

GULA HIDROLISA -

*Oleh : Sudarmanto S.
Fakultas Teknologi Pertanian UGM*

PENDAHULUAN

Indonesia pernah mengalami jaman kegemilangan sebagai produsen dan peng-ekspor gula (tebu) yang utama di dunia. Tercatat produksi tahun 1930-1932 (saat itu Hindia Belanda) hampir menca-pai 3 juta ton setahunnya. Sesudahnya sampai dengan tahun 1942 produksinya turun sekitar 1,3 - 1,4 juta ton per ta-hun. Tetapi pada jaman pendudukan Je-pang dan berlanjut pada jaman perang ke-merdekaan R.I., produksi gula Indonesia merosot tajam. Dan mulai tahun 1966 peranan Indonesia sebagai pengeksport gula berbalik menjadi pengimpor, yang ta-hun demi tahun jumlahnya semakin ber-tambah, sehingga sejak tahun 1972 impor gula mencapai jumlah 100.000 ton. Mes-kipun usaha-usaha untuk meningkatkan produksi gula masih terus digalakkan oleh pemerintah sampai saat ini, namun usaha tersebut tak lepas dari hambatan-hambat-an masalah yang cukup kompleks dan ru-mit.

Dengan produksi 1,55 juta ton pada tahun 1982, Indonesia masih harus meng-impor sebanyak kurang lebih 400.000 ton gula.

Selama ini produksi gula Indonesia yang terutama adalah gula kristal (putih) dari bahan tebu, disamping juga produksi gula merah dari tebu, nila kelapa, dan nira aren dalam jumlah yang kurang berarti.

Sesungguhnya gula dapat diproduksi dari pati yang dapat diusahakan secara la-yak ekonomis dan dalam jumlah besar, dari bahan ubi kayu, jagung, sorghum, sa-gu, dan umbi-umbian lain. Pati yang di-ekstrak dari bahan-bahan tersebut secara basah (dengan air), selanjutnya dihidrolisa dengan asam atau secara enzimatis - atau gabungan kedua cara tersebut sehingga di-peroleh sirup gula. Tergantung pada cara hidrolisanya akan diperoleh beberapa je-nis produk gula hidrolisa.

Sejak awal 1960-an Amerika Serikat telah memproduksi secara komersil gula hidrolisa dari bahan jagung, antara lain : sirup jagung (corn syrup) dari berbagai jenis, sirup fruktosa atau "high fructose corn syrup" (HFCS), dan dekstrosa (glu-kosa) serbuk. Pada tahun 1976 dan 1977 produksi gula hidrolisa di Amerika Seri-kat terlihat pada Tabel 1.

Indonesia baru memproduksi gula hidroli-sa dari bahan pati singkong atau tapioka sejak awal tahun delapanpuluhan sebagai sirup maltosa, sirup fruktosa, dan glukosa kristal, meskipun jumlah produksinya ma-sih sangat kecil.

MACAM/JENIS GULA HIDROLISA

Ada beberapa macam gula hasil hi-drolisa pati yang diproduksi secara ko-mersil. Beberapa di antaranya yang dipro-duksi di Amerika Serikat terutama dari bahan pati jagung adalah :

Tabel 1. : Produksi sirup dan gula jagung di A.S

Macam produk	1976 (ton)	1977 (ton)
Sirup jagung (glukosa)		
Type I 20 DE - 38 DE	177.946	237.069
Type II 38 DE - 58 DE	638.158	771.899
Type III 58 DE - 73 DE	912.355	789.160
Type IV 73 DE lebih	91.505	78.169
Sirup fruktosa (HFCS)	713.962	964.963
Gula dekstrosa :hidrous dan anhidrous	574. 740	532.245
Sirup kering / padat .	63.634	58.589

Sumber : Pancoast (1980) : Handbook of Sugar . hal. 149 .

Sirup dekstrosa, "corn syrup": oleh U.S. Food & Drug Administration (1973) didefinisikan sebagai "larutan sakharida nutrisi yang didapatkan dari pati, yang telah dimurnikan dan dipisahkan". Sirup tersebut memiliki nilai DE (dextrose equivalent) tidak kurang dari 20.

Nilai DE menunjukkan persentase gula reduksi dalam sirup dihitung sebagai glukosa/dekstrosa atas dasar bahan kering. Berdasarkan nilai DE-nya dikenal penggolongan sirup dekstrosa seperti yang diterapkan oleh Dept. Perdagangan A.S. (1972) sebagai berikut :

Type I 20DE-37DE

Type II 38DE - 57DE

Type III 58DE - 72DE

Type IV 73 DE dan yang lebih tinggi

Sirup dekstrosa padat, "corn syrup solids" merupakan nama yang diterapkan untuk produk yang didapat dari penghilangan sebagian besar air dari sirup dekstrosa sehingga dihasilkan serbuk (powder) atau bahan butiran dengan kadar lengas 3 - 4 %. Produk

ini juga harus memiliki nilai DE tak kurang dari 20.

Gula Dekstrosa adalah nama yang diterapkan untuk produk yang didapatkan dari hidrolisa sempurna pati untuk memperoleh D-glukosa. Dikenal dua jenis gula dekstrosa yaitu "dextrose anhydrous" dan "dextrose monohydrate".

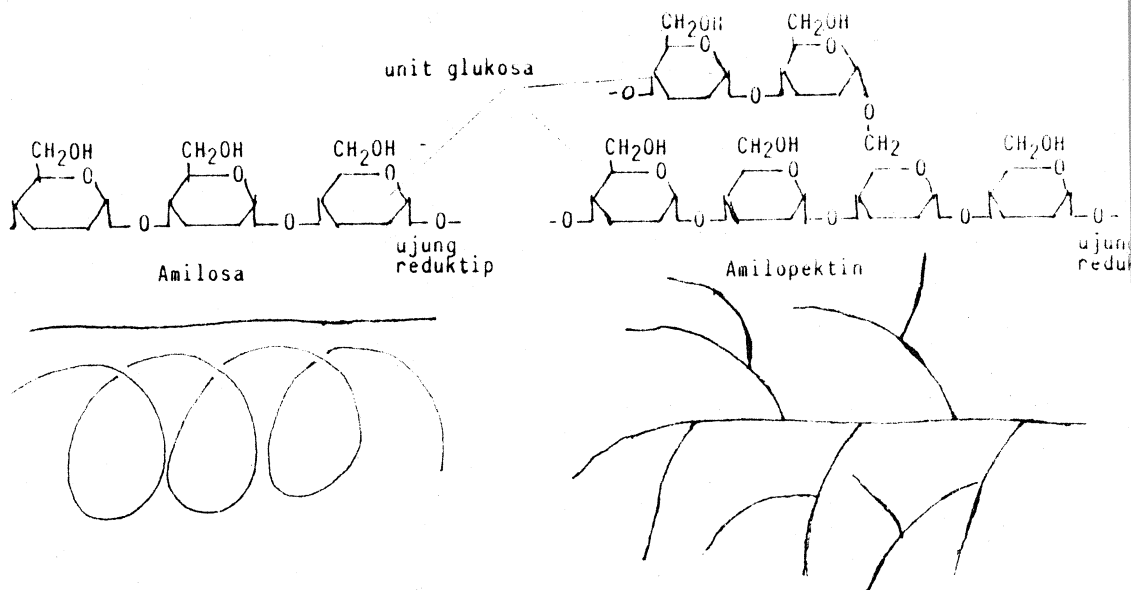
Sirup fruktosa, "High Fructose Corn Syrup (HFCS)" adalah nama yang diterapkan untuk produk hidrolisa pati yang mengandung gula D-fruktosa dalam prosentase tinggi. Sirup ini berbeda dengan sirup dekstrosa yang sama sekali tidak mengandung fruktosa. HFCS yang sekarang banyak diproduksi mengandung padatan terlarut 71 % dengan ratio 50 % dekstrosa, 42 % fruktosa, dan 8 % sakarida lainnya.

Sirup maltosa, "High Maltose Corn Syrup (HMCS)" adalah sirup dengan kadar gula maltosa tinggi, atau dapat juga disebut "Low Dextrose Corn Syrup".

KIMIAWI HIDROLISA PATI

Pati atau amilum merupakan polisakarida cadangan dalam tanaman tinggi yang tersusun dari satuan/unit D-glukosa. Amilum terdiri dari dua bagian yaitu, amilosa yang merupakan rantai linear glukosa dengan ikatan ether (ikatan glikosidis) 1,4 α ; dan amilopektin yang merupakan polisakarida ber-

cabang, terdiri dari rantai-rantai linear glukosa yang mengalami percabangan dengan ikatan 1,6- α pada titik percabangannya dengan jarak antara dua titik cabang 24 – 30 satuan glukosa. Struktur amilosa dan amilopektin terlihat pada gambar 1. Bobot molekul (B.M.) amilosa sangat beragam dari 4.000 sampai 150.000, sedangkan B.M. amilopektin sekitar 500.000 atau lebih besar.



Gambar 1 : Struktur amilosa dan amilopektin

Hidrolisa amilum dapat berlangsung secara cepat dengan adanya katalis asam atau enzim. Enzim hidrolitik amilum terdiri atas :

Alpha-amilase : disebut juga *dekstro-genetik amilase* atau "*liquefying amylase*"

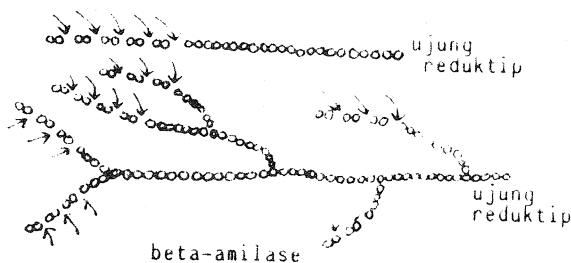
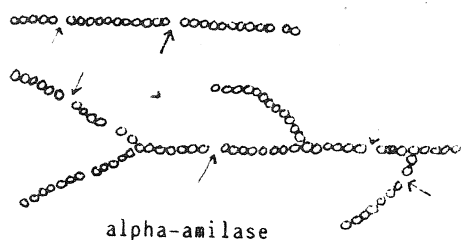
Alpha-amilase mengkatalisa hidrolisa amilum menjadi dekstrin BM rendah secara cepat. Dalam waktu singkat gel-pati akan "mencair" karena terpecah menjadi molekul-molekul dekstrin yang tersusun dari sekitar enam satuan glukosa, dan maltosa.

Ikatan yang dipecah dengan adanya enzim ini adalah 1,4 α - pada amilosa maupun amilopektin.

Beta-amilase : disebut juga "*saccharifying amylase*". Enzim ini mengkatalisa pemecahan ikatan 1,4 α - polimer glukosa dua-dua unit glukosa mulai dari ujung tidak reduktif. Hasil hidrolisanya adalah maltosa dan sisa dekstrin BM-tinggi.

Gamma-glukosidase : disebut juga "*gluko-amilase*", mampu mengkatalisa pemecah-

an ikatan 1,4 α - dan 1,6 α - polimer maupun oligomer glukosa, dengan hasil utama D-glukosa.



Gambar 2 : Pola pemecahan molekul amilum oleh enzim alpha- dan beta-amilase .

Asam sebagai katalis hidrolisa amilum yang sering digunakan adalah asam khlorida (HCl) yang akan memecah ikatan ether $-C-O-C-$ dengan hasil glukosa dan oligomernya. Bila hidrolisa diteruskan, dapat diperoleh D-glukosa sebagai hasil akhir utamanya.

Hidrolisa amilum dapat dikerjakan dengan asam saja atau gabungan asam-enzim. Dengan demikian ada tiga cara hidrolisa amilum guna mendapatkan gula/sirup, yaitu : hidrolisa asam; hidrolisa asam-enzim; dan hidrolisa enzim-enzim. Dua cara yang terakhir disebut juga *konversi ganda* (dual conversion) yang mempunyai dua tujuan, *pertama* hidrolisa asam saja akan menghasilkan sirup yang aseptabilitasnya terbatas bila melebihi DE 55; dan *kedua* konversi ganda lebih memungkinkan guna memproduksi sirup-sirup yang mempunyai perbedaan luas dalam sifat kimiawi dan fisisnya. Setiap proses, baik dengan hidrolisa asam maupun konversi ganda haruslah dikontrol secara ketat untuk memperoleh sirup sesuai dengan nilai DE yang dikehendaki.

Dalam Penggunaannya, dua-tiga enzim tersebut dapat dipakai secara bersama atau berurutan, tergantung pada jenis produk yang diinginkan.

A. Hidrolisa asam

Hidrolisa asam dikerjakan dalam suatu tangki bertekanan yang disebut "converter". Suspensi pati dalam air atau "slurry" dengan kandungan pati kering 30 - 40 % ditambah asam HCl ($\pm 0,12\%$ bobot pati kering) sampai mencapai pH 2,0, dan kemudian dipanaskan dengan aliran steam sampai suhu 140 - 160°C selama 15 - 20 menit. Hasil hidrolisa ini kemudian dinetralkan dengan ditambah soda abu (Na_2CO_3) sampai pH 4 - 5,5. Sesudah netralisasi dilakukan pemusingan atau filtrasi untuk menghilangkan partikel padat dan senyawaan lemak. Filtrat dipekatkan sampai kadar padatan terlarut 60 % dan kemudian dilewatkan filter karbon untuk penjernihan lanjutan dan pemucatan. Hasilnya dapat dipekatkan lagi sebagai sirup dekstrosa 43 - 44 °Be (81,1 - 83,16 °Brix), atau dikristalkan menjadi gula dekstrosa, atau dikeringkan menjadi sirup dekstrosa padat.

B. Hidrolisa asam-enzim

Hidrolisa asam-enzim dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama dilaku-

kan dengan cara hidrolisa asam di atas sampai dibawah DE yang diinginkan pada sirup akhir (untuk produksi HFCS hidrolisa asam sampai DE 20). Tahap kedua, ditambahkan enzim sesudah dilakukan penetralan sampai pH yang sesuai bagi enzim bersangkutan. Untuk tujuan produksi sirup dekstrosa atau gula dekstrosa dapat digunakan enzim amilo-glukosidase (glukoamilase) pH optimal 4.5 – 5 ; suhu 60 °C), sedangkan untuk tujuan produksi sirup maltosa digunakan enzim beta-amilase (dari *A. oryzae*, kecambah malt dan kedelai, pH optimal 4.7 – 6.8; suhu 50– 60°C). Hidrolisa enzim ini harus dikontrol terus agar hasilnya sesuai dengan standar yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan klarifikasi, pemucatan, pemekatan sampai 43 – 44 ° Be.

C. Hidrolisa enzim-enzim

Cara ini banyak dikerjakan dalam produksi sirup fruktosa (HFCS). Tahapan pertama suspensi pati kadar 30 % ditambah soda sampai pH 6 – 6.5. Kedalamnya ditambahkan enzim alpha-amilase (misal : Termamyl 60L) $\frac{1}{4} - \frac{1}{3}$ jumlah kebutuhan enzimnya, kemudian dialiri steam panas sampai mendidih dan dipertahankan 5 – 10 menit, didinginkan sampai suhu 80 – 90 °C dan segera ditambah sisa enzimnya, dan suhu itu dipertahankan selama 1 – 2 jam. Tahapan kedua proses sakarifikasi dengan enzim amilo-glukosidase (misal AMG–200L). Larutan hasil proses liquefikasi di atas didinginkan sampai suhu 60 °C dan diasamkan dengan HCl sampai pH 4.5 – 5 kemudian ditambah enzim, dan suhu tersebut dipertahankan selama 2–3 hari. Kemudian enzim diinaktifkan dengan pemanasan suhu 80 °C selama 20 menit. Hasil sakarifikasi

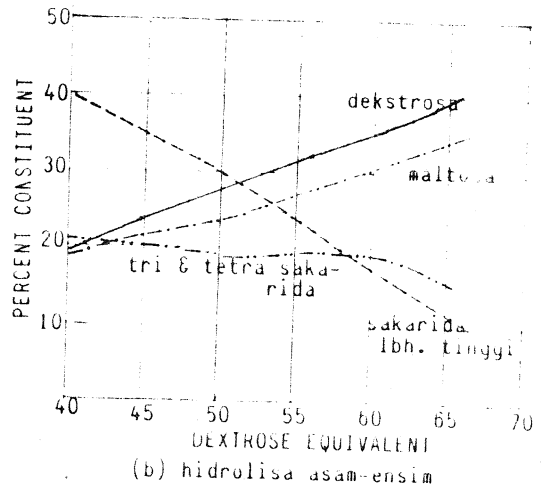
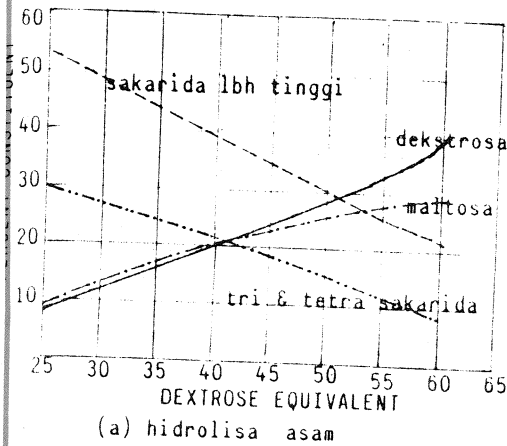
tersebut dilakukan klarifikasi dan pemucatan (bleaching). Tahapan ketiga proses isomerasi glukosa menjadi fruktosa dengan bantuan enzim glukosa-isomerase (misal sweetzyme). Larutan glukosa jernih ditambah soda sampai pH 8.2, dipanaskan sampai 62 °C, kemudian enzim ditambahkan. Suhu dipertahankan sampai diperoleh ratio glukosa : fruktosa yang diinginkan (misal 50:42). Proses selanjutnya adalah pemurnian kedua dengan penukaran-ion, selanjutnya dipekatkan sampai kadar padatan terlarut 71%.

Ada sedikit perbedaan dalam komposisi karbohidrat antara hasil hidrolisa asam dengan hasil hidrolisa asam-enzim, yang dapat dilihat pada gambar 3.

BEBERAPA SIFAT DAN KEGUNAAN GULA HIDROLISA

Beberapa sifat kimiawi sirup hasil hidrolisa amilum yang penting dan berpengaruh dalam penggolongan jenis dan mutunya antara lain adalah : komposisi sakarida – yang dipengaruhi oleh cara hidrolisanya–, tingkat keasaman (titrable acidity), kadar abu, kadar protein, kadar sulfit, dan ekstrak yang dapat difermentasi. Sifat fisik dan organoleptik di antaranya adalah sifat kelarutannya dalam air, tekanan osmotik larutan, perubahan warna, kilau (glossiness), tingkat kemanisan, viskositas, dan kemampuan menyerap lembab (higroskopisitas), yang mana sifat-sifat tersebut akan berpengaruh pada kegunaan sirup atau gula hidrolisa.

Sirup dekstrosa dan fruktosa tersedia dalam konsentrasi tinggi sedangkan viskositasnya lebih rendah dibanding larutan



Gambar 3 : Komposisi karbohidrat sirup (a) hidrolisa asam, (b) hidrolisa asam-ensim

sukrosa dengan kadar yang sama, sehingga hal ini menguntungkan dalam pencampuran, pengadukan.

Tekanan osmotik larutan akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya BM bahan terlarutnya. Dalam hal ini sirup yang kandungan monokaridanya semakin tinggi akan semakin besar tekanan osmotiknya. Sifat ini menyebabkan daya hambat terhadap pertumbuhan mikroba semakin kuat, yang berarti daya simpannya akan lebih lama.

Gula monosakarida cenderung lebih mudah membentuk warna coklat baik sebagai karamel maupun hasil reaksinya dengan senyawaan amino, sehingga sirup/gula hidrolisa cocok untuk pembentukan warna coklat pada "baking product".

Corn syrup mempunyai kenampakan berkilau (glossy) sehingga sangat baik digunakan sebagai sirup pengisi buah kalengan, fruit candy, sebagai bahan glazur pada crackers, biskuit, dan cakes.

Tingkat kemanisan semua sirup dekstrosa lebih rendah dibanding gula sukrosa (gula tebu). Kalau tingkat kemanisan relatif gula sukrosa 100, dekstrosa murni hanya memiliki tingkat kemanisan relatif 80, sehingga semua jenis sirup/gula dekstrosa tingkat kemanisannya lebih rendah dari 80. Untuk sirup fruktosa, tingkat kemanisannya akan semakin meningkat dengan semakin tingginya proporsi fruktosanya. Sirup dengan ratio glukosa : fruktosa 5 : 42 memiliki tingkat kemanisan relatif 100, sedang gula fruktosa murni tingkat kemanisan relatifnya 165. Keuntungan lainnya, rasa manis gula fruktosa akan semakin kuat bila suhunya turun, sehingga sirup fruktosa sangat cocok untuk menyiapkan minuman dingin. Kelemahan sirup fruktosa adalah suhu penyimpanannya harus terkontrol antara $25 - 30^{\circ}\text{C}$. Dibawah suhu 25°C akan mengalami pengkristalan, sedang pada suhu di atas 40°C akan cepat berwarna kuning/coklat.

DAFTAR ACUAN :

- * Anonim (1983) : Lampiran Pidato Pertanggung Jawaban Presiden R.I. Mandataris MPR di depan Sidang Umum Majelis Permusyawaratan Rakyat. 1 Maret 1983.
- * Agus Setiyono dan Soewedo Hadiwiyoto (1984) : Potensi Ubi-ubian Sebagai Bahan Pembuatan Alkohol untuk Mengatasi Krisis Energi. AGRI-TECH V.1. No. 1., Maret 1984. hal. 29-33.
- * Meyer, L.M. (1970) : Food Chemistry. Modern Asia Edition. Charles E. Tuttle Co., Tokyo.
- * Pancoast, Harry M. dan Junk, W. Ray, (1980) : Handbook of Sugar. AVI Publ. Co., Inc., Westport.
- * Radley, Y.A. (1954) : Starch and Its Derivatives. V.1. 3rd -edition. John Wiley & Sons Inc. NY.
- * Slamet Sudarmadji (1982) : Bahan-bahan Pemanis. Penerbit Agritech Yogyakarta.