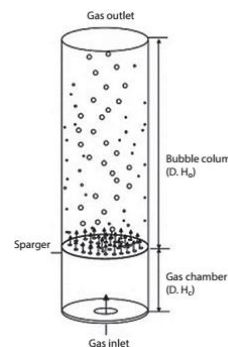


Gambar 2.3 Fermentor Tipe Airlift

Sumber: Singhal dkk. 2018. *Principles and Applications of Fermentation Technology*

2.4.3. Fermentor Tipe Bubble Column

Reaktor Bubble Column digunakan pada banyak industri kimia, pertokimia dan biokimia. Jenis reaktor ini memiliki konstruksi yang sederhana, mudah dipelihara dan biaya operasinya murah.

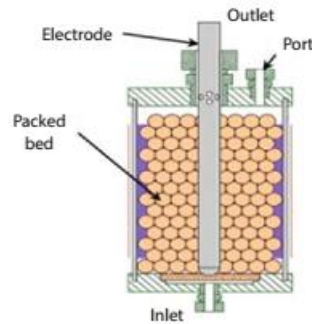


Gambar 2.4 Fermentor Tipe Bubble Coloumn

Sumber: Singhal dkk. 2018. *Principles and Applications of Fermentation Technology*

2.4.4. Fermentor Tipe *Packed Bed*

Packed Bed Reactor yang juga sering disebut dengan *fixed bed reactor* sering digunakan pada aplikasi proses kimia seperti adsorbs, distilasi, stripping, proses pemisahan, dan reaksi katalitik.

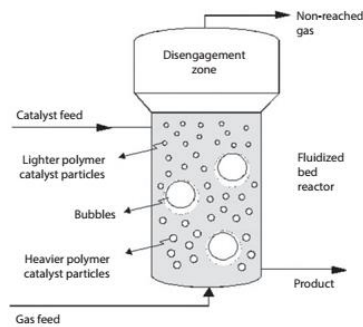


Gambar 2.5 Fermentor Tipe Packed Bed

Sumber: Singhal dkk. 2018. *Principles and Applications of Fermentation Technology*

2.4.5. Fermentor Tipe *Fluidized Bed*

Pada bioreaktor ini, katalis berada dibawah reaktor dan reaktan dipompa ke reaktor menggunakan pompa distributor untuk membuat *fluidized bed*.



Gambar 2.6 Fermentor Tipe Fluidized Bed

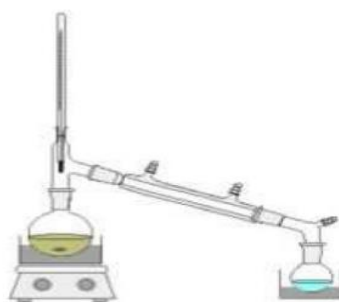
Sumber: Singhal dkk. 2018. *Principles and Applications of Fermentation Technology*

2.5 Destilasi

Setelah proses fermentasi selama 3 hari, maka molase yang telah melalui proses fermentasi diambil etanolnya dengan proses destilasi. Destilasi atau

penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap. Karena dalam hasil fermentasi masih terdapat air yang dapat mengganggu kadar etanol yang diperoleh maka dilakukan destilasi untuk memisahkan air dan etanol tersebut. Jika setelah dilakukan destilasi dan diukur kandungannya menggunakan alkoholmeter, kandungan etanol masih belum mencapai batasan minimal untuk grade bahan bakar maka dilakukan proses destilasi lagi sampai mencapai kandungan prosentase etanol yang diinginkan dan kemudian akan diukur volume etanol yang didapatkan.

Berikut ini merupakan gambar dari rangkaian distilasi secara sederhana:



Gambar 2.7 Rangkaian Alat Destilasi Secara Sederhana

Sumber : Endah Lestari, 2010

2.5 Parameter Kualitas Bioetanol

a) Densitas

Berat jenis didefinisikan sebagai massa suatu bahan per satuan volume bahan tersebut. Bentuk persamaannya adalah :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} = \frac{m}{V} \quad (\text{Sumber: Qurratul,uyun. 2017})$$

Satuan dari berat jenis adalah kg/dm^3 , gr/cm^3 atau gr/ml . Berat jenis mempunyai harga konstan pada suatu temperatur tertentu dan tidak tergantung pada bahan cuplikan atau sampel.

Berat jenis suatu zat cair dapat dihitung dengan mengukur secara langsung mengukur berat zat cair dalam piknometer (menimbang) dan volume zat ditentukan berdasarkan volume piknometer

$$\text{Berat Jenis zat Cair} = \frac{\text{Berat Zat Cair dalam Piknometer}}{\text{Volume Zat Cair dalam Piknometer}}$$

Dimana :

Berat zat cair dalam piknometer = (berat piknometer + berat zat cair) –
piknometer kosong)

Volume zat cair dalam piknometer = volume piknometer

Volume piknometer ditentukan secara langsung dengan menggunakan zat cair yang lain yang diketahui berat jenisnya.

b) Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (density). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada bomb calorimeter. Peralatan ini terdiri dari *container stainless steel* yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25⁰C. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode.