

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

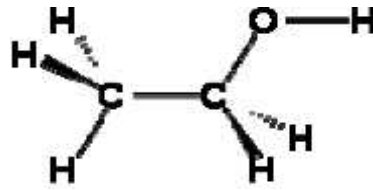
2.1. Bioetanol

Bioetanol berasal dari dua kata yaitu "bio" dan "etanol" dari dua kata tersebut maka dapat diartikan bahwa bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati. Bioetanol bersumber dari gula sederhana, pati dan selulosa. Setelah melalui proses fermentasi dihasilkanlah etanol. Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hydrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai turunan senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus C_2H_5OH . Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dalam air dengan segala perbandingan. Secara garis besar penggunaan etanol adalah sebagai pelarut untuk zat organik maupun anorganik, bahan dasar industri asam cuka, ester, spirtus, asetal dehid, antiseptik dan sebagai bahan baku pembuatan eter danetil ester, etanol juga untuk campuran minuman dan dapat digunakan sebagai bahan bakar (gasohol) (Wiratmaja, 2011).

Berdasarkan alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade sebagai berikut:

- a) Grade industri dengan kadar alkohol 90 – 94 %.
- b) Netral dengan kadar alkohol 96 – 99,5 %, untuk bahan baku farmasi.
- c) Grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 % (Purwanto, 2018).

Bioetanol merupakan salah satu biofuel yang hadir sebagai bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan dan sifatnya yang terbarukan. Terbarukan karena merupakan bahan bakar alternatif yang diolah dari tumbuhan, dan disamping itu memiliki keunggulan karena mampu menurunkan emisi CO_2 hingga 18%, dibandingkan dengan emisi bahan bakar fosil seperti minyak tanah (Jayus, 2016). Bioetanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia, sehingga sangat potensial untuk diolah dan dikembangkan karena bahan bakunya sangat dikenal masyarakat. Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar karbohidrat tinggi, seperti tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete (limbah jambu mete), garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, jerami, dan bagas (ampas tebu) (Jayus, 2016).



Gambar 2.1 Rumus Kimia Bioetanol

Sumber : (Yanuar dan Amrullah 2015)

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 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 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 lainnya.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Etanol

Sifat - sifat Fisika Etanol	Keterangan
Berat Molekul	46,07 gr/grmol
Titik Lebur	-112 °C
Titik Didih	78,4 °C
Densitas	0,7893 gr/ml
Indeks Bias	1,36143 cP
Panas Penguapan	200,6 kal/gr
Warna Cairan	Tidak berwarna
Kelarutan	Larut dalam air dan eter
Aroma	Aroma khas

Sumber : Kirk dan Othmer (1994)

Pemerintah melalui Dewan Standarisasi Nasional telah menetapkan standar mutu nasional bioetanol. Ada dua SNI untuk etanol yaitu SNI-06-3565-1994 untuk alkohol teknis yang tergolong etanol prima I dan etanol prima II (Tabel 2.1) dan SNI DT 27-001-2006 untuk alcohol bahan bakar.

Standar Nasional Indonesia untuk alkohol bahan bakar (*ethanol grade Fuel*) telah disusun oleh Panitia Teknik Energi Baru dan Terbarukan (PTEB) yaitu SNI bioetanol terdenaturasi yang disahkan dengan nomor SNI Dt 27-0001-2006 tanggal 27 Desember (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Standar Mutu Etanol Berdasarkan Standar Industri Indonesia

Parameter	Satuan	Etanol Prima 1	Etanol Prima 1
Kadar etanol	% v/v	96,1	95
Minyak fusel	mg/1, maks	14	15
Keasaman	mg/1, maks	12	30
Sisa penguapan 105C	mg/1, maks	50	50
Metanol	% v/v	0,1	0,1
Aldehid	mg/1, maks	4	150
Logam berat	mg/1	0	0

Sumber : BSN 2006

Tabel 2.3 Standar Mutu Bioetanol Sebagai Bahan Bakar

Parameter	Satuan	Mutu Standar Bioetanol
Kadar Etanol	% v/v	Min 94,1
Kadar Metanol	mg/L	Maks 30
Kadar Air	% b/b	Maks 2
Kadar Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 0,1
Keasaman	mg/L	Maks 30
Kadar Ion klorida (Cl)	mg/L	Maks 40
Kandungan Belerang (S)	mg/L	Maks 50
Kadar getah (gum)	mg/100 ml	Maks 5,0
pH	-	6,5-9,0
Minyak fusel	mg/L	Maks 15
Aldehid	mg/L	Maks 30
Densitas	gr/ml	Maks 0,8215
Spesific Grafity	-	Maks 0,8215
Nilai Kalor	kcal/kg	Maks 5000

Sumber : BSN 2006

2.2 Tetes Tebu (Molasses)

Molasses 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. Molasses berwujud cairan kental yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula.

Molasses 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 molasses adalah TSAI (Total Sugar as Inverti) yaitu gabungan dari sukrosa dan gula reduksi.

Molasses 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). Pada pembuatan etanol, molase harus mendapat perlakuan *pretreatment* karena molasses bersifat kental, kadar gula dan pH-nya masih terlalu tinggi (Anggraini, Yuniningsih, & Sota, 2017).

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 EM4

EM4 merupakan mikroorganisme (bakteri) pengurai yang dapat membantu dalam pembusukan sampah organik atau sangat bermanfaat dalam proses pengomposan. EM4 mengandung mikroorganisme fermentasi dan sintetik yang terdiri dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.), bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp.), *Actinomycetes* sp., *Streptomicetes* sp., dan ragi (yeast) atau yang sering digunakan dalam pembuatan tahu (Sidin, 2019).



Sumber : berkahtani.id

Gambar 2.2 EM4

Mikroorganisme efektif (EM4) merupakan inokulum yang dapat meningkatkan keragaman mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi kesuburan tanah dan tanaman. EM4 bukan pupuk tetapi merupakan bahan yang dapat mempercepat proses pembuatan pupuk organik dan meningkatkan kualitas pupuk (Sidin, 2019).

Menurut Sidin (2019), Jumlah mikroorganisme EM4 sangat banyak sekitar 80 jenis. Mikroorganisme tersebut dapat bekerja dengan baik dalam menguraikan bahan organik dan sekian banyak mikroorganisme ada 4 golongan pokok yaitu:

- 1) Bakteri Laktat (*Lactobacillus sp.*) adalah bakteri gram positif, tidak membentuk spora dan berfungsi menguraikan bahan organik dengan cara fermentasi membentuk asam laktat dan glukosa. Asam laktat akan bertindak sebagai sterilizer atau menekan mikroorganisme yang merugikan serta meningkatkan perombakan bahan-bahan organik dengan cepat.
- 2) Ragi (*Saccharomyces sp.*) berfungsi mengurai bahan organik dan membentuk zat anti bakteri, dapat pula membentuk zat aktif (substansi bioaktif) dan enzim yang berguna untuk pertumbuhan sel dan pembelahan akar. Ragi ini juga berperan dalam perkembangan mikroorganisme lain yang menguntungkan seperti *Actynomicetes* dan *Lactobacillus sp.*
- 3) *Actynomicetes* merupakan bentuk peralihan antara bakteri dan jamur, mempunyai filament, berfungsi mendekomposisikan bahan organik ke dalam bentuk sederhana. Simbiosis antara *Actynomicetes* dengan bakteri fotosintesis akan menjadi bakteri anti mikroba sehingga dapat menekan pertumbuhan jamur dan bakteri yang merugikan dengan cara menghancurkan khitin yaitu zat esensial untuk pertumbuhannya.
- 4) Bakteri fotosintesis (*Rhodopseudomonas sp.*) terdiri dari bakteri hijau dan ungu, bakteri hijau memiliki pigmen hijau (bakteri viridian dan bakteri klorofil), sedangkan bakteri ungu mempunyai pigmen ungu, merah dan kuning (bakteri purpurin). Bakteri fotosintesis merupakan bakteri bebas yang mensintesis senyawa nitrogen, gula dan substansi bioaktif lainnya. Hasil metabolik yang diproduksi diserap langsung oleh tanaman yang tersedia sebagai substrat untuk perkembangan mikroorganisme yang menguntungkan.

2.4 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.

Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi adalah sebagai berikut:

2.4.1 Enzim

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

2.4.2 pH

Perlakuan pH medium fermentasi akan memberikan pengaruh terhadap produksi bioethanol. 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.

2.4.3 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).

2.4.4 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*

2.5 Fermentor

Fermentor adalah 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).

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.

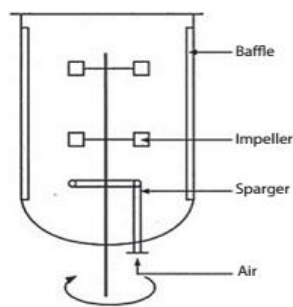
Pencampuran di dalam tangki pengaduk terjadi karena adanya gerak rotasi dari pengaduk dalam fluida. Gerak pengaduk ini memotong fluida tersebut dan dapat menimbulkan arus yang bergerak keseluruhan sistem fluida tersebut. Oleh sebab itu, pengaduk merupakan bagian yang paling penting dalam suatu operasi

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:

2.5.1 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.

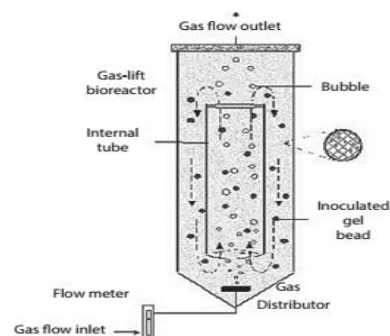


Gambar 2.3 Fermentor Tipe Berpengaduk

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

2.5.2 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.

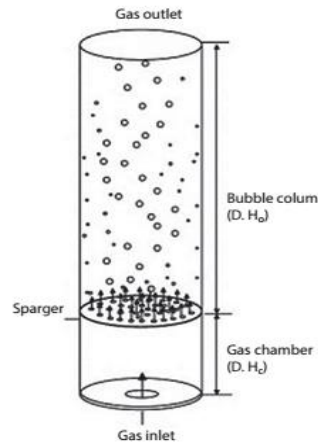


Gambar 2.4 Fermentor Tipe *Airlift*

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

2.5.3 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.

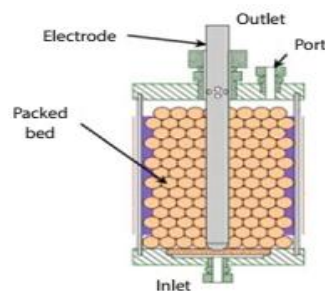


Gambar 2.5 Fermentor Tipe *Bubble Column*

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

2.5.4 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 2.6 Fermentor Tipe *Packed Bed*

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