

## **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, spiritus, 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 (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 % (Wiranata, 2014). Pembuatan etanol dalam industri ada 2 macam yaitu: (1) cara non fermentasi (sintetik), suatu proses pembuatan alkohol yang tidak menggunakan enzim ataupun jasad renik, (2) cara fermentasi, merupakan proses metabolisme dimana terjadi perubahan kimia dan substrat karena aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba (Endah dkk, 2007).

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 (Kurniawan, 2014). Tumbuhan yang potensial untuk menghasilkan bioetanol antara lain tanaman yang memiliki kadar 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) (Kurniawan, 2014).

Tabel 2.1 Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol (SNI 7390-2008)

Parameter	Unit, Min/Max	Spesifikasi	Metode Uji (SNI 7390-2008)
Kadar etanol	%-v, min.	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)	Sub 11.1
Kadar metanol	mg/L, max.	300	Sub 11.1
Kadar air	%-v, max.	1	Sub 11.2
Kadar denaturan	%-V, min.	2	Sub 11.3
	%-V, max	5	
Kadar Cu	Mg/kg, max	0,1	Sub 11.4
Keasaman sbg CH <sub>3</sub> COOH	mg/L, max.	30	Sub 11.5
Tampakan		Jernih & tdk ada endapan	Peng. visual
Ion klorida	mg/L, max.	40	Sub 11.6
Kandungan Sulfur	mg/L, max.	50	Sub 11.7
Getah (gum), dicuci	mg/100 mL, max.	5,0	Sub 11.8
pH		6,5-9,0	Sub 11.9

Sumber: Ahmad Budi Junaidi, 2012

## 2.2. Fermentasi

Fermentasi adalah suatu proses perubahan-perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang dapat berlangsung karena aksi katalisator-katalisator biokimia, yaitu enzim yang dihasilkan oleh mikroba-mikroba hidup tertentu (Soebiyanto, 1993). Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktifitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik sesuai. Fermentasi dapat menyebabkan perubahan sifat bahan pangan, sebagai akibat dari pemecahan kandungan-kandungan bahan pangan tersebut (Fardiaz, 1992).

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:

#### 2.2.1. 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 Trianik Widyanigrum 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.

#### 2.2.2. 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 ethanol.

### 2.2.3. 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 ethanol. 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 ethanol dapat berkurang karena terjadinya kematian sel mikroba yang disebabkan oleh kekurangan nutrisi atau karena keracunan CO<sub>2</sub> 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 ethanol.

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)

### 2.2.4. 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

mikroorganime 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 mikroorganime 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*

### **2.3. Efective Microorganism (EM4)**

Efective Microorganisms 4 (EM4) merupakan kultur campuran dalam medium cair berwarna coklat kekuningan, berbau asam dan terdiri dari mikroorganime yang menguntungkan bagi kesuburan tanah. Adapun jenis mikroorganime yang berada dalam EM 4 antara lain : *Lactobacillus* sp., *Yeast-Saccharomyces*, *Actinomycetes*, *Streptomyces* (Sulistyorini, 2005; Anomim, 2000). Sedangkan menurut Higa (1995), EM adalah suatu campuran dari sekelompok mikroorganime yang mempunyai kemampuan untuk membangkitkan reaksi pada manusia, hewan dan di lingkungan sekitar. Sedangkan spesies utama pada EM adalah *Lactic acid bactena-Lactobacillus plantarum*, *L casei*, *Streptococcus lactis*; *Photosynthetic bacteria-Rhodopseudomonas*,

Rhodobacter spaeriodes; Yeast-Saccharomyces, Candida utilis; Actinomycetes-Streptomyces albus, S.griseus; Fermenting fungi-Aspergillus oryzae, Mucor hiemalis (Diver 2001). EM-4 selain memfermentasi bahan organik dalam tanah atau sampah, juga merangsang perkembangan mikroorganisme lainnya yang menguntungkan bagi kesuburan tanah dan bermanfaat bagi tanaman, misalnya bakteri pengikat nitrogen, pelarut fosfat dan mikro organisme yang bersifat antagonis terhadap penyakit tanaman. Setiap bahan organik akan terfermentasi oleh EM 4 pada suhu 40 -50 C. Pada proses fermentasi akan dilepaskan hasil berupa gula, alkohol, vitamin, asam laktat, asam amino , dan senyawa organik lainnya serta melarutkan unsur hara yang bersifat stabil dan tidak mudah bereaksi sehingga mudah diserap oleh tanaman. EM4 merupakan suatu bahan tambahan yang terdiri dari mikroorganisme yang dapat mencerna selulosa, pati, gula, protein, lemak khususnya bakteri *Lactobacillus* sp. untuk mengoptimalkan pemanfaatan zat-zat makanan.

#### **2.4. Fermentor**

Fermentor atau bioreaktor berfungsi sebagai suatu tempat atau wadah yang menyediakan lingkungan yang tepat dan dapat dikontrol untuk pertumbuhan dan aktivitas mikrobial atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Agus et al, 2016). 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 mikrobial atau kultur campuran tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan (Rochani, Yuniningsih, & Ma'sum, 2016).

Ukuran fermentor bervariasi tergantung pada seleksi proses, operasi proses, dan produk yang diharapkan, yaitu : (a) 5 - 10 liter untuk skala laboratorium (b) 10 – 500 liter untuk skala percobaan (c) 100 - 400.000 liter untuk skala industri besar.

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.

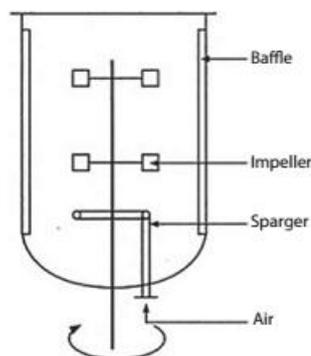
Beberapa faktor yang mempengaruhi pencampuran adalah adanya aliran yang turbulen dan laju alir bahan yang tinggi biasanya menguntungkan proses pencampuran. Sebaliknya, aliran yang laminar dapat menggagalkan pencampuran. Kemudian, ukuran partikel atau luas permukaan, dimana semakin luas permukaan kontak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

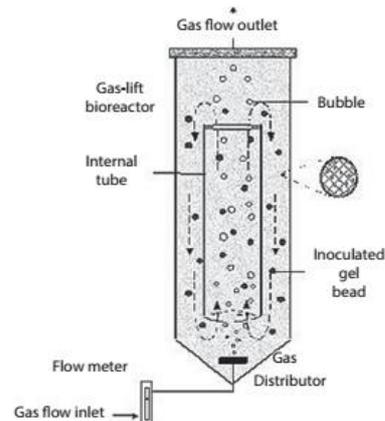


Gambar 2.1 Fermentor Tipe Berpengaduk

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

### 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.

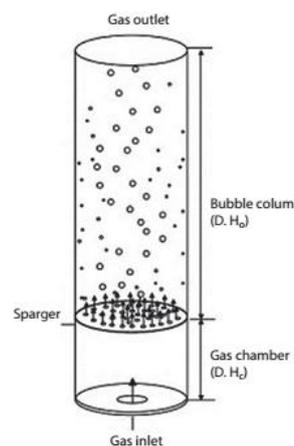


Gambar 2.2 Fermentor Tipe Airlift

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.

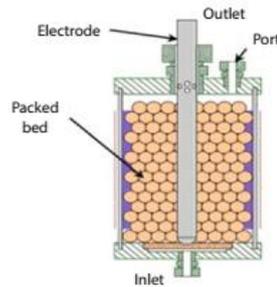


Gambar 2.3 Fermentor Tipe Bubble Coloumn

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

#### 2.4.4. Fermentor Tipe *Packed Bed*

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

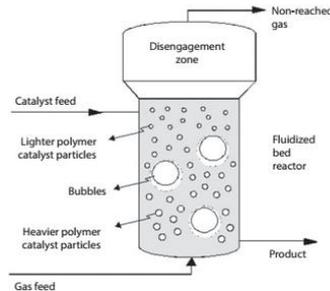


Gambar 2.4 Fermentor Tipe Packed Bed

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 intuk membuat *fluidized bed*.



Gambar 2.5 Fermentor Tipe Fluidized Bed

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

### 2.5. Karakteristik Bahan Bakar Bioetanol

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bensin. Karena angka oktana dan density bioetanol mirip dengan angka oktana dan density bensin. Bahkan angka oktannya relatif lebih tinggi. Keunggulan lain dari bioetanol jika digunakan untuk bahan bakar adalah adanya kandungan oksigen didalam molekulnya sehingga memberikan pembakaran yang lebih sempurna. (Tomo, 2015)

Namun karena rendahnya kandungan energi, tingginya tekanan uap serta mudahnya menyerap air mengurangi kualitas bioetanol ini dibandingkan dengan bensin yang berasal dari hidrokarbon. Kekurangan bioetanol ditambah lagi dengan panas laten penguapannya yang lebih tinggi akan menyulitkan start mesin pada temperatur rendah karena semakin banyak panas yang dibutuhkan untuk menguapkannya sedangkan untuk terjadinya pembakaran bahan bakar harus dalam fase uap. (Tomo, 2015)

Penggunaan bahan bakar bioetanol masih minim digunakan karena pada dasarnya mesin-mesin yang telah ada saat ini tidak dirancang untuk menggunakan bahan bakar bioetanol secara murni. Sehingga saat ini bioetanol dalam penggunaannya untuk bahan bakar dicampur dengan bensin. Campuran bensin dan bioetanol ini disebut gasohol.(Tomo, 2015). Untuk karakteristik bioetanol dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik bioetanol

<b>Komponen</b>	<b>Sifat</b>
Massa molekul relatif	46,07 g/mol
Titik Beku	-114,1°C
Titik didih normal	78.32°C
Densitas pada 20°C	0,7893 g/mol
Kelarutan dalam air 20°C	Sangat larut
Viskositas pada 20°C	1,17 cP
Kalor spesifik pada 20°C	0,579 kal/g°C
Kalor pembakaran pada 20°C	7092,1 kal/g
Kalor penguapan 78,32°C	200,6 kal/g

sumber: Kirk dan Othmer (1994)

## 2.6. Gula

Gula secara kimiawi merupakan senyawa karbohidrat golongan monosakarida dan disakarida. Gula mengandung unsurunsur karbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Gula merupakan kelompok nutrisi dan sumber energi. Gula diproduksi melalui proses fotosintesis yang terjadi pada daun tanaman yang berklorofil, kemudian terjadi interaksi antara karbon dioksida

dengan air di dalam sel berklorofil, terjadi pada siang hari, sehingga menghasilkan senyawa monosakarida (Agus et al, 2016).

## **2.7. Tetes Tebu (Molase)**

Molase atau tetes tebu merupakan hasil samping (by product) pada proses pembuatan gula. Molases berwujud cairan kental yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula. Molases mengandung sebagian besar gula, asam amino dan mineral. 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 (Agus et al, 2016).

Molases atau tetes tebu dikenal sebagai hasil sampingan produk gula yang dikenal sangat luas dan banyak manfaatnya dari berbagai sektor, antara lain :

1. Industri Perikanan bahan fermentasi pakan ikan, ditabur di kolam lele, tambak udang. Tujuan pemberian molases adalah untuk meningkatkan aktifitas bakteri yang menguntungkan di dalam tambak. Probiotik yang timbul hasil dari fermentasi molases berperan untuk memperbaiki laju pertumbuhan, memperbaiki kualitas lingkungan perairan, meningkatkan daya tahan tubuh ikan/udang, dan meningkatkan efisiensi konversi pakan.
2. Industri pupuk pertanian, bahan utama untuk fermentasi pembuatan pupuk kompos bahan baku kotoran hewan seperti ayam, kambing domba, sapi dan sampah organik. Dalam pembuatan pupuk organik diperlukan juga probiotik, yaitu bakteri pengurai yang bahan utama pembuatannya dari molases.
3. Industri Makanan Farmasi bahan baku pembuatan kecap karena kandungan sukrosa yang masih tinggi, pembuatan wafer sebagai pemanis, pemanis untuk minuman cendol dawet, pengembang roti, bahan baku utama penyedap rasa (MSG), penyedap rasa pembuatan masakan di restoran. Sebagian masyarakat meyakini molases dapat mengobati pekit kanker, karena sel kanker suka dengan yang manis.

4. Industri Konstruksi dan Baja dalam proses pengecoran sering ditemukan gelembung udara dalam adukan semen pasir, sehingga dapat menciptakan rongga dalam konstruksi tersebut. Maka penggunaan molases dapat meminimalisir rongga, sehingga akan menghasilkan bangunan yang kuat. Juga untuk menahan supaya tidak cepat kering atau tahan lama sehingga adukan semen pasir tersebut dapat diangkut dalam truk molen.
5. Industri Pengolahan limbah cair, water treatment di hotel, pemrosesan limbah industri supaya tidak mencemari lingkungan, karena molases berfungsi merubah atau menetralsir limbah yang berdampak merusak lingkungan menjadi ramah lingkungan dan mengurangi bau.
6. Industri energy, molases bisa jadi bahan utama etil alkohol atau speritus, yang bisa diproses menjadi bahan bakar seperti premium, bio diesel dan lainnya.

