

Teknologi Produksi Sirup Glukosa

N. RIchana, A. Budlyanto, dan R.W. Arief

PENDAHULUAN

Ubikayu sebagai bahan berpati diperlukan untuk produksi gula alternatif, antara lain sirup glukosa, fruktosa, maltosa, manitol, dan sorbitol. Tingkat kemanisan gula tersebut hampir sama dengan gula tebu (sukrosa), bahkan lebih manis (Howling 1979). Kebutuhan gula nasional saat ini sudah mencapai 3,3 juta ton per tahun, sementara produksi dalam negeri hanya 1,7 juta ton atau hanya 51,5% dari total kebutuhan. Untuk menutupi kebutuhan gula perlu upaya peningkatan produksi dan mencari sumber gula alternative, di antaranya dengan memanfaatkan pati ubikayu sebagai bahan baku gula cair.

Gula dari pati sudah banyak dikembangkan di beberapa negara maju di antaranya Amerika Serikat. Pada tahun 1980 kebutuhan gula dari pati dan sukrosa di Amerika Serikat masing-masing 17,7 kg/kapita/tahun dan 38,1 kg/kapita/tahun. Pada tahun 1994 terjadi pergeseran konsumsi fruktosa menjadi 37,7 kg dan sukrosa 29,9 kg. Data tahun 2004 menunjukkan angka yang lebih besar, yaitu 67,6 kg fruktosa dan hanya 19% digunakan oleh kalangan yang melakukan diet (Bray *et al.* 2004). Walaupun kondisi demikian belum terjadi di Indonesia tetapi ada peningkatan kebutuhan gula pati dalam kurun waktu 10 tahun terakhir.

Sirup glukosa merupakan salah satu produk bahan pemanis berbentuk cairan, tidak berbau, tidak berwarna, dan dapat dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, pati umbi-umbian, sagu, atau pati jagung. Glukosa merupakan gula monosakarida dan salah satu sumber karbohidrat terpenting bagi hewan dan tumbuhan. Glukosa alami (D-glukosa) disebut dekstrosa, terutama di lingkungan industri pangan.

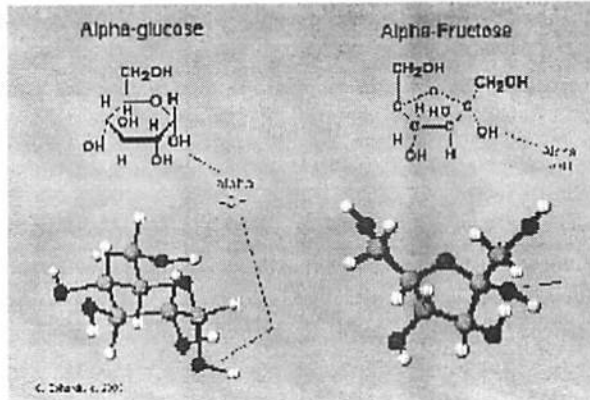
Menurut Howling (1979), sirup glukosa atau gula cair mengandung D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa yang dibuat melalui proses hidrolisis pati (enzimatis dan hidrolisis asam). Sirup glukosa yang diproduksi dengan cara enzimatis dapat menghasilkan nilai DE (*dextrin equivalenten*) 95% dengan kualitas tinggi. Dengan cara hidrolisis, nilai DE sirup hanya 55% dan di bawah nilai tersebut akan menimbulkan warna yang kontras dan menyebabkan rasa pahit. Standar mutu sirup glukosa diatur berdasarkan SNI 01-2978-1992 (Tabel 1).

Tabel 1. Standar Mutu sirup glukosa berdasarkan SNI 01-2978-1992.

Keadaan	Standar mutu glukosa
Bau	Tidak berbau
Rasa	Manis
Warna	Tidak berwarna
Air (%b/b)	Maks 20
Abu (%)	Maks 1
Gula pereduksi (%b/b)	Min 30
Pati	Tidak nyata
Cemaran logam:	
- Timbal (Pb) mg/kg	Maks 1,0
- Tembaga (Cu) mg/kg	Maks 10,0
- Seng (Zn) mg/kg	Maks 25,0
- (As), mg/kg	Maks 0,5
Cemaran mikroba	
- Total Plate Count	Maks 5×10^2 koloni/g
- Kapang	Maks 50 koloni/g

Sirup glukosa mempunyai beberapa keunggulan dibanding gula pasir/tebu, penggunaannya lebih praktis karena tidak banyak memerlukan pencairan. Industri yang memanfaatkan glukosa antara lain adalah industri kembang gula, minuman, biskuit, es krim, jamu, campuran madu, dan farmasi. Selain itu glukosa juga diperlukan sebagai bahan baku monosodium glutamat dan etanol. Kelebihan penggunaan glukosa pada beberapa produk makanan antara lain:

- Pada kembang gula/permen dapat mencegah kerusakan mikrobiologis karena adanya pencampuran sukrosa dengan glukosa, maltosa, dan fruktosa. Untuk kembang gula, fasa cair harus mencapai 75-76% bahan kering.
- Pada es krim, penambahan glukosa atau maltosa 25-30% dapat meningkatkan kehalusan tekstur. Untuk es krim yang lembut diperlukan glukosa dengan DE 63, sedangkan untuk yang bertekstur keras DE 42. Glukosa bersifat menekan titik beku.
- Pada kue, glukosa dapat menjaga kue tetap segar dalam waktu lama, mencegah kristalisasi sukrosa, dan menurunkan keretakan permukaan kue



Gambar 1. Struktur glukosa dan fruktosa (Ophardt 2003).

PROSES PEMBUATAN SIRUP GLUKOSA

Bahan Utama

Bahan utama yang digunakan adalah tapioka. Banyak industri sirup glukosa memilih tapioka sebagai bahan baku utama, karena mudah diperoleh, harga lebih murah, kualitas lebih baik dibanding sagu, dan warnanya lebih putih.

Rendemen glukosa secara enzimatik dipengaruhi oleh tinggi dan panjang rantai amilosa. Semakin panjang rantai amilosa semakin tinggi rendemen gula. Pada jagung jenis *amylomaize*, rendemen hidrolisis patinya lebih tinggi dibandingkan dengan jagung jenis biasa maupun *waxy* atau jagung pulut (Hoover dan Manuel 1996).

Dalam pemilihan sumber pati untuk pembuatan glukosa harus dipertimbangkan kandungan amilosa dan amilopektinnya. Sumber pati yang mempunyai amilopektin tinggi lebih baik karena memiliki pati ISSP (*Insoluble starch particles*) lebih rendah sehingga dapat dihidrolisis secara asam maupun enzimatik. Menurut Richardson *et al.* (2000), pati beramilopektin tinggi mempunyai rantai 1-4 α -glukosida yang lebih pendek dibanding pati beramilosa tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap suhu gelatinasinya. Untuk pati dengan kandungan amilosa tinggi diperlukan suhu gelatinasi lebih tinggi.

Suhu gelatinasi pati bahan baku juga berpengaruh terhadap efisiensi produksi sirup glukosa. Semakin rendah suhu gelatinasi, semakin pendek waktu gelatinasi yaitu tapioka 20 menit dan pati jagung 22 menit. Suhu puncak granula pecah pati jagung 95°C dan tapioka 80°C, dengan waktu

yang dibutuhkan berturut-turut 30 menit dan 21 menit. Sifat ini berkaitan dengan energi dan biaya yang dibutuhkan dalam produksi glukosa cair. Pati akan terhidrolisis bila telah melewati suhu gelatinasi. Proses likuifikasi berlangsung pada suhu 95°C (aktivitas enzim termofilik), karena itu suhu gelatinasi pati yang akan dihidrolisis sebaiknya kurang dari 95°C. Di bawah suhu gelatinasi pati tidak akan terurai atau terhidrolisis secara enzimatik maupun asam.

Rendemen sirup glukosa dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan (Tabel 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen sirup glukosa dari tapioka lebih tinggi dibanding pati garut atau sago aren (Richana *et al.* 2000). Pati juga harus berkadar protein dan lemak rendah karena kedua komponen tersebut dapat menyebabkan adanya reaksi Maillard yang dapat menyebabkan warna kecoklatan pada sirup. Untuk memperoleh sirup glukosa bermutu tinggi maka pengecekan bahan baku harus dilakukan secara ketat karena pati merupakan bahan baku utama yang sangat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan. Sebelum diterima perusahaan, tapioka yang baru datang dari pemasok dianalisis terlebih dahulu dan dibandingkan dengan standar baku (Tabel 3).

Tabel 2. Rendemen glukosa cair dan amilosa dari beberapa jenis pati.

Jenis pati	Amilosa (%)	Glukosa cair (%)
Jagung	29,84	89,08
Garut	34,80	83,5
Tapioka	29,86	86,00
Sagu	33,28	83,31

Sumber: Richana *et al.* (2000).

Tabel 3. Spesifikasi tapioka untuk proses likuifikasi.

Parameter	Nilai
pH (10% solution)	5-7
Kadar air	10-15%
Tes mikroskopis	Positif
Tes iodin	Positif
Tes likuifikasi	Positif
Sisa abu	Max 0,1%
Sulfit	Maks. 50 ppm
Kotoran	Maks. 0,1%
Kadar protein	Maks. 0,4%
Kadar lemak	Maks. 0,3%
Kadar pati	Maks. 80%
Kalsium	Maks. 100 ppm

Langkah pertama adalah tes mikroskopis untuk melihat bentuk granula, kemudian dilanjutkan dengan analisis lainnya. Pengujian mutu tapioka dilakukan setiap kali ada pengiriman tapioka dari pemasok ke pabrik terutama bagi pemasok baru, pengujian sebaiknya dilakukan secara ketat. Pengambilan contoh tapioka 100 g yang diambil secara acak untuk setiap 10 karung, kemudian dicampur dan dianalisis.

Bahan Pembantu

Enzim

Sirup glukosa dibuat dengan cara reaksi enzimatik bertingkat dari pati. Proses hidrolisis pati menjadi glukosa terdiri atas dua tahap, yaitu likuifikasi dengan katalis enzim alfa amilase dan sakarifikasi dengan katalis enzim amiloglukosidase.

Alfa amilase merupakan enzim yang aktif dalam proses likuifikasi. Enzim ini diproduksi oleh NOVO. Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH lingkungannya dan setiap enzim mempunyai kisaran suhu dan pH optimum yang berbeda. Enzim alfa amilase yang banyak beredar di pasaran mempunyai suhu optimum 103-105°C dengan pH aktivitas 5,0-6,5 dan pH optimum 6,0.

Cara kerja alfa amilase melalui dua tahap. Pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat, diikuti dengan menurunnya viskositas dengan cepat. Tahap kedua relatif lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir secara tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim alfa amilase pada molekul amilosa saja. Kerja alfa amilase pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa, dan berbagai jenis limit dekstrin, yaitu oligosakarida yang terdiri atas empat atau lebih residu gula yang semuanya mengandung ikatan α -1,6 glikosida.

Enzim amiloglukosidase berperan dalam proses sakarifikasi. Aktivitas enzim ini juga dipengaruhi oleh pH dan suhu, dimana pH dan suhu optimumnya masing-masing pada kisaran 4,5-5,0 dan 60°C. Enzim ini menghidrolisis ikatan 1,4 glikosida dari pati dan oligosakarida menjadi unit-unit glukosa. Kecepatan hidrolisis bergantung pada panjang rantai molekul. Misalnya maltodekstroza dan oligosakarida dengan bobot molekul lebih tinggi akan dihidrolisis lebih cepat dari maltosa. Amiloglukosidase juga dapat menghidrolisis ikatan 1,6 glikosida. Enzim yang akan digunakan dalam proses produksi sebaiknya ditampung terlebih dahulu pada tangki enzim, untuk memudahkan pengaturan dosis.

Arang Aktif

Arang aktif adalah zat yang mempunyai daya serap terhadap larutan atau uap yang berfungsi sebagai penjernih larutan, menghilangkan warna yang terbentuk selama proses pengolahan sirup fruktosa, dan menghisap gas atau racun. Pada pembuatan sirup glukosa, arang aktif digunakan untuk menyerap warna sirup glukosa yang belum jernih.

Sebagai bahan penyaring, arang aktif dibuat dengan cara pembakaran bahan-bahan yang kaya akan unsur karbon, seperti kayu dan batu bara. Penggunaan temperatur tinggi dalam proses pembakaran menyebabkan terjadinya desorpsi beberapa senyawa organik, sehingga karbon aktif yang dihasilkan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi terhadap senyawa organik yang larut dalam air pada saat kontak dengan permukaan karbon aktif.

Pengaktifan arang aktif dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pengaktifan karbon aktif untuk sirup glukosa dilakukan dengan uap air. Melalui perlakuan pengaktifan, diperoleh serbuk arang yang sangat halus, sehingga permukaan adsorpsi menjadi lebih luas.

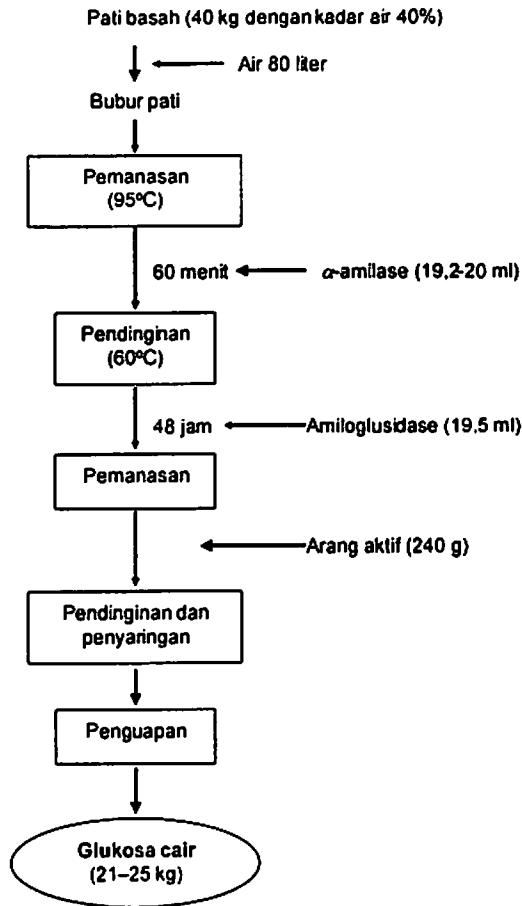
Resin

Resin diperlukan dalam proses pertukaran ion pada pembuatan maltosa putih, glukosa bubuk maupun sirup fruktosa. Pertukaran ion dilakukan sesudah proses penyaringan. Pertukaran ion dimaksudkan agar sirup bebas dari logam yang berbahaya maupun ion-ion lain yang dapat mengganggu proses selanjutnya.

Resin yang digunakan dalam proses pembuatan sirup adalah produk dari Pinex, Dowex, Mitsubishi. Beberapa jenis resin penukar kation yang dapat digunakan antara lain Pinex C 13N, Pinex C 20, Dowex HCRS, Lewa S 100, Mits Skib dan AMB IR 120. sedangkan resin sebagai penukar anion adalah Fin A 541 M, Fin A 551 M, Fin A 532, Dowex SBRP, Mits PA 408, Mits WA 30, dan AMB IR A 420.

Teknologi Proses

Sirup glukosa dapat dibuat dengan cara hidrolisis asam enzimatis (Norman 1980). Cara enzimatis melalui dua tahap utama, yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Hidrolisis secara asam menghasilkan derajat konversi pati menjadi glukosa yang lebih tinggi dibandingkan dengan hidrolisis secara enzimatis, namun hidrolisis enzimatis dapat mencegah terjadinya kehilangan flavor. Proses hidrolisis dengan cara enzimatis dapat dilihat pada Gambar 2. Perlakuan lain yang diberikan untuk menghasilkan sirup glukosa



Gambar 2. Tahapan proses produksi glukosa cair dari tapioka.

dengan mutu yang baik adalah proses pemucatan, penyaringan, pertukaran ion, dan evaporasi.

Liquifikasi

Pembuatan suspensi pati dilakukan pada tangki pencampuran bahan. Caranya adalah mencampurkan tepung tapioka dengan air dan diaduk sampai homogen. Proses pencampuran dinilai cukup bila nilai kekentalan sudah mencapai 17,0-19,0°Be, yang dapat diukur dengan *Baumeter*. Volume tepung tapioka yang dicampurkan dengan air untuk mencapai derajat kekentalan tersebut adalah 10 kg tepung dengan air sebanyak 30 liter atau 1 ton pati tapioka dengan 3.000 liter air untuk tiap *batch*.

Selanjutnya, ke dalam tangki tersebut dimasukkan sejumlah enzim alfa amilase dengan takaran 0,8-1,0 ml/kg tapioka (Richana *et al.* 2007). Enzim ini berfungsi untuk menghidrolisis pati, secara acak memutus atom C agar tidak terjadi gumpalan pada waktu pemanasan. Terhadap suspensi yang berada dalam tangki penampungan dilakukan pengaturan pH pada kisaran 6,2-6,4 dengan penambahan NaOH 21% dan CaCl₂ 1% sebagai stabilisator pH. Kandungan Ca²⁺ dalam larutan tersebut antara 60-150 ppm.

Pemasakan suspensi pati dilakukan pada suhu 105°C. Pada pemasakan tersebut sudah terjadi proses dekstrinasi. Pemanasan pada tangki tersebut berasal dari *jet cooker*. Selanjutnya suspensi akan melewati *Holding cell* yang berupa pipa berbentuk spiral selama satu sampai satu setengah jam, untuk menyempurnakan kerja enzim dalam memutus rantai karbon. Setelah melewati *holding cell*, suspensi akan ditampung dalam tangki retensi dan pada saat itu dilakukan uji iod untuk mengetahui apakah pati sudah terdegradasi dengan sempurna atau belum. Pati yang masih mengandung amilosa akan berwarna biru, sedangkan pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin akan berwarna coklat kemerahan. Selain uji iod juga dilakukan uji terhadap pH dan nilai DE (*dextrose equivalent*), nilai pH yang diharapkan 4,0-4,6 dan nilai DE 8,0-14,0.

Sakarifikasi

Pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin kemudian diturunkan suhunya dari 105°C menjadi 60°C dengan cara melewatkannya pada penukar panas (*heat exchanger*). Larutan pati selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki sakarifikasi dengan penambahan enzim amiloglukosidase (0,8 ml/kg pati). Enzim ini memecah rantai dekstrin menjadi glukosa. Kerja enzim dikondisikan pada pH 4,0-6,0. Jika pH yang terjadi pada proses sakarifikasi lebih besar daripada nilai yang diharapkan maka ditambahkan HCl 18%.

Proses sakarifikasi membutuhkan waktu maksimal 76 jam, tetapi waktu tersebut dapat dipersingkat sesuai target dengan penambahan lebih banyak enzim ke dalam suspensi sampai nilai Dx minimal 90,5%, DE maksimal 98,0%, Cv (*color value*) minimal 60% transmitsen, dan Bx 30-35. Selama proses sakarifikasi dilakukan agitasi untuk homogenisasi enzim. Semakin rendah kandungan glukosa semakin tinggi dekstrin dan maltosena.

Proses Pemucatan

Proses pemucatan bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan warna yang tidak dikehendaki atau untuk penjernihan. Pemucatan dilakukan dengan cara mencampur cairan glukosa dengan arang aktif. Arang aktif memiliki kemampuan adhesi sangat kuat sehingga dapat mengikat, menggumpalkan, dan mengendapkan komponen anorganik maupun

organik untuk membebaskan sirup dari kotoran yang tidak diinginkan. Suhu selama pemucatan dipertahankan pada 80°C.

Penyaringan

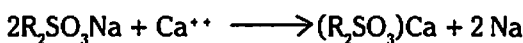
Penyaringan berguna untuk memisahkan arang aktif dan komponen yang melekat pada cairan sirup. Cairan bercampur karbon dilewatkan pada saringan bertekanan (*filter press*) dengan laju alir berubah-ubah 6-8 m³/jam dengan tekanan kerja 0-3 kg/m². Penyaringan dapat menahan partikel kotoran yang telah digumpalkan sebelumnya oleh arang aktif, sehingga cairan yang dihasilkan jernih berwarna kuning muda. Penyaringan berlangsung sampai diperoleh sirup glukosa dengan nilai Cv 93%. Jika tingkat kejemihan tersebut tak tercapai maka ditambahkan lagi arang aktif ke dalam cairan gula, kemudian didaur ulang tanpa menambahkan arang aktif.

Penukaran Ion

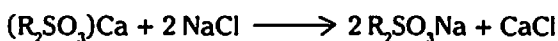
Proses ini dimaksudkan untuk mengikat ion-ion logam berbahaya, warna dan kotoran lain dalam larutan gula. Tangki penukar ion terdiri atas tangki I berisi resin kation, tangki II berisi resin anion, dan tangki III berisi kombinasi resin anion dan kation (*mixed bed*). Resin digunakan sebagai penukar ion karena bahan tersebut memiliki daya aktif menukar ion dengan ion bahan bukan gula yang terdapat dalam larutan gula, sehingga bahan bukan gula menjadi tak larut dan dapat dihilangkan. Bahan bukan gula dalam larutan terdiri atas kation dan anion, sehingga penukar ion tersebut adalah penukar kation dan penukar anion. Resin penukar ion merupakan bahan organik dengan berat molekul yang sangat besar, tidak larut dalam air dan sebagian pelarut, serta memiliki gugus aktif penukar kation atau anion. Ion yang berada dalam larutan akan bereaksi dengan molekul yang besar, sehingga dapat dihilangkan dari larutan. Sebaliknya, ion yang dilepaskan oleh resin akan larut dalam larutan glukosa.

Bahan penukar ion memiliki butiran (*granule*) yang agak kasar. Umumnya resin penukar ion dan bahan terhadap pengaruh suhu tinggi, tahan terhadap korosi oleh asam, basa atau bahan organik lainnya, dan tahan terhadap tekanan osmosis. Menurut Tjokroadikoesoemo (1986), cara kerja resin dilihat dari reaksi kimianya seperti berikut:

Reaksi resin penukar kation pada prinsipnya adalah :



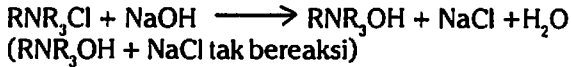
Pada regenerasi ion terjadi reaksi :



Reaksi resin penukar anion:



Pada regenerasi ion terjadi reaksi :



Aktivitas yang optimal dari pengikatan ion oleh resin dapat diketahui dengan mengukur tahanan spesifik (*specific resistance/Spr*) glukosa. Pada tangki kation dan anion, tahanan spesifiknya harus mencapai 10.000 lebih sedangkan pada tangki kation-anion (*mixed bed tank*) harus mencapai minimal 300.000. Jika nilai Spr ini tidak tercapai maka dilakukan regenerasi ion.

Dalam proses regenerasi pada masing-masing tangki dilakukan pencucian awal dengan laju alir 12,3 m³/jam selama satu jam kemudian dilakukan pencucian ulang dengan laju alir pada periode waktu yang sama.

- Pada tangki kation dialirkan HCl dengan konsentrasi awal 30%, kemudian ditambah dengan air sampai konsentrasi 6%.
- Pada tangki anion dialirkan NaOH dengan konsentrasi 48%, kemudian ditambah dengan air sampai konsentrasi 4%.
- Pada kedua tangki tersebut dilakukan pembersihan dengan cara mengalirkan air untuk membersihkan bahan-bahan kimia dengan laju alir 3,5 m³/jam selama satu jam. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan laju alir 12,3 m³/jam selama satu jam.
- Pada tangki kation-anion (*mixed bed tank*) bahan-bahan kimia yang dialirkan merupakan campuran, dengan perbandingan HCl dengan NaOH pada regenerasi I, II, dan III secara berturut-turut adalah 78:58; 86:78; dan 60:78.
- Setelah itu dilakukan pembersihan (*rinsing*) dengan laju alir masing-masing 2,4 dan 1,2 m³/jam selama satu jam.
- Pada tangki kation-anion (*mixed bed tank*) sebelum pencucian akhir, dilakukan dahulu pencucian dua arah dengan laju alir masing-masing 5m³ dan 3 m³/jam selama satu jam.

Proses Deionisasi

Sebelum proses pemurnian, sirup akan melewati penukar panas untuk diturunkan suhunya dari 60°C menjadi 35°C. Hal dimaksudkan untuk menjaga kondisi resin dan pengamanan alat evaporasi. Proses deionisasi dilakukan dengan memasukkan sirup ke dalam tangki kation lalu anion dan terakhir ke dalam tangki kation-anion (*mixed bed tank*).

Proses Penguapan

Proses penguapan dilakukan dengan menggunakan evaporator. Penguapan bertujuan untuk memekatkan glukosa dari 30-35 Brix menjadi 43-45 Brix. Suhu evaporator 50-60°C. Alat ini menggunakan uap yang berasal dari ketel uap. Prinsip kerja alat tersebut adalah udara dalam evaporator dihampaudarakan dengan bantuan pompa vakum. Glukosa yang mengalir ke dalam evaporator segera menguap lebih cepat dengan adanya penarikan uap oleh pompa vakum.

Penyimpanan dan Pengemasan

Kondisi penyimpanan memegang peranan penting. Suhu yang digunakan adalah 35°C, dimana pada suhu tersebut kristalisasi dekstrosa yang terkandung di dalamnya dapat dicegah. Menurut Tjokroadikoesoemo (1986), pada suhu yang lebih rendah (dibawah 21°C) dekstrosa akan terkristalisasi sehingga dapat menurunkan mutu dan menimbulkan kesulitan dalam penanganannya. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan timbulnya perubahan warna pada produk, terutama jika yang cukup lama.

Kemasan mempunyai peranan penting dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri. Kemasan selain berfungsi sebagai wadah atau tempat, juga berfungsi sebagai pelindung, sebagai penunjang cara penyimpanan dalam transportasi dan juga sebagai alat persaingan dalam pemasaran.

PERLENGKAPAN TEKNIS PRODUKSI

Boiler

Boiler digunakan untuk memanaskan air, sehingga menghasilkan uap. Alat ini dilengkapi dengan fasilitas: (1) burner untuk pemanas, (2) reservoir untuk mengisi air, (3) manometer untuk mengukur takaran, dan (4) pipa gelas untuk mengetahui ketinggian air di dalam boiler.

Burner berfungsi untuk menyemprotkan api melalui pipa di dalam ketel sehingga air yang ada di sekelilingnya akan menjadi panas dan menghasilkan uap. Bahan bakar boiler tersebut adalah solar.

Kompresor

Kompresor berfungsi untuk mengontrol gerakan yang terjadi di seluruh proses. Alat ini bekerja dengan sistem pneumatik dengan katup-katup yang sesuai sehingga dapat mengatur laju alir dan besarnya putaran pompa. Mekanisme kerja kompresor adalah dengan memantapkan udara sehingga memiliki tekanan yang tinggi. Udara yang sudah melewati kompresor akan mengalami dehumifikasi, yaitu penghilangan uap air dalam udara melalui proses pendinginan.

Tangki Pencampuran (*Slurry Tank*)

Tangki pencampuran digunakan untuk mencampur bahan baku, yaitu tapioka dan air. Tangki dilengkapi dengan alat pengaduk yang digerakkan oleh motor dan pipa untuk mengalirkan atau menghembuskan udara. Proses pencampuran perlu dikendalikan agar larutan tersebut benar-benar homogen dan memperkecil kerusakan motor akibat beban yang berlebihan. Setelah proses pencampuran dilakukan maka larutan dipindahkan ke *service tank* yang juga dilengkapi dengan alat pengaduk (*stirer*), pada tangki tersebut dimasukkan enzim *alfa amilase* dan dilakukan penyesuaian pH.

Tangki Dekolorisasi

Tangki dekolourisasi berguna untuk proses pemucatan, atau untuk menghilangkan kotoran dan warna yang tidak dikehendaki pada sirup glukosa. Tangki dekolourisasi berisi arang aktif, yang berguna sebagai bahan pembersih, yang akan mengikat dan mengumpulkan bahan-bahan anorganik dan organik selain komponen gula.

Penyaring Bertekanan

Penyaring bertekanan (*filter press*) digunakan untuk menyaring karbon dan kotoran sehingga sirup yang dihasilkan menjadi jernih. Prinsip kerja alat ini adalah, cairan hasil dari tangki karbon yang masih kotor dialirkan ke dalam lubang-lubang pada bingkai, dengan sendirinya cairan akan menekan kain saring pada bingkai-bingkai tersebut. Dengan demikian bahan tersebut akan tersaring dan kotoran akan melekat pada kain saring. Tekanan kerja alat filter press ini maksimum 3 kg/cm². Jika proses filtrasi berjalan normal maka kecepatan aliran sirup 6 m³ per jam.

Tangki Sakarifikasi

Tangki sakarifikasi terbuat dari baja putih yang dilapisi oleh serat gelas di bagian dalamnya sebagai isolator. Tangki dilengkapi dengan alat pengaduk,

digunakan sebagai tempat berlangsungnya proses pemecahan desktrin menjadi glukosa dengan menggunakan enzim glukamilase.

Mikrofilter

Mikrofilter terdiri atas enam kumparan penyaring yang berukuran 0,3 mikron. Alat bekerja berdasarkan tekanan, yaitu 3 kg/cm². Kegunaannya adalah untuk menyaring bakteri dan mikroorganisme lain yang masih terdapat pada hasil proses akhir.

Tangki Penukar Ion

Tangki penukar ion terdiri atas tiga tangki. Tangki pertama berisi kation, tangki kedua berisi resin anion, dan ketiga berisi kation dan anion (*mix bed tank*). Cara kerjanya adalah dengan melewati sirup pada masing-masing tangki sehingga ion-ion logam berbahaya dan ion-ion lain yang mengganggu proses berikutnya terikat oleh resin.

Apabila sudah terlalu banyak ion logam dan kotoran lain yang diikat oleh resin, maka kemampuan resin untuk mengikat ion lebih lanjut akan berkurang, karena itu perlu regenerasi resin. Sebelum regenerasi resin perlu dilakukan pencucian ulang terlebih dahulu untuk mengaduk kotoran-kotoran atau ion-ion yang terikat pada resin sehingga mempermudah proses pencucian.

Proses regenerasi ion sering mengakibatkan resin terbuang pada tahapan proses pencucian ulang, aliran air untuk pengadukan diatur agar resin yang hilang ditekan sekecil mungkin. Hilangnya resin akan mengakibatkan proses menjadi tidak sempurna dan tingginya biaya operasi.

Bahan kimia untuk regenerasi resin yang biasa digunakan pada industri produk adalah HCl untuk resin kation dan NaOH untuk resin anion. Apabila proses telah selesai, maka proses deionisasi sirup dapat dimulai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 1985-2005. Produksi ubikayu dan penggunaannya. BPS. Jakarta.
- Bray, G.A., S.J. Nielsen, and B.M. Popkin. 2004. Commentary: consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(4):537-543.

- Hoover R. and H. Manuel. 1996. The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylo maize V starches. *J. Cereal Science*, 23:153-162.
- Howling, D. 1979. The general science and technology of glucose syrups. *In*: G.G. Birch. and K.J. Parker (*Eds.*). Sugar, science, and technology. Appl. Scie. Publ. Ltd.
- Norman, B.E. 1980. Enzyme technology in the manufacture of sugar from cereals. Academic Press, New York.
- Ophardt, C.E. 2003. Carbohydrates-corn syrup. Virtual chembook. Elmhurst College. <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/corn-syrup>
- Richana, N., Puji Lestari, Naili Chilmijati, dan Sri Widowati. 2000. Karakterisasi bahan berpati (tapioka, garut dan sagu) dan pemanfaatannya menjadi glukosa cair. Prosiding PATPI.
- Richana, N., Pujoyuwono M., dan A. Budiyanto. 2007. Proses produksi tepung gula kasava dari pati ubikayu. Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Balitkabi. Malang.
- Richardson, P.H., R. Jeffcoat, and Y.C. Shi. 2000. High-amylose starches: from biosynthesis to their use as food ingredients. *MRS Bulletin/Dec 2000*. <http://www.mrs.org/publications/bulletin>.
- Tjokroadikoesoemo, P.S. 1986. HFS dan industri ubikayu lainnya. Gramedia. Jakarta.