

# TEKNOLOGI PENGOLAHAN JAGUNG

F.G. Winarno  
Star Ahli Bidang Pasca Panen,  
Menteri Muda Peningkatan Produksi Pangan

## PENDAHULUAN

Jagung pada umumnya memberikan keuntungan. yang rendah kepada petani karena antara lain sulitnya pemasaran, tingginya biaya transportasi dan belum berkembangnya teknologi dan industri pengolahan jagung.

Berdasarkan warna biji, jagung dapat dibedakan menjadi dua yaitu jagung kuning dan jagung putih. Jagung putih banyak ditanam di Sulawesi Selatan, sedang jagung kuning banyak ditanam (sekitar 60 dari areal jagung) di Jawa dan Madura. Jagung putih lebih disukai dalam industri pangan, sedang jagung kuning banyak dipakai untuk pakan, khususnya unggas petelur dan pedaging karena dapat memberi warna yang kuning indah bagi telur dan kulit ayam broiler.

Tipe biji tergantung pada komposisi bagian endospermanya. Endosperma jagung terdiri dari tepung keras (horny) dan bagian tepung lunak (floury). Berdasarkan tipe biji ini, jagung dapat dikelompokkan menjadi empat golongan.

- 1. Jagung tepung (*floury corn*).** Biji jagung tipe ini sebagian besar terdiri atas bagian lunak dan mudah diserang hama. Jagung berkadar lisin tinggi seperti jenis Opaque-2 termasuk dalam tipe jagung ini. Untuk pembuatan maizena, jenis jagung tepung lebih disukai.
- 2. Jagung gigi kuda (*dent corn*).** Jagung jenis ini ditandai oleh adanya lekukan (deht) di puncak biji akibat pengerutan bagian lunak. Perbandingan antara bagian keras dan lunak kira-kira 2 : 1. Jenis jagung ini banyak ditanam di Amerika Serikat.
- 3. Jagung mutiara (*flint corn*).** Sebagian besar jagung Indonesia tergolong tipe ini. Bagian keras (*horny*) jagung mutiara terdapat di bagian atas biji; sedang bagian tepungnya di dalam biji, berdekatan dengan lembaga. Jagung mutiara umumnya lebih keras daripada jagung gigi kuda. Bagian keras jagung gigi kuda berada di daerah sekitar lembaga.
- 4. Jagung berondong (*pop corn*).** Jenis jagung ini berukuran kecil dan hampir seluruh endospermanya terdiri dari bagian keras.

Berdasarkan komposisi patinya, maka jagung dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Jagung manis (*sweet corn*), kadar gulanya tinggi di samping kadar patinya sehingga waktu muda rasanya manis. Biji jagung manis terlihat terawang (transparan). Biji matang mengerut karena endospermanya tidak berisi penuh.
2. Jagung ketan (*waxy corn*) atau disebut juga jagung pulen. Sebagian besar pati jagung terdiri dari amilopek tin, yang dalam pemasakan menjadi lengket, pulen seperti ketan. Jenis bahan baku tersebut bagus untuk pakan ternak karena cepat meningkatkan bobot.
3. Jagung beramilosa tinggi, atau jagung pera, merupakan lawan jagung ketan; sebagian besar patinya terdiri dari amilosa. Jagung dengan kadar amilosa tinggi bagus sebagai bahan baku pembuatan film.

### **Penanganan Pasca Panen**

Penanganan pasca panen jagung merupakan rangkaian kegiatan yang dimulai sejak panen diikuti pengeringan, pemipilan/ perontokan, pembersihan, dan penyimpanan. Rangkaian kegiatan tersebut saling berkaitan; hasil satu kegiatan mempengaruhi hasil tahap berikutnya.

Cara penanganan pasca panen menentukan derajat pencapaian peningkatan mutu, menekan tingkat kehilangan kuantitatif dan kualitatif.

Mutu biji jagung, baik untuk konsumsi maupun untuk benih, bukan diperoleh secara kebetulan tetapi merupakan resultante dari perencanaan dan perhatian sungguh-sungguh untuk mendapatkan biji-biji yang bermutu tinggi. Hal ini penting terutama bagi pengelolaan biji untuk benih.

### **Pemanenan**

Jagung sebaiknya dipanen bila tanaman sudah sangat kering. Kadar air jagung tersebut biasanya berkisar antara 17-18%. Hal ini memudahkan proses pengeringan dan pemipilan yang akan dilakukan.

Cara panen jagung tergantung pada kondisi usahatani setempat. Para petani kecil yang memetik hasil untuk segera dijual biasanya memanen jagung dalam bentuk tongkol tanpa kelobot. Sebaliknya petani yang memiliki ternak, atau yang akan menyimpan jagungnya dalam jumlah banyak, biasanya memanen jagung dalam bentuk tongkol berkelobot. Kelobot

jagung dapat digunakan sebagai pakan ternak, atau dibiarkan pada tongkolnya untuk melindungi biji jagung dari serangan hama selama penyimpanan. Penyimpanan jagung berkelobot dilakukan dengan menyimpan di atas para-para, yaitu di atas tungku pemasak keluarga.

Di Wonosari, Kediri, misalnya, hanya 28,5% petani memanen jagung dalam bentuk tongkol berkelobot, sedang yang 71,4%, memanen jagung tanpa kelobot. Berbeda dengan di Kediri, di Sumatera Utara para petani yang umumnya memiliki ladang jauh dari tempat tinggalnya, baru memanen jagung bila sudah ada pembelinya. Sedang di Jawa Barat sebagian besar jagung dipanen dalam bentuk jagung muda, untuk dijual sebagai jagung rebus dan jagung bakar. Dengan dijual dalam bentuk muda, umur panen lebih singkat, dan harganya lebih baik.

### **Pengeringan**

Fasilitas pengeringan jagung di Indonesia masih sangat sederhana. Misalnya di Wonosari, Kediri, hanya 14% jagung yang dijemur di atas lamoran, sedang selebihnya dijemur di atas tanah.

Idealnya, jagung sebaiknya dikeringkan dalam dua tahap. Yang pertama dalam bentuk tongkol tanpa kelobot sampai kadar air 18%; sedang yang kedua dalam bentuk pipilan sampai kadar air 14%.

Banyak alat pengering yang ada di lapangan (Lister 300 unit dan Surya Pala 500 unit) tidak beroperasi sehingga tidak membantu pengeringan jagung di musim hujan.

Pada kenyataannya, petani lebih suka mengeringkan jagung dalam bentuk pipilan. Cara itu dianggap lebih cepat daripada dalam bentuk tongkol.

Pengeringan jagung di lamoran biasanya sampai kadar air 17-19%, sedangkan di atas tanah berkisar sampai 18-20%. KUD (Koperasi Unit Desa) biasanya akan mengeringkan kembali jagung yang dibeli dari petani sampai kadar air 14%.

### **Pemipilan**

Berbagai cara pemipilan jagung dilakukan petani, tetapi umumnya pemipilan dilakukan dengan penggebutan atau dengan alat semacam pamarut pasra. Pemipilan dengan alat mekanis (*Corn Sheller*) lebih banyak dilakukan oleh petani besar dan pedagang. Pemipil mekanis yang sudah banyak tersebar adalah yang dioperasikan dengan tangan (*hand corn sheller*).

Kapasitas kerja pemipilan jagung dengan penggebutan adalah 370 kg/jam/orang, hampir sama dengan kapasitas *hand corn sheller*. Kapasitas pemipilan dengan pasra lebih rendah, yaitu 250 kg/jam /orang. Pemipilan jagung biasanya dilakukan petani pada tingkat kadar air yang tinggi, dan ini menyebabkan tingginya persentase butir pecah sehingga mempercepat infestasi hama (16). Pemipilan dengan cara digebuk banyak menghasilkan butir patah atau butir rusak.

### **Ekspor dan Masalah Aflatoksin**

Ekspor komoditi pangan semakin sulit karena produksi meningkat lebih cepat daripada permintaan pasar. Apalagi syarat mutu yang ditetapkan pembeli semakin ketat. Hal ini juga terjadi pada jagung.

Para pembeli jagung kini sangat menekankan mutu, terutama yang menyangkut kadar aflatoksin. Dulu pembeli tertarik pada jagung berwarna kuning terang yang biasanya berkandungan gizi tinggi. Faktor itu tidak bisa jadi tolak ukur lagi karena tingginya kandungan aflatoksin.

Di pasaran dunia, harga jagung yang mengandung aflatoksin biasanya dikenai denda atau potongan mutu (*quality discount*) sebesar US\$ 10-20 per ton. Hal ini besar artinya bila jumlah yang diekspor besar. Muangthai yang mengekspor 2,57 juta ton jagung setiap tahun rugi sekitar US\$ 50 juta disebabkan denda mutu itu. Kerugian tersebut terus meningkat, kecuali bila masalah itu ditanggulangi.

Jagung yang dibiarkan mengering di ladang selama 1-4 minggu sebelum panen ternyata mempunyai kadar aflatoksin awal yang rendah, rata-rata 2,5 ppb, dengan kisar 0-16 ppb.

Hasil survei aflatoksin pada jagung yang dilakukan di Muangthai (20) mungkin dapat digunakan sebagai gambaran kondisi lokal produsen jagung di Indonesia.

### **Pengeringan dan Aflatoksin**

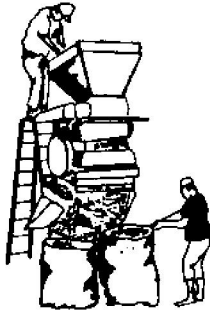
Jagung yang baru dipanen dalam kelobot, yaitu yang kering tegalan, mempunyai kandungan aflatoksin yang rendah, sekitar 3 ppb. Tetapi setelah 1-14 hari disimpan di lumbung desa, kadar aflatoksin itu meningkat menjadi 21 ppb, sedangkan setelah 2 bulan (masih dalam tongkol dan kelobot) meningkat menjadi 73 ppb.

Pengupasan kelobot dilakukan oleh pedagang, satu hari setelah pengupasan kelobot itu, kadar aflatoksin tinggal 63 ppb. Setelah dikeringkan secara mekanis di pusat pengumpulan untuk ekspor aflatoksin terkandung sebanyak 110 ppb, atau bila dikeringkan di lamoran, 187 ppb.

Aflatoksin (ppb)

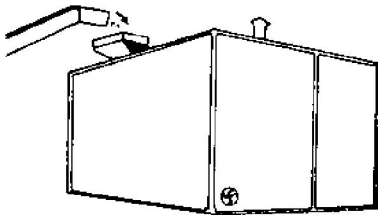
Sistem UTP (United Kingdom Thailand Project)

1. Pengeringan di ladang 1-4 minggu hingga kadar air 22% (kurang dari 5 ppb)



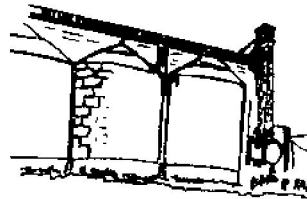
Ladang

2. Pemipilan jagung dalam waktu 48 jam setelah dipanen (kurang dari 5 ppb)



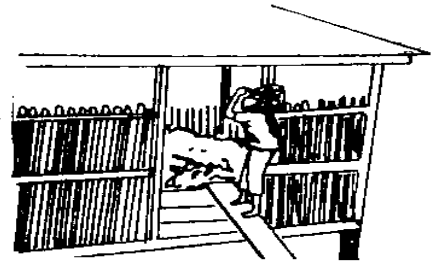
3. a. Biji jagung dimasukkan ke dalam pengering 12 jam sesudah pemipilan
- b. Pengeringan sampai kadar air 14% dalam 12 hari (kurang dari 5 ppb)

4. Pengangkutan ke eksportir (kurang dari 5 ppb)



Sistem Tradisional

1. Pengeringan seadanya , kadar air sampai 30% waktu panen (kurang dari 5 ppb)



Penyimpanan

1. a. Jagung sementara disimpan di petani 1-14 hari sesudah dipanen (21 ppb)
- b. Jagung disimpan untuk jangka waktu lama (2 bulan) (76 ppb)



Peladang lokal

3. a. Kurang dari 48 jam sesudah pengumpulan (63 ppb)
- b. 3-14 hari setelah pemipilan dijemur sehingga kadar air 16-18% (lebih dari 200 ppb)

Pedagang regional/lokal

4. Dipindahkan ke silo dengan mutu campuran (lebih 100 ppb)

**Gambar 1.** Perbandingan kadar aflatoksin dengan sistem UTP (*United Kingdom Thailand Project*) dan sistem tradisional.

Data ini menunjukkan bahwa pengeringan mekanis, meskipun lebih efektif daripada penjemuran di atas lamoran, tidak mengurangi kadar **afatoksin** yang sudah terlanjur tinggi.

Oleh karena itu disarankan agar pengeringan dilakukan segera, dalam waktu 24 jam setelah panen. Biji yang dikeringkan melalui dua tahap (dalam bentuk tongkol hingga kadar air 18%, lalu pipilan sampai 14%) dapat digunakan sebagai benih. Pengeringan dua tahap ini memakan waktu 3 hari, dengan kenaikan kadar afatoksin dari 3 ppb menjadi 30 ppb. Sedang bila pengeringan dilakukan satu tahap, yaitu dalam bentuk pipilan sampai kadar air 14% (dengan waktu pengeringan 1-2 hari) tidak terjadi kenaikan kadar afatoksin (dari 3 ppb menjadi 2-3 ppb). Teknik pengeringan satu tahap ini telah diintroduksi di Muangthai melalui kerjasama UTP (*United Kingdom Thailand Project*).

Untuk mengendalikan afatoksin dalam biji jagung, suatu teknik praktis untuk mendeteksi kadar racun itu, yang disebut BGYF test telah dikembangkan dengan ketelitian cukup baik di Muangthai.

### **Uji BGYF (*Bright Greenish Yellow Fluorescence*)**

Uji BGYF (*Bright Greenish Yellow Fluorescence test*) sangat baik untuk memantau kadar afatoksin rendah dalam jagung. Alat yang digunakan berbentuk kotak yang dapat dilihat dari atas dengan mata dan lensa. Sampel sebanyak 125 gr yang telah digiling kasar dimasukkan ke dalam laci di bagian bawah BGYF. Sinar yang digunakan adalah sinar UV dengan lambda tinggi (365 nm), dengan tenaga minimal 6 watt.

Melalui lensa pengintip (dari atas) dapat dihitung jumlah partikel yang berwarna BGYF, yaitu warna yang sama dengan warna kontrol standar Tinopal BHS.



Alat pemantau afatoksin **jagung** dengan uji **BGYF**.

Jika dikeringkan dengan teknik UTP jagung mengandung aflatoksin <3 BGYF (<20 ppb), berarti <20 ppb dan dapat diterima. Jagung yang berkadar aflatoksin lebih dari 3 BGYF, ditolak atau diulang penghitungannya. Uji BGYF juga dapat digunakan bagi jagung yang diolah dengan sistem lama tetapi evaluasinya sedikit berbeda: <3-BGYF berarti kandungan aflatoksin sekitar 30 ppb; 3-30 BGYF, kandungan aflatoksin selang, sekitar 100 ppb; >30 BGYF, kandungan aflatoksin sangat tinggi, >200 ppb.

### Penyimpanan

Jagung dapat disimpan dalam bentuk tongkol berkelobot atau tongkol tanpa kelobot di atas para-para, atau dalam bentuk pipilan di dalam tenggok atau karung.

BULOG biasanya menyimpan jagung pipilan dalam karung goni di gudangnya. Dalam gudang itu Bulog secara rutin melakukan penyemprotan dan fumigasi insektisida. Penyemprotan dilakukan setiap tiga minggu dengan menggunakan insektisida Silosan, sedang fumigasi dilakukan 2 bulan sekali dengan insektisida fostoksin. Daya tahan jagung yang disimpan dengan cara demikian, hanya mencapai 3 bulan; ini mungkin disebabkan oleh tingginya pra infestasi serangga sebelum dipanen.

Pada waktu panen raya (53-96 %) yang biasanya jatuh pada musim hujan, pengeringan menjadi masalah besar, termasuk tingginya kadar aflatoksin. Hasil penelitian sementara menunjukkan bahwa jagung yang diberi insektisida berbentuk debu (dust) dan dalam kantong ber CO<sub>2</sub>, dapat disimpan minimal 6 bulan.

Tabel 1. Waktu panen dan penyebaran areal produksi jagung di beberapa propinsi (o ).

Propinsi	Bulan panen		
	Des - Mar	Apr - Jul	Agu - Nov
Jawa Timur	60	20	20
Jawa Tengah	56	18	26
Yogyakarta	93	2	5
Sulawesi Selatan	76	19	5
Nusa Tenggara Timur	86	8	6

Sumber: Silitonga (16).

## PELUANG PENGOLAHAN JAGUNG

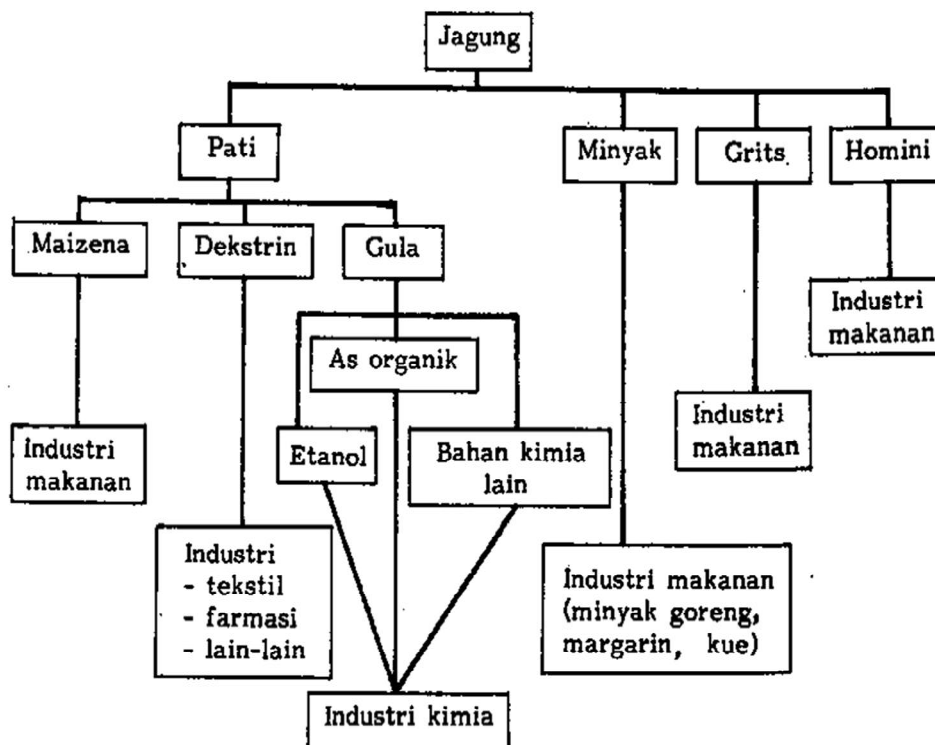
Jagung memiliki potensi sebagai bahan baku berbagai industri makanan, minuman, kimia dan farmasi, serta industri lainnya.

Dari 100 kg jagung dapat diperoleh 3,5-4 kg minyak jagung; 27-30 kg bungkil, makanan ternak, gluten, serat, dan sebagainya; serta 64-67 kg pati. Sisanya, 15-25 kg, hilang atau terbuang.

Proses pembuatan pati jagung memerlukan banyak air, yaitu 1,6-2,0 bagian air untuk tiap bagian jagung. Semakin tinggi nisbah air: jagung semakin rendah BOD (*biological oxygen demand*).

Pati jagung yang dianggap baik mutunya untuk penggunaan normal, biasanya mengandung 0,025-0,030% protein terlarut dengan protein total 0,35-0,45%.

Gluten jagung adalah protein yang tidak seimbang. Karena kekurangan lisin dan triptofan salah satu *outlet* utamanya adalah pakan. Gluten jagung dapat juga digunakan sebagai bahan pembuatan asam glutamat, meskipun gluten terigu lebih disukai karena kandungan asam glutamatnya lebih tinggi.





Bagian terbesar gluten jagung adalah zein, yang dapat diekstraksi dari gluten dengan etil atau isopropilalkohol. Sebelum diekstraksi dengan alkohol, lemaknya harus dihilangkan lebih dulu dengan heksan. Zein yang sudah terlarut dapat diendapkan dengan air.

Produk sampingan proses pembuatan pati adalah pakan yang merupakan campuran cairan perendam, bungkil *germ*, serat-serat kasar, dan gluten. Campuran tersebut mengandung protein 20% (BK) dan pati 30 %

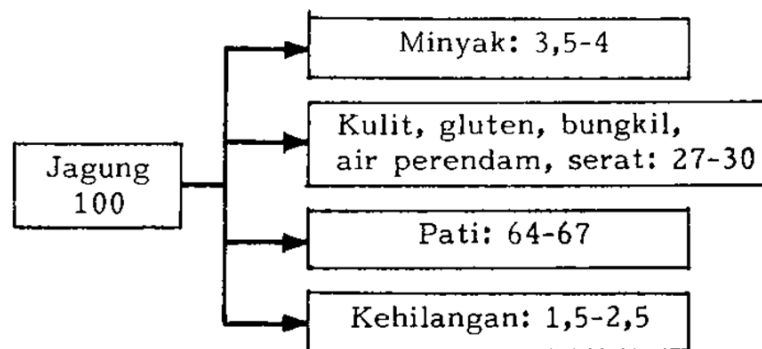
Keseimbangan antara bahan baku dan produk yang dihasilkan dari proses penggilingan basah tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 3.

### PROSES PRODUKSI PATI

Proses pembuatan pati umumnya terdiri dari 8 tahap: pembersihan, *steeping*, penggilingan kasar, pemisahan lembaga, pemisahan serat kasar dari pati dan gluten, pemisahan gluten dan pati, pengeringan pati.

#### Pembersihan

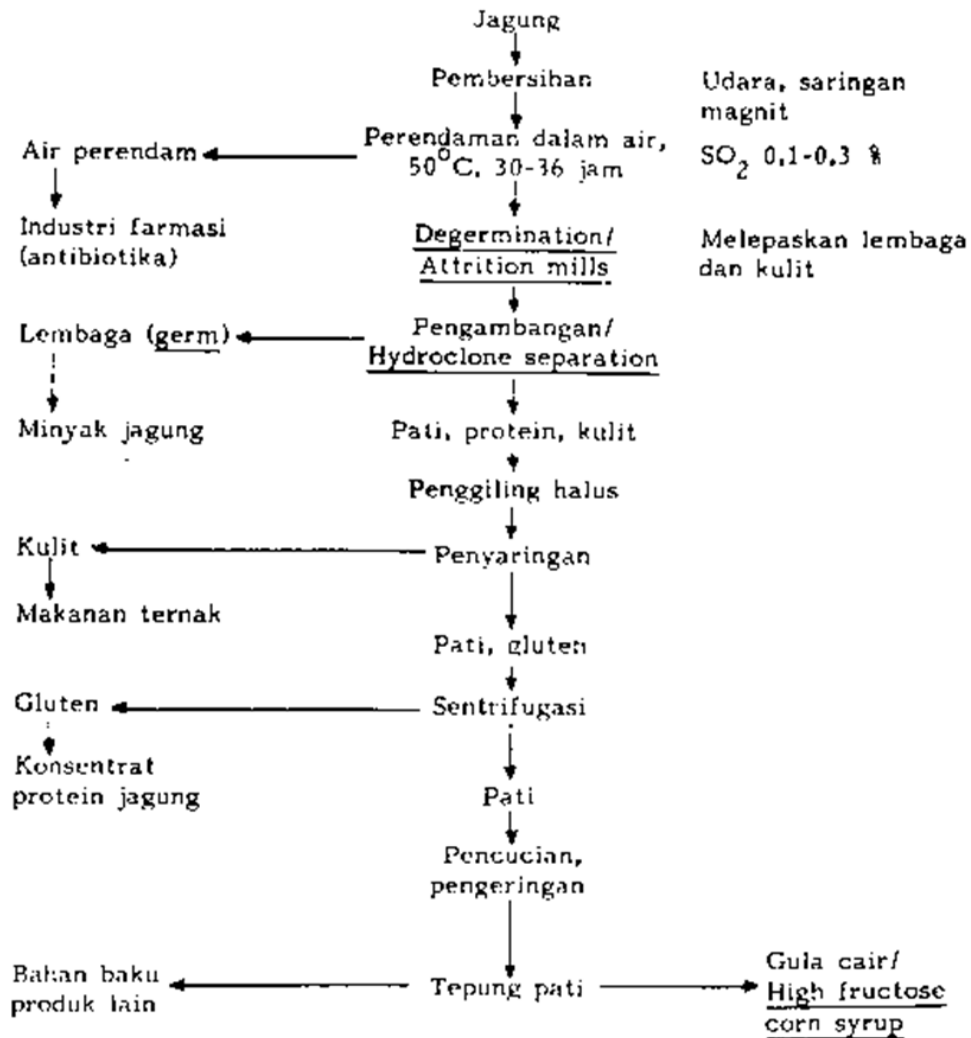
Jagung yang tiba di pabrik masih kotor. Karena itu perlu dibersihkan dari kotoran (debu, kerikil, partikel-partikel lain, pasir atau potongan tongkol) dengan cara penyedotan (*pneumatis*) atau penyaringan, kemudian disimpan dalam tempat/lokasi beton. Kehilangan selama pembersihan biasanya sekitar 1,0-1,5%.



**Gambar 3.** Keseimbangan antara bahan baku dan produk jagung yang dihasilkan (%).

## Perendaman

Perendaman dilakukan dalam 8-20 tangki beton atau kayu yang diatur secara seri yang mampu menampung 50-60 ton jagung. Tangkitangki tersebut harus diisi dengan jagung dan air secara simultan; kalau tidak demikian bak akan pecah oleh pengembunan biji jagung. Dengan sirkulasi yang baik suhu air dinaikkan sampai 45-50 C.



**Gambar 4.** Bagan proses pengolahan jagung secara basah.

Perendaman dapat: (i) menghilangkan bagian yang larut pada biji jagung, (ii) melunakkan biji sehingga memudahkan pemisahan kulit, lembaga, dan lain sebagainya tanpa banyak kehilangan pati, (iii) mereduksi kegiatan bakteri yang akan memasuki proses penggilingan.

Upaya peningkatan produksi jagung harus dikaitkan dengan program pengembangan industri pengolahannya di dalam negeri dengan nilai tambah yang cukup besar.

Selama perendaman, sebagian kecil karbohidrat terlarut; demikian juga protein, fitat, dan mineral. Zat terlarut tersebut akan diubah oleh bakteri menjadi asam laktat yang akan membantu melepaskan pati dari endosperm dengan melonggarkan ikatan matriks protein.

Suhu perendaman dijaga 40-45°C untuk menghindari terbentuknya alkohol karena peragian (*fermentasi*) oleh khamir (*wild yeast*).

Air bekas perendaman biasanya mengandung 6-8% padatan terlarut, dan dapat lebih dipekatan melalui penguapan sehingga menjadi cairan kental yang dikenal sebagai *heavy steep corn liquor*. Hasil limbah tersebut dapat digunakan sebagai bahan mentah industri farmasi, khususnya untuk produksi antibiotika. Komposisi padatan terlarut dalam limbah tersebut adalah 45-50% protein, 25-30% asam laktat, dan 3% fitat. Di samping itu banyak ditemukan berbagai vitamin B (B1, B2, B6 dan B12), niasin, kalsium, panthotenat, dan asam folat.

Pada umumnya komposisi jagung adalah sebagai berikut:

Kadar air	12-14%	Lemak	4,4-4,5%
Pati	60-61,5 %	Serat kasar	23-24%
Protein	8,3-8,5%	Gula	2,3-2,4%

Protein jagung pada umumnya mengandung asam amino esensial yang rendah, khususnya lisin. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, pemuliaan tanaman telah menghasilkan varietas baru berkandungan lisin tinggi yang disebut *Opaque-2 high lysin corn*.

Pada umumnya biji jagung terdiri dari empat bagian utama: (i) kulit luar, (ii) lembaga (*germ*), (iii) mahkota (*crown*) yang lokasinya berlawanan dengan lembaga (mahkota tersebut merupakan bagian dari endosperm), (iv) endosperm yang warnanya lebih pekat dibandingkan dengan bagian lain.

Kulit luar mengandung serat kasar atau karbohidrat yang tidak larut (bukan pati), liliri, dan berbagai mineral. Lembaga merupakan sumber minyak sehingga bobot jenisnya lebih kecil daripada endosperm. Sifat itu dalam industri dimanfaatkan dalam pemisahan lembaga melalui pengambangan (*flotasi*). Bagian mahkota mengandung pati yang bebas, sedang bagian endosperm mengandung pati yang terikat erat dengan matriks protein (*gluten*). Pemisahan pati dari

protein merupakan masalah yang perlu diatasi untuk proses yang efisiensi tinggi.

Berdasarkan bobot kering, biji jagung terdiri dari karbohidrat 80%, protein 10%, minyak 4,5%, serat kasar 3,5%, dan mineral 2,0%.

### **Penggilingan Basah**

Dalam proses perendaman, air dalam tangki terakhir diberi sedikit SO<sub>2</sub> (0,1-0,3%). Penggunaan SO<sub>2</sub> lebih dari 0,3% merendahkan viskositas pati. SO<sub>2</sub> membantu pelepasan pati dari endosperm dengan melonggarkan ikatan matriks protein. Warna kuning pada jagung disebabkan karena pigmen xanthofil. Sebagai pedoman kasar, jagung kuning menghasilkan pati kuning, sedangkan jagung putih menghasilkan pati putih.

### **Penggilingan Kasar**

Setelah ditiriskan, jagung dimasukkan penggiling kasar yang biasanya dilakukan dengan alat *Foos Mill*. Alat ini terdiri dari dua lempengan baja; satu lempengan tetap atau statis, lainnya berputar dengan kecepatan 1000 rpm. Lempengan yang berputar memiliki gigi. Ukuran pecahan jagung dapat diatur dengan penyetelan jarak antara kedua lempengan. Dengan alat tersebut, jagung secara kasar telah tergiling dengan bagian kulit yang terpisah dan lembaga secara utuh terpisah dari endosperm.

### **Degerminasi**

Cairan atau *slurry* yang mengandung butir kasar jagung dan lembaga dialirkan ke alat pemisah lembaga yang lebih dikenal dengan nama *germ separator*. Salah satu dari alat pemisah lembaga tersebut merupakan tangki yang berbentuk huruf U, yang bagian bawahnya diperlengkapi dengan *screw conveyor* dan pedal yang berputar pada bagian atas tangki.

Karena terdiri dari 50% minyak, lembaga memiliki BJ (bobot jenis) lebih rendah dari butir jagung sehingga mengapung. Dengan perantara pedal yang berputar, lembaga dan beberapa serat kulit yang mengapung didorong tertumpah keluar, sedang bagian yang berat terendapkan dan oleh *screw conveyor* didorong keluar melalui lubang bawah.

Alat baru untuk pemisahan lembaga disebut *germ cyclone*, yang terdiri dari bagian yang berbentuk *conical* dan berakhir dengan bagian silinder. Cairan atau bubur jagung yang keluar dari *Foos Mill* dimasukkan ke dalam *germ cyclone* melalui lubang masuk tangensial dengan gerakan berputar. Bagian ringan serat dan lembaga dikeluarkan melewati *overflow*,

sedangkan endosperm dan bagian yang lebih berat dikeluarkan melalui lubang bawah.

### **Pemisahan Serat dari Campuran Pati-Gluten**

Cairan yang keluar dari *germ separator* digiling hingga cukup halus. Alat penggiling konvensional yang biasa digunakan adalah *horizontal Buhrstones*; kini banyak diganti dengan *Bauer refiner, wet Entoleter,* atau *Butzy mill*.

Perlu diperhatikan agar ukuran yang tergiling tidak menjadi sedemikian kecil sehingga sama dengan ukuran sel-sel pati. Kalau hal itu terjadi, partikel-partikel serat tidak dapat dipisahkan melalui penyaringan, dan akan mencemari campuran pati-gluten.

Serat-serat yang halus disaring sehingga terpisah dan *slurry*-nya dimasukkan ke dalam *wedgewire-sieves* atau *sieve-bends*. *Sieve-bends* ditemukan oleh JF. Fontein, dan merupakan penemuan terbesar dalam proses produksi pati. Alat ini terdiri dari beberapa *wedge-bars* yang bekerja sebagai pisau yang memotong partikel-partikel padat dan cairan yang terpukul ke bagian tajam dari bar tersebut. Teknik pemotongan tersebut mampu memisahkan ukuran yang kecil (*undersized*) dan cairan lewat lubang-lubang yang ada, sedang yang ukuran besar (*oversized*) mengalir ke bawah, di atas saringan, dan dibuang keluar. Serat yang telah dipisahkan kemudian dikeluarkan untuk diproses lebih lanjut, sedang campuran gluten-pati diproses untuk dipisahkan.

### **Pemisahan Gluten dan Pati**

Suspensi campuran gluten-pati, setelah melalui *sieve-bends* dimasukkan ke *sand cyclone* untuk memisahkan pasir dan partikel lain yang berat, lalu baru siap untuk proses pemisahan gluten.

Pemisahan gluten dari pati secara industri dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu sistem *tabling* (meja), sistem *primary cyclone*, dan campuran kedua sistem tersebut. Teknik *tabling* banyak digunakan oleh industri produksi pati yang tua; sedang industri pati modern biasanya menggunakan campuran dua sistem terakhir.

Sampai tahun 1930-an, sistem *tabling* masih digunakan sebagai satu-satunya cara komersial untuk memisahkan gluten dari pati.

Meja yang digunakan dalam sistem *tabling* terbuat dari bambu atau beton yang dilapisi ubin porselen. Lebar, panjang, dan kemiringan meja sangat tergantung pada konsentrasi bubur atau *slurry* campuran yang dituangkan di atas

meja. Setiap pabrik memiliki ukuran meja tersendiri. Faktor lain yang mempengaruhi adalah pH *slurry*, suhu, dan kekentalan, serta halus kasarnya permukaan meja.

Setelah cairan campuran gluten-pati dituang ke atas meja, pati yang berat akan diam mengendap di dalam, sedangkan partikel-partikel pati yang kecil dan gluten akan mengalir ke bawah. Bagian yang mengalir turun tersebut ditampung dan sering di *table* lagi, tetapi pati yang dihasilkan biasanya bermutu rendah (mutu kedua) dengan kadar protein tinggi dan disebut *tailings*. Overflow tadi bila tidak di *tabling*, langsung dimasukkan ke dalam *sentrifuge*; di sini terjadi pemisahan antara bagian yang kaya akan pati dan bagian yang kaya akan protein.

Bagian yang kaya akan pati dikembalikan dan dicampurkan dengan bubur baru dan dilakukan proses *tabling* lagi. Hal itu diulang-ulang sampai cukup jumlah pati yang mengendap di atas meja. Sedang bagian yang kaya akan gluten disaring (*denaturasi filter press*) dengan menggunakan air. Bungkil yang diperoleh dikeringkan terpisah, atau dicampur dengan kulit jagung dan sisa air perendam untuk dikeringkan.

## MODIFIKASI PATI

Pati merupakan bahan utama berbagai sistem pengolahan pangan, sebagai sumber energi utama, serta berperan sebagai penentu struktur, tekstur, konsistensi, dan penampakan bahan pangan.

Sekitar 20% energi menu makanan yang dikonsumsi manusia adalah pati. Di negara maju, 40% dari jumlah tersebut adalah pati yang telah diolah lebih dulu, atau yang disebut modifikasi pati. Setelah dimodifikasi, pati praktis tak terbatas penggunaannya.

### **Oksidasi/Pengasaman**

Oksidasi pati sudah lama dipraktekkan di berbagai industri pati yang menggunakan sistem wet milling. Meskipun banyak zat oksidator telah digunakan, secara komersial pilihan masih jatuh pada senyawa natrium hipoklorit.

Tergantung kondisi reaksi, seperti suhu dan pH, proses oksidasi memasukkan gugusan karboksil dan/atau karbonil ke dalam rantai lurus maupun rantai cabang dari molekul pati, sehingga membuka struktur cincin glukosa dan menekuknya melalui pengguntingan rantai molekul.

Dengan teknik tersebut, sifat retrogradasi pati menjadi sangat minimal. Karena viskositas pati menurun, daya dispresinya tinggi. Tambahan hipoklorit juga membantu menekan jumlah bakteri selama proses produksi, dan menyebabkan pati terlihat lebih putih.

Penggunaan pati yang telah mengalami oksidasi dalam industri makanan masih terbatas, antara lain karena sifat clarity (kejernihan) gel, baik untuk penggunaan permen dan jelli. Di Eropa jenis pati tersebut masih banyak digunakan dalam produksi soup instant.

Modifikasi asam, yang juga disebut thin boiling starch merupakan cara lain yang telah lama dikenal oleh industri *wet milling*. Sewaktu suhu ditingkatkan, suspensi pati dihidrolisis dengan penambahan asam mineral encer (HCl 35 Be). Dengan hidrolisis tersebut, granula pati mampu memperlemah kerap atau rantai konfigurasi yang terdapat dalam granula pati, sehingga mengubah viskositas pati.

Pati yang telah mengalami modifikasi asam telah banyak digunakan di berbagai industri kertas, tekstil, bahan bangunan (perekat *wall-board*), laundry, industri *candy-gum*. Khusus dalam permen-gum, pati tersebut digunakan karena sifatnya yang baik yaitu *strong body* dan *short-textured*, sehingga rasanya nikmat, empuk, dan dapat mencegah sineresis. Pati tersebut juga banyak digunakan dalam keju buatan, karena dapat membantu substitusi kaseinat lebih baik.

Kekurangan dari pati modifikasi asam tersebut disempurnakan dengan kombinasi, mono functional dan sebagainya, untuk mendapatkan berbagai karakter produk yang diinginkan. Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik maupun kimia. Secara fisik dalam bentuk pregel yang kemudian dikeringkan dalam *drum dryer* atau *ekstruder*.

Modifikasi kimia dapat dilakukan dengan oksidasi, hidrolisis asam, mono functional (perlakuan dengan mereaksikan sate gugus hidroksil atau lebih), poly functional (ikatan melintang di antara rambai-rambai), dan double derivatives (*cross link* melalui OH).

### **Complexing**

Bila dipanaskan, sistem yang mengandung pati akan menjadi bagian dari sebuah matriks dan ciri dari sistem itu jadi diubah;

bumbu dan komposisi ramuan lain secara fisik menjadi senyawa kompleks dengan pati. Sifat-sifat gel berubah selama pemasakan.

Pengaruh gula terhadap pati merupakan contoh klasik. Viskositas pati diubah dalam proses hidrasi granula, sehingga mempengaruhi kekuatan gel. Beberapa ahli teknologi pangan menyarankan agar pati dibuat pasta sebelum ditambahi gula. Dalam kondisi dan alasan yang sama, garam dapat memperlambat proses pasta, terutama dalam kondisi alkali.

Garam fosfat dalam matriks pati kering secara komersial mempunyai potensi dalam industri pengolahan pangan yang menggunakan enzim. Laju pencernaan pati secara enzimatik selalu melibatkan garam mono dan dibasic fosfat atau garam klorida. Malah dalam pembuatan makanan bayi disarankan penggunaan pati yang difosfati dan melakukan kompleks dengan urea. Dalam hal ini pati dengan kadar amilopektin yang tinggi lebih baik.

Beberapa masalah complexing dapat merugikan sistem pengolahan pangan. Contohnya, pati fosfat mono ester tidak baik digunakan dalam formula yang mengandung garam 0,5 % atau lebih, terutama bila formula tersebut ditujukan untuk mendapatkan viskositas yang tinggi dan gel yang jernih.

Formula makanan yang mengandung protein susu yang tinggi, akan mendatangkan masalah bila di dalamnya terdapat pati. Susut protein dan pati bila dimasak bersama-sama akan menghasilkan produk yang lebih tinggi viskositasnya bila dibanding masing-masing secara individu. Pati eter (melalui hidrolisa) maupun pati eter (melalui cross-bonding) dapat mengendalikan masalah itu dengan membentuk matriks secara fisik.

Sebaliknya dalam beberapa kondisi, pati yang telah dimodifikasi dapat digunakan sebagai pengganti protein susu, yaitu bila pati tersebut dicampur dengan whey yang telah demineralized dan telah dihilangkan sebagian laktosanya. Produk tersebut dapat digunakan dengan baik sebagai substitusi susu skim kering (tanpa lemak) bagi produk-produk roti.

Dalam susu formula makanan yang melibatkan lemak dan minyak, terjadi kompleks dengan gugusan amilosa, terutama bila lemak yang terdapat itu monogliserida. Sekali kompleks itu terjadi, tidak mungkin lagi terjadi asosiasi dengan senyawa lain,



dan terjadilah retrogradasi. Bentuk granula lebih sempit, bandel terhadap pembengkakan sehingga dapat memantapkan viskositasnya. Hal ini mungkin terjadi karena terbentuknya selapis lemak granula dan entrain proses selama pemanasan.

Sifat tersebut dimanfaatkan dalam produksi daging ikan tiruan. Selama proses ekstrusi pati jagung gigi-kuda (*dent corn*) dan gliseril monostearat, terjadi kompleks. Kompleks tersebut bersifat fisik yang dengan amilosa memben tuk heliks di sekeliling gliserida sewaktu proses gelatinisasi pati terjadi. Dengan demikian kekentalan menjadi lebih baik.

### **Pre-Gel**

Pre-gel adalah pati yang telah dikeringkan untuk merusak struktur granulanya. Pre-gel lebih mampu menyerap air dan lebih mudah larut dalam air dingin. Tetapi sifat ini sangat tergantung pada kondisi pengeringan. Untuk pengolahan proses pati, pengeringan dengan drum dryer lebih baik dibanding ekstruder.

Pati pre-gel dapat digunakan untuk berbagai keperluan, lebih baik bila pati itu dimodifikasi sebelum dikeringkan dalam drum dryer. Pati pre-gel bagus untuk pembuatan pindang instant, dan cake mixes (menambah kesegaran dan tekstur), formulasi gelatin untuk whipped dessert dan sebagainya.

### ***Polyfunctional Activity***

Pati yang memiliki aktivitas polyfunctional adalah pati yang telah mengalami cross linked, dan didapat dengan reagen khusus. Penemuan reagen tersebut merupakan kontribusi paling dramatis dalam teknologi pangan. Pada umumnya reagen itu mengandung dua atau lebih gugusan reaktif dan mampu membentuk beberapa jembatan di antara rantai-rantai polimer yang terdapat dalam granula. Hal itu biasanya terjadi melalui gugusan hidrosil dari amilosa dan amilopektin. Dosis reagen dapat serendah 5 ppm untuk menciptakan efek yang dikehendaki secara jelas, atau dosis sangat tinggi untuk membuat granula menjadi sangat tahan panas.

Reagen yang kini banyak digunakan adalah jenis fosfat ester (phosphorus oxychloride) atau natrium trimeta fosfat. Reaksi terjadi pada permukaan granula. Pretreatment dengan hypochloride dapat membuka granula sehingga meningkatkan efisiensi.

Dalam industri pangan, pati *cross linked* digunakan sebagai: (i) bahan pengental (*thickening*) dalam salad dressing sehingga viskositas tidak berubah meskipun pH berubah selama penyimpanan, (ii) stabilisator dalam makanan kaleng, yang mengalami sterilisasi dengan autoklaf, (iii) makanan tradisional yang perlu jernih, mengkilap, dan rendah daya kilapnya seperti pada masakan cina dan makanan bayi, (iv) pengisi *fruit pie* terutama bila kebeningan dikehendaki serta digunakan pada pH rendah, (v) pada pengolahan masakan yang menggunakan suhu tinggi dan tekanan (*stress*), yang menuntut pati dengan konsistensi yang mantap.

Dibandingkan dengan pati alam yang belum mengalami modifikasi, pati *cross linked* dari jagung ketan lebih tahan panas dan tahan simpan dalam suhu rendah.

### ***Monofunctional Activity***

Pati cross linked masih mempunyai masalah viskositas pada sistem pangan yang menggunakan suhu rendah. Masalah itu dapat diatasi dengan modifikasi pati yang menggunakan reagen monofunctional seperti propylene oksida, biasanya dikombinasikan dengan cross linked.

Reagen monofunctional melakukan reaksi melalui satu atau lebih gugus hidroksil per unit glukosa. Dengan demikian, polaritas molekul diubah, suhu kanji pati diturunkan, dan kejernihan kanji dapat diperbaiki.

Salah satu dari banyak fungsi yang dapat diperankannya, adalah memperbaiki sifat *freeze-thaw* dan mengurangi bahaya seneresis.

Dosis reagen monofunctional biasanya lebih tinggi daripada poly-functional, sehingga efeknya lebih dramatis bila dibandingkan dengan modifikasi cross linked.

Biasanya monofunctional didahului dengan proses etherifikasi dengan propylene oksida pada suhu tinggi, lalu cross linked dengan fosforus atau pengadukan yang intensif untuk mencegah gelatinisasi. Produknya disebut double dramatic.

Dengan teknik yang benar, pati tersebut dapat menggantikan pati lengket (waxy) yang lebih mahal dalam pembuatan salad dressing.

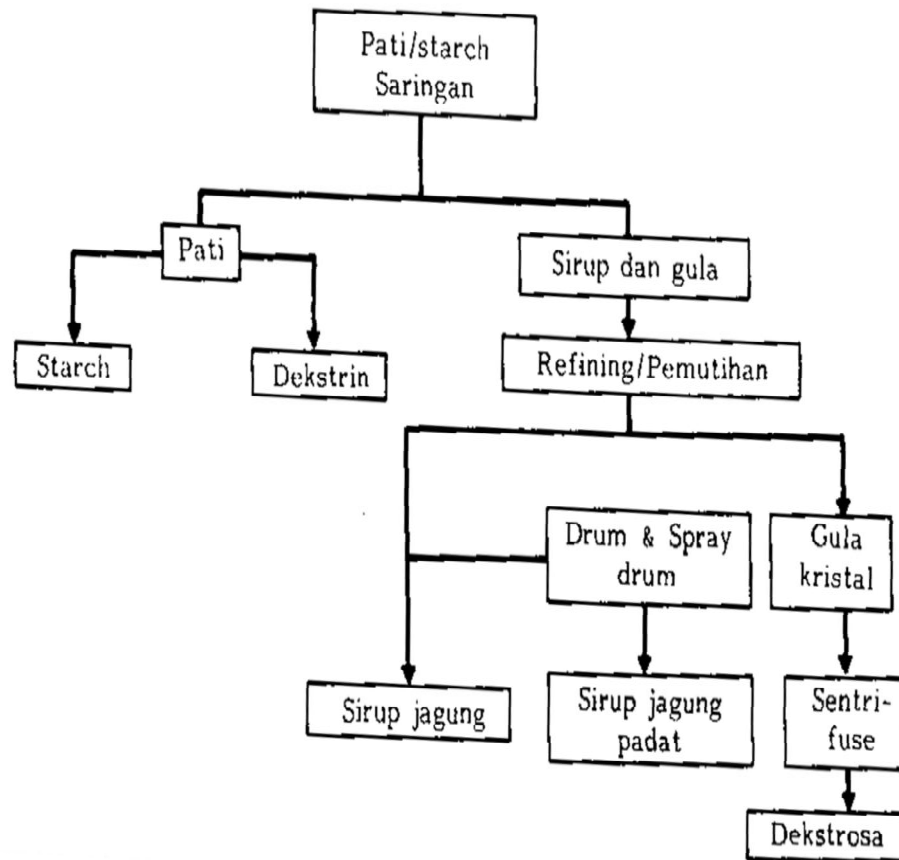
### **GULA JAGUNG**

Industri pati jagung mulai berkembang di sekitar tahun 1854, sedang gula dari pati jagung sudah diproduksi secara besar-besaran pada tahun 1866.

Setelah diproses dalam pabrik, pati jagung serta produk lanjutan yang dapat dihasilkan dari pati, seperti sirup dan gula, banyak sekali gunanya, misalnya untuk buah beku, minuman ringan, dan bir.

Di Amerika Serikat, gula pati jagung telah dikembangkan sejak seratus tahun yang lalu dan dikenal dengan nama *corn sugar*. Gula jagung cair dan sirup jagung, baru berkembang setelah perang dunia ke II. Industri sirup jagung berkembang

terus, khususnya untuk sirup dengan kemanisan yang lebih tinggi.



**Gambar 5.** Skema proses pembuatan sirup jagung.

### Sirup jagung

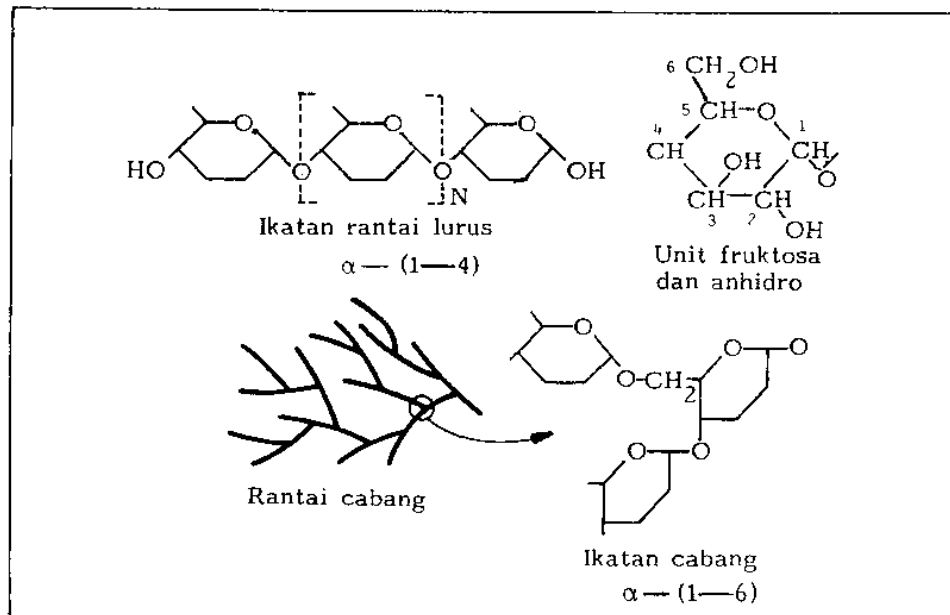
Sirup jagung, atau disebut juga sirup glukosa, merupakan larutan gula murni dalam air pati jagung yang dikentalkan sehingga mencapai DE (*dextrose equivalent*) 20 atau lebih.

Pati merupakan campuran molekul amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan rantai lurus yang terdiri dari 2.000 sampai 1.200 unit glukosa, yang dihubungkan dengan ikatan alfa (1,4). Amilopektin

merupakan struktur yang banyak cabangnya, mengandung rantai pendek amilosa yang dihubungkan dengan lain molekul dengan ikatan alfa (1,6). Molekul amilopektin berukuran besar sekali, dengan BM lebih dari 200 juta.

Unit glukosa pada akhir rantai disebut gugusan ujung pereduksi, karena memiliki sifat pada posisi C-1 (karbon nomor satu).

Derajat pemecahan molekul pati menjadi glukosa diukur dengan satuan DE, yang ditentukan oleh persentase jumlah molekul dengan gugusan ujung pereduksi. Karena itu, pati memiliki nilai DE = 0,



**Gambar 6.** Ikatan pati

sedang larutan murni dekstrose memiliki DE = 100. Setiap hidrolisa alfa (1,4) atau alfa (1,6) jumlah gugus pereduksi meningkat. Karena itu DE mencerminkan persentase ikatan-ikatan yang diputus atau dihidrolisis.

Sirup jagung dapat dibuat dengan menghidrolisis pati secara non-enzimatis (dengan asam) dan secara enzimatik.

### Cara Non-Enzimatis

Kanji pati jagung dididihkan sampai kental 21°Be atau Bj 1,69, lalu ditambahkan asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer sehingga mencapai pH 2,0. Larutan kental dimasukkan ke dalam autoklaf dan dipanaskan pada tekanan 15-20 psi selama 3 jam atau tekanan 30-40 psi selama 1/2-jam.

Asam yang berlebihan dalam larutan glukosa dinetralkan berulang-ulang dengan larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan disaring. Larutan glukosa yang masih berwarna kuning dipucatkan dengan zat pemucat dan disaring lagi.

### **Cara Enzimatis**

Dua enzim terlibat dalam pembuatan gula jagung. Enzim A amilase memotong rantai mol sehingga menjadi pasta cair dengan cara injeksi uap dan penambahan enzim. Enzim B amilase atau amiloglukosida memotong rantai molekul menjadi lebih kecil lagi sehingga mendapatkan larutan 95% glukosa. Produk tersebut kemudian dibersihkan (*refining*) dengan menggunakan karbon aktif dan *ion exchange resins*. Di samping dua cara tersebut, sirup jagung dapat diperoleh dengan tiga cara yaitu konversi pati dengan asam, asam-enzim, dan enzim-enzim.

Untuk konversi pati dengan asam, cairan pati diasamkan sampai pH 2,0, lalu dipompakan ke dalam *converter* pada suhu tekanan tinggi seperti telah disebut sebelumnya. Asam akan menghidrolisis alfa (1,6) secara acak sehingga diperoleh sirup dengan hanya 20-45 DE. Sesudah pati digelatinisasi dan depolarisasi, reaksi dihentikan dengan menetralkan cairan tersebut dengan busa.

Konversi secara asam-enzimatis, hampir sama dengan cara konversi asam. Setelah hidrolisis asam, ditambah satu atau dua jenis enzim sakharifikasi. Pilihan enzim sangat tergantung pada profil karbohidrat yang dikehendaki. Misalnya enzim, glukamilase akan menghasilkan jumlah dekstrose yang besar, yaitu hidrolisis ikatan alfa (1,4). Sedang enzim beta amilase menghidrolisis setiap ikatan lainnya, sehingga menghasilkan jumlah maltosa yang cukup besar. Dengan kombinasi dua enzim tersebut dapat diperoleh sirup jagung dengan DE 62.

Konversi enzim-enzim dimulai dengan gelatinisasi pati, kemudian baru dikembalikan dengan enzim alfa amilase, hidrolisis baru ditambah enzim untuk memproduksi dekstrose tinggi atau maltosa tinggi. Proses ini biasanya digunakan untuk membuat dekstrose intermediate untuk pembuatan HFS.

Setelah sirup mempunyai DE yang dikehendaki, sisa protein dipisahkan dari sirup dan dihilangkan dengan cara sentrifuse atau vakum filtrasi. Setelah filtrasi, sirup dilewatkan melalui kolom activated karbon untuk menghilangkan warna dan rasa yang menyimpang. Biasanya proses pemurnian tersebut sudah

cukup, tetapi demineralisasi juga dapat dilakukan dengan pertukaran ion menggunakan resin anion dan kation. Dengan kation resin, beberapa protein dan kation, seperti besi dan magnesium, dapat dibersihkan. Sedang dengan anion resin, garam yang terlarut, seperti klorida dan karbonat, dapat disingkirkan. Setelah dimurnikan, sirup baru dikentalkan untuk mencapai kadar padatan yang diinginkan yang biasa 70-80%.

### **Karakteristik Sirup Jagung**

Sirup jagung dijual berdasarkan satuan *Baume*. Baume dari sirup adalah ukuran dari kandungan bobot kering. Dari daftar standar yang ada pada *Handbook of physical chemistry*, nilai indeks refraksi dapat digunakan untuk menentukan kandungan bahan kering dan nilai Baume dari sirup.

Sirup jagung memiliki sifat bersih, manis, dan mudah digunakan dalam berbagai pengolahan pangan. Kemanisan sirup jagung dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kandungan garam dan trace mineral, pH, kadar padatan, dan suhu. Semakin bersih sirup jagung semakin manis rasanya. Nilai kemanisan dari sirup juga sangat tergantung pada harga DE, semakin tinggi DE, semakin manis rasanya.

Sifat sinergis (saling mendukung) antara gula-gula terjadi bila gula pasir (glukosa) dicampur dengan sirup. Contohnya campuran sirup jagung 25% 42 DE dengan sukrosa 75% pada kadar padatan 45%, terasa sama manisnya, dengan 100% sukrosa pada kadar padatan 45%. Dalam hal ini ternyata konsentrasi padatan sangat berperan. Contohnya, larutan 2% dekstrosa dalam air mempunyai kemanisan dua per tiga larutan 2% sukrosa; tetapi bila konsentrasi ditingkatkan, perbedaan kemanisan itu tidak jelas.

Sifat lain yang dikehendaki dari sirup jagung adalah viskositasnya. Viskositas sirup jagung berkorelasi positif dengan jumlah polysakarida dan kadar padatannya. Jadi konversi gula yang rendah akan menghasilkan sirup dengan viskositas tinggi.

Daya kunyah (*chewy characteristic*) banyak dipengaruhi oleh tingginya konversi; semakin kecil konversi, semakin besar rangsangan terhadap dinding mulut (*mouth feel*) dan semakin membuat gigitan terasa nikmat.

Peningkatan kadar sirup jagung dalam makanan menaikkan tekanan osmotis makanan dan ketahanannya terhadap bakteri karena mereduksi *water activity*, serta menurunkan titik bekunya.

**Penggunaan.** Sirup jagung dengan konversi rendah, yaitu dengan DE 36, dapat meningkatkan titik leleh es krim; artinya, es krim tersebut menjadi lebih sulit meleleh. Peningkatan kadar sirup juga menurunkan pembentukan kristal es, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih halus. Sirup jagung pun memiliki sifat sebagai humektan dan higroskopis. Sifat higroskopis sangat berkorelasi dengan tingkat DE. Sifatnya yang mudah bergabung dengan senyawa nitrogen untuk menghasilkan reaksi pencoklatan sangat penting bagi proses produksi karamel dan molases.



Sifat pereduksi sirup jagung dapat mencegah berbagai kerusakan oksidatif berbagai produk, misalnya pengawetan warna merah *tomato catchup*, *strawberry*, dan daging. Sirup jagung juga baik digunakan untuk mengendalikan terjaclinya kristalisasi pada es krim, permen, jelli jam. Dengan konversi rendah, sirup jagung dapat membantu pematapan buah seperti pada *angelcakes*, *marshmellon*, dan sebagainya.

### **Dekstrose**

Pada awalnya, dekstrose jagung hanya dapat dibuat dengan hidrolisa pati dengan asam. Teknik tersebut paling banyak dapat menghasilkan dekstrin dengan rendemen 86%. Di tahun 1938, enzim mulai digunakan untuk industri sehingga rendemen meningkat. Hasilnya, dekstrose dapat dimurnikan dengan cara kristalisasi.

### **Dekstrose Monohidrat**

Pati yang telah dihidrolisis, dibersihkan, dan dipekatkan dapat dikristalkan dalam tangki kristalisasi dengan iberi kristal bibit. Campuran yang terjadi kemudian didinginkan hati-hati sampai lebih dari separuh dari dekstrose dalam hidrolisa diubah bentuknya dari bentuk larutan menjadi kristal dekstrose.

Bila proses kristalisasi telah selesai, kristal dipisahkan dari cairan serta kotoran lain. Sebagian besar *slurry* yang mengandung kristal dipindahkan ke alat sentrif use, sisanya dibiarkan tinggal di alat pengkristal sebagai bibit kristal.

Meskipun sebagian besar cairan kotoran dapat dipisahkan oleh gaya sentrif use, sebagian kecil masih juga melekat di permukaan kristal. Untuk membersihkan lebih lanjut, sedikit air murni disempotkan ke dalam missa kristal yang berputar, dan diputar lagi beberapa menit untuk menghilangkan sisa air yang masih tersisa.

Kristal dikeringkan sangat hati-hati dengan panas pada

*Teknologi Pengolahan Jagung 331*

pengering berputar (*rotary drier*). Udara yang masuk ke dalam sistem tersebut disaring untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Kondisi pengeringan dikendalikan hati-hati agar air yang di permukaan saja yang dikeringkan, sedangkan air yang terdapat sebagai hidrasi tidak terganggu. Setelah cukup kering, suhu diturunkan.

## **Penggunaan dalam Industri Pangan**

Secara komersial, dekstrose murni dapat diperoleh dalam bentuk kering, yaitu monohidrat dan anhidrat, atau cair (71 zat padat dalam air).

Dekstrose banyak dipergunakan di berbagai industri makanan: roti (baking), minuman, pengalengan, serta gula-gula. Dalam industri roti dan kue, dekstrose digunakan karena mudah terfermentasi oleh ragi atau khamir (*baker's yeast*). Campuran dekstrose dan protein yang dipanaskan dapat menyebabkan warna dan citarasa yang bagus bagi kulit roti dan kue, serta memberi tekstur yang baik.

Dalam pembuatan gula-gula, dekstrose mampu memberikan rasa manis, kelunakan, pengendalian terhadap proses kristalisasi. Dekstrose dapat digunakan sebagai energi yang cepat atau segera digunakan badan. Karena alasan-alasan tersebut, dekstrose digunakan sebagai salah satu ransum darurat bagi angkatan darat Amerika Serikat. Di Eropa, tablet dekstrose dijual pada konsumen yang menghendaki penggunaan energi secara cepat, misalnya untuk para atlet.

Permen yang menggunakan bahan dasar dekstrose akan dapat memberi efek pendinginan, bila terlarut dalam mulut, dan itu meningkatkan stimulasi citarasa tertentu.

Karena kemanisannya hanya 2/3 sukrosa, dekstrose baik digunakan untuk produk pangan yang diinginkan tidak terasa sangat manis seperti icing. Dekstrose juga mempunyai efek seperti aspartan (pemanis buatan).

## **Sirup Fruktose Tinggi (SFT)**

Sirup Fruktose Tinggi (SFT) yang juga dikenal sebagai high fructose syrup (HFS) atau Sirup Kental Fruktosa, merupakan jenis sirup yang mengandung kadar fruktosa tinggi. Mulai dikenal dan diproduksi di Indonesia di PT Saritani Nusantara, Malang, Jawa Timur, sejak tahun 1982 dengan kapasitas terpasang 25 t/hari atau 6.000 t/tahun dengan menggunakan pati ubikayu (tapioka) atau ubikayu segar sebagai bahan baku.

Fruktosa adalah jenis gula yang terdapat secara alami di berbagai buah-buahan dan sayuran. Karena merupakan gula dalam buah maka disebut fruktosa atau fruit sugar; secara kimia juga dikenal sebagai levulosa.

Madu mengandung 40,5% fruktosa, anggur 6,5%, pisang 5,9%, dan jeruk 2,6%. Gula tebu dikenal sebagai sukrosa, yang terdiri dari satu unit fruktosa dan satu unit glukosa, keduanya terikat menjadi satu senyawa.

Sukrosa dapat diubah atau di invert menjadi dekstrosa dan fruktosa dalam jumlah berat yang sama dengan pertolongan asam atau enzim invertase; fruktosa memiliki kemanisan lebih tinggi per unit berat daripada glukosa ataupun sukrosa.

Menurut Badan Koordinasi Penanaman Modal (BKPM), sejak tahun 1981 sampai sekarang telah ada 22 buah perusahaan investasi pendirian industri SFT, seluruhnya PMDN dan 13 di antaranya berada di Pulau Jawa.

Di Jawa Barat dan DKI (PT Puncak Gunung Mas), masing-masing ada sebuah pabrik yang telah mulai memproduksi SFT dan sebuah lagi di Sumatera telah selesai dibangun. Diharapkan dua buah pabrik di Jawa Timur dan Sumatera akan segera menyusul dibangun. Pada akhir tahun 1988 diharapkan akan terdapat 11 industri SFT yang memproduksi sekitar 13.000 SFT. Pada tahun 1982 dan 1983, berturut-turut Indonesia mengekspor SFT sebanyak 8.400 kg dan 6.195 kg. Seluruhnya menggunakan bahan mentah ubikayu.

Pada tahun 1986, pemerintah melaksanakan program swasembada jagung dengan pro&am peningkatan produksi sekitar 34 % dibanding tahun 1985. Meski SFT dari jagung belum pernah dikembangkan, sejak dini perlu dipikirkan peluang jagung sebagai bahan industri, khususnya SFT.

### **Sirup Fruktose Tinggi HFS-42**

Bila tingkat kemanisan dari beberapa jenis gula dibandingkan dengan kemanisan sukrosa (gula pasir) maka hasilnya adalah sebagai berikut:

#### Tingkat kemanisan

Sukrosa	100%
Glukosa	75%
Fruktosa	125%
SFT	
42 % Fruktosa	92%
55% Fruktosa	100%
60% Fruktosa	102%
90% Fruktosa	118%

### Inverted sugar

Medium 103%

101%

Karena alasan itu maka diupayakan memperoleh cara mendapatkan sirup yang memiliki kemanisan sama dengan gula pasir pada berat yang sama. Pada pertengahan 1960-an, seorang peneliti Jepang, Takasaki dan Tanabe, menemukan sejenis mikroba yang memproduksi enzim yang mampu melakukan isomerasi dekstrosa menjadi fruktosa.

*Clinton Corn Processing Company*, suatu bagian dari *Standard Franch Inc.* memperoleh lisensi proses tersebut dari *Japanese Agency of Industrial Science and Technology*. Dengan teknologi tersebut pabrik itu pada tahun 1967 mampu memproduksi sirup dengan kadar fruktosa 14 % (BK) dari pati jagung, dan pada tahun 1968 berhasil memproduksi sirup dengan kadar fruktosa 42% bobot kering dan mulai masuk pasaran dengan nama *High Fructose Syrup* (HFS) dengan komposisi:

Padatan	71%
Air	29%
Berdasarkan berat kering	
Abu	0,03 %
Fruktosa	42%
Dekstrosa	52%
Gula lain	0%

Para industriawan cepat menangkap manfaat sirup 42% HFS yang mampu mengganti sebagian atau seluruh gula pasir yang mahal tanpa mengorbankan mutu.

Kemanisan 42 % fruktosa HFS memang kurang daripada gula pasir. Tetapi secara keseluruhan HFS dan sukrosa masih lebih murah.

### **Produksi *High Fructose Corn Syrup* (HFS-42 %)**

HFCS (*High Fructose Corn Syrup*) dapat dibuat dengan substrat pati jagung dan enzim isomerase yang mampu mengubah glukosa menjadi fruktosa. Kini telah pula berkembang penggunaan

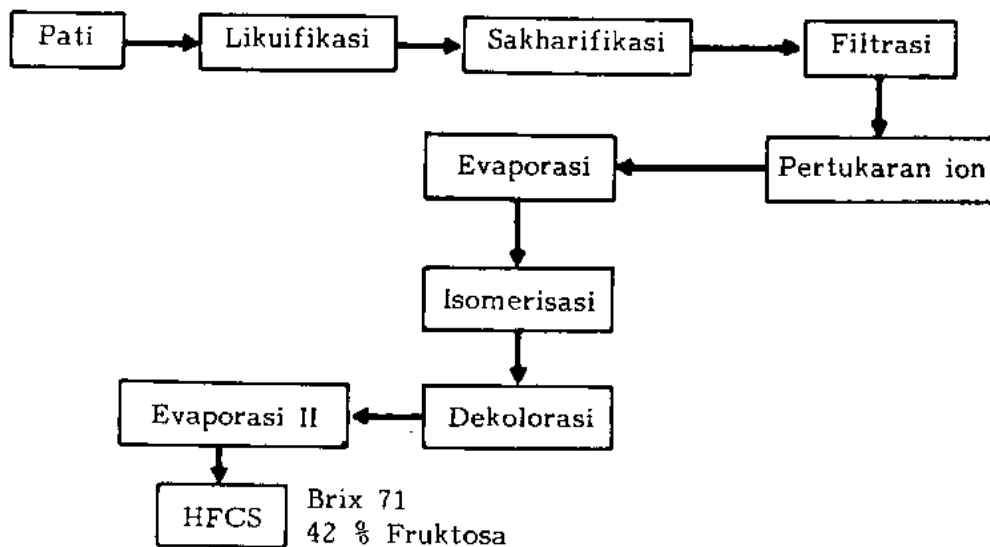
334 *jagung*

immobilized enzymes, suatu enzim yang dikurung dalam sejenis

kapsul, sehingga substrat dan produknya saja yang dapat masuk dan keluar, sedang enzimnya tidak keluar (*immobilize*) dari kapsulnya. Dengan demikian penggunaannya dapat berulang-ulang, sampai mengalami stadium fatigue.

Salah satu produk HFCS (yang pertama diproduksi) mengandung 71 % padatan terlarut, dengan susunan 42 % fruktosa, 52 % dekstrosa (glukosa), dan 6% gula-gula lain.

Karena kandungan dekstrosanya, suhu penyimpanan sebaiknya 80-80°F, untuk mencegah terjadinya kristalisasi glukosa. Skema produksi HFCS terlihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Skema produksi HFCS 42%

Untuk per ton pati diperlukan enzim liquifaction (amilase) sebanyak 1,15 kg, enzim sakharifikasi 0,85 kg, enzim isomerase 0,70 kg, filter aw 5,54, karbon aktif 6,00 kg, NaCl 10,9 kg dan HCl 56,20 kg. Untuk perhitungan tahun 1983 biaya bahan tambahan tersebut meliputi Rp 80.000 per ton HFCS.

### 1. Likuifikasi

Kanji pati jagung (40-45%) dimasukkan ke dalam pompa dengan dicampur enzim alf a amilase dan kofaktor. Kemasaman (pH) diatur sampai sekitar 6,8 sebelum ditambah dengan enzim dan kemudian uap air panas diinjeksikan sehingga mencapai suhu reaksi enzim yaitu sekitar 104°C.

Tekanan uap juga mampu mengocok sehingga mempercepat reaksi.

Enzim ditambahkan dan produk dibiarkan pada suhu 93°C selama 60 menit sehingga proses likuifikasi berlangsung lengkap. Pada tahap tersebut seluruh pati telah diubah sehingga mencapai dextrose-equivalen (DE) sekitar 15-20.

## **2. Sakharifikasi**

Campuran didinginkan hingga mencapai 60°C, suhu yang optimal untuk proses sakharifikasi. Karena reaksinya eksotherm, proses cenderung meningkatkan suhu, karena itu harus diturunkan dan dikendalikan. Pengendalian suhu sangat penting pada tahap sakharifikasi. Produk akhir mencapai DE 95-98.

## **3. Refining Sirup Dekstrose**

Proses refining dimulai dengan proses filtrasi. Filtrasi dilakukan secara vakum yang mampu menjaring protein, serta padatan lain dengan cara ampas sirup dikeringkan untuk kemudian dibuat pellet untuk pakan ternak.

Sirup yang telah disaring tersebut dipompakan ke dalam kolom karbon aktif dan pertukaran ion dalam bentuk seri untuk lebih memurnikan sirup. Kolom karbon aktif biasanya terdiri dari dua kolom yang mampu menampung aliran sirup dengan *retention time* 400 jam, yang dilengkapi dengan alat distributor yang menjamin distribusi sehomogen mungkin.

Setelah melalui karbon aktif, sirup tersebut dialirkan ke dalam tangki-tangki pertukaran ion dan kemudian disaring lagi untuk memisahkan adanya karbon yang terikat dalam sirup.

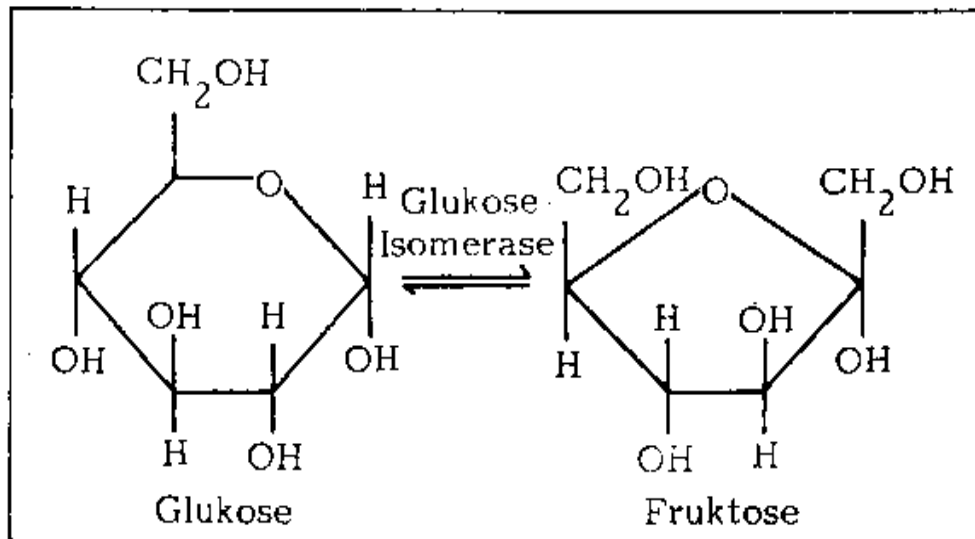
Fungsi pertukaran ion adalah untuk menghilangkan zat-zat mineral dalam sirup dan residu protein atau zat-zat warna yang mungkin lolos dari kolom karbon aktif.

Tahap berikutnya adalah pengentalan kembali melalui evaporator.

## **4. Isomerisasi**

Glukosa dan fruktosa merupakan isomer, memiliki berat molekul dan susunan atom yang sama tetapi dengan struktur konfigurasi yang berbeda. Glukosa dapat diubah strukturnya menjadi fruktosa atau sebaliknya, dengan pertolongan enzim yang sama yaitu glukosa-isomerase. Proses perubahan tersebut disebut *enzymatic glucose-isomerization*.

Karena enzim tersebut *reversible*, dapat mengkatalis reaksi bolak-balik, maka produk akhir selalu merupakan campuran glukosa maupun fruktosa. Relatif komposisi campurand ari kedua jenis gula tersebut dapat beragam tergantung kondisi reaksi, suhu dan keasaman, di mana proses isomerisasi berlangsung. High Fructose Syrup yang diproduksi mengandung fruktosa 42%, 50% glukosa, dan 8% oligomerase (gula lain).



Sirup kental dengan kadar padatan 45% dimasukkan ke dalam isomerisasi selama 15 menit untuk mengatur pH 8,0 dan penambahan Mg sulfat sebagai katalis, sirup dipompakan ke dalam kolom-kolom isomerisasi. Sebelum proses dimulai, suhu "kasar" dan suhu tepat (60°C) diatur secara cermat, dilakukan deaerasi dalam kolom sehingga mencapai kevakuman 254 mm Hg dan enzim glukosa isomerasenya telah pula disiapkan. Adanya oksigen terlarut dapat memblokir reaksi isomerisasi.

Dalam industri berskala besar, proses isomerisasi dilakukan pada sembilan kolom reaktor (fixed bed, densiflow) dan beberapa immobilized enzymes kolom reaktor. Enzim dalam kolom secara cepat berubah secara isomerisasi, glukosa menjadi fruktosa.

Kadar sirup glukosa harus diatur selalu tetap yaitu antara 42,5-43,0% agar flow rate-nya konstan.

##### 5. Refining SFT

Sirup fruktosa tinggi yang diperoleh kemudian ditampung dalam tangki penampungan dan kemudian dialirkan ke dalam filter, karbon aktif dan kolom pertukaran ion seperti yang digunakan dalam proses pemurnian sirup glukosa.

Karbon aktif mengambil senyawa berwarna yang terjadi selama proses isomerisasi dan pertukaran ion mengambil garam anorganik yang digunakan dalam proses isomerisasi sehingga kadar abu dapat ditekan serendah mungkin.

Sirup SFT yang diperoleh disaring lagi, dipanaskan dengan suhu lebih rendah daripada di kolom SFT untuk meningkatkan kekentalan sirup sehingga mencapai kadar padatan terlarut 71 %, disaring lagi baru ditampung ke dalam tangki-tangki penyimpanan.

Produksi Sirup Jagung Fruktose Tinggi 55% (HFCS 55%)

Proses Enrichment

Tahun 1970-an, industri minuman ringan menuntut adanya SFT dengan kadar padatan 9-15% tetapi memiliki kemanisan sama dengan gula pasir. Akibatnya diusahakan dengan berhasil untuk memproduksi SFT dengan kadar fruktosa 55% yang dianggap memenuhi syarat bagi industri minuman ringan untuk mengganti gula pasir dengan dasar per kg (dry basis). SFT tersebut memiliki rasa yang jelas dan bersih, rendah kadar gula lain, dan tidak menggumpal. Kadar gula (berat kering) 55 % fruktosa, 41 % dekstrosa, dan 4% gula lain. Sejak saat itu konsumsi SFT untuk industri terus meningkat, khususnya setelah Perusahaan Coca-cola dan Pepsicola mulai menggunakan SFT 55 % fruktosa.

Metoda enrichment pada SFT dilakukan dengan cara pengambilan sebagian glukosa dan oligosakarida dari pati yang hidrolisisnya tidak sempurna. Banyak teknik yang diuji untuk enrichment yang tepat tetapi sedemikian jauh cara pemisahan khromatografi adalah yang dianggap layak untuk proses skala besar (Gambar 8).

Prinsip dasar proses enrichment adalah sebagai berikut: Separasi atau pemisah khromatografi dengan menggunakan kolom dari dua fase (i) fase stasioner padat, (ii) fase bergerak cair. Komponen-komponen yang terdapat dalam fase cair memiliki perbedaan afinitas dengan fase stasioner padat. Komponen-komponen yang memiliki afinitas rendah agar bergerak lebih cepat dalam eluent dan disingkirkan lebih dulu di bagian bawah kolom. Sebaliknya yang memiliki afinitas tinggi akan kuat terikat pada fase stasioner dan paling lambat tersingkirkan dari sistem tersebut.



Fase stasioner yang digunakan dalam fase enrichment SFT cation exchange resin dalam bentuk ikatan dengan  $\text{Ca}^{++}$ , dipilih dalam proses ini karena reaktifnya tahan lama yaitu sampai 10 tahun, sangat stabil, tanpa meninggalkan residu. Bila SFT dimasukkan ke dalam kolom, (oligosakharida) karena ukuran yang besar, tidak dapat tersangkut pada pori-pori kecil resin (fase stasioner) dan tersingkir lebih cepat dari kolom molekul-molekul glukosa mampu masuk ke dalam pori-pori resin. Tetapi karena rendahnya afinitasnya dengan resin maka glukosa mendapat giliran tersingkir juga, tetapi waktunya lebih lambat dari oligosakharida. Sedang fruktosa dapat terikat dengan  $\text{Ca}^{++}$  dan akan lebih lama tinggal pada kolom dan disingkirkan pada tahap terakhir.

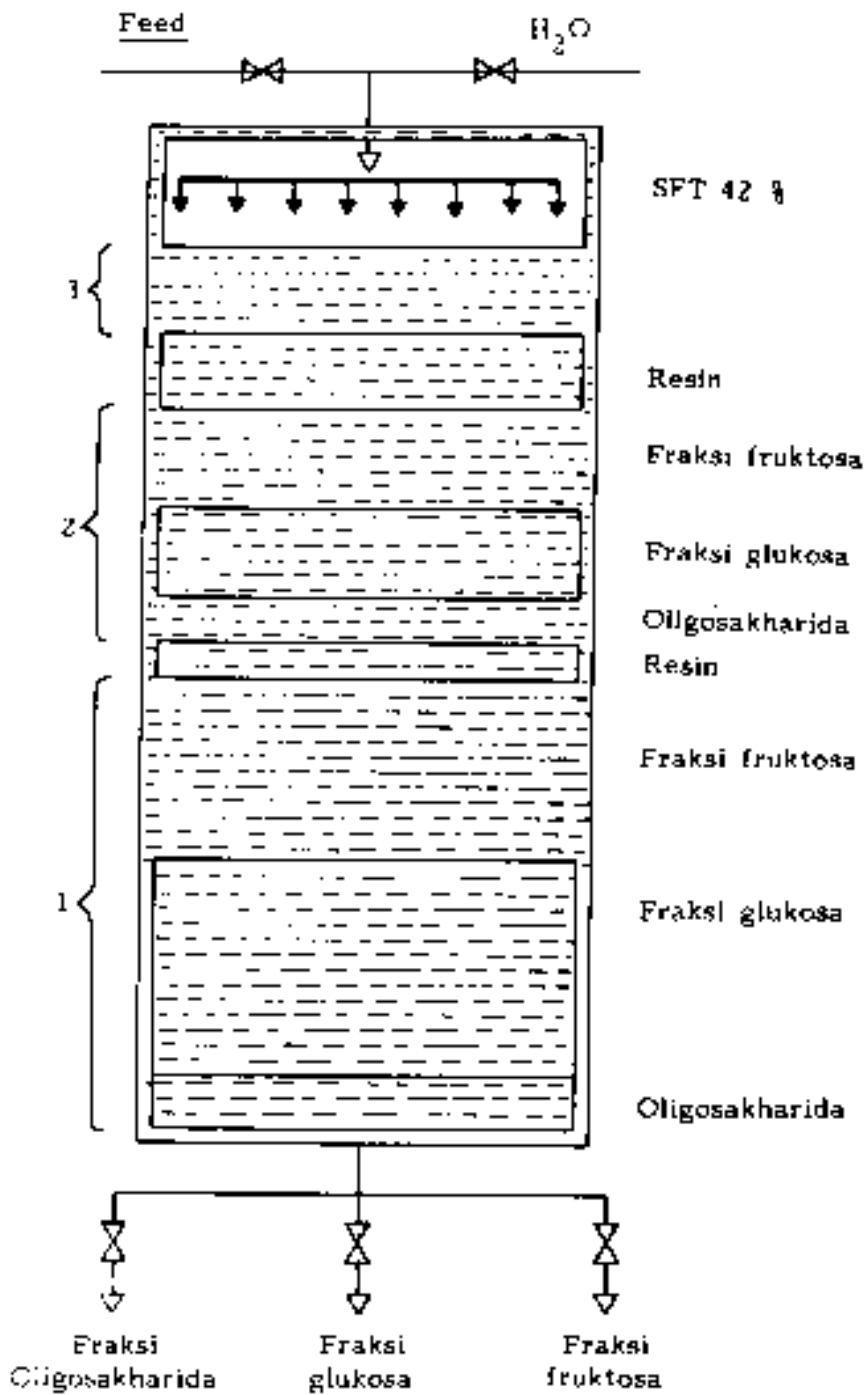
Fase bergerak biasanya menggunakan air dan pada suhu  $65^{\circ}\text{C}$ , untuk meningkatkan daya difusi mol gula ke dalam resin serta menghindari kontaminasi mikroba.

*Enrichment chromatographic* dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Sebagian SFT dimurnikan sampai 90% fruktosa, dan baru dicampur dengan SFT asal untuk meningkatkan konsentrasi fruktosa 55% (berat kering), dari konsentrasi awal (42%).
2. Seluruh SFT dilakukan ke dalam proses enrichment untuk mendapatkan kadar 55 % fruktosa secara langsung.

### **Masa Depan SFT**

SFT seharusnya dipandang sebagai bahan pemanis yang mampu mensubstitusi, tetapi tidak mengganti atau menyingkirkan sukrosa. Dalam berbagai hal SFT tidak mampu mengganti fungsi sukrosa, seperti misalnya *breakfast cereal coating* dan *icing and sweet roll topping* masih diperkirakan sukrosa. Di Amerika Serikat dan berbagai negara lain yang mulai menggunakan SFT penggunaannya adalah sebagai suplemen sukrosa.



**Gambar 8.** Skema distribusi komponen-komponen SFT dalam kolom.

Mana yang perlu diproduksi? Sirup glukosa dalam SFT saling menunjang dan sama diperlukan. Misalnya pada es krim dan *frozen desert*, SFT memberikan kemanisan yang diperlukan sedang konsentrasi rendah glukosa memberikan bentuk dan daya tahan leleh.

Di Jakarta saja keperluan sukrosa untuk industri sekitar 64.000 ton, yang separuh dari jumlah tersebut mungkin diganti atau disubstitusi oleh SFT. Susu kental manis dan bir mungkin tidak menggunakan SFT. Pereduksi 55 % SFT lebih mahal dari SFT 42%.

Diperkirakan konsumsi sukrosa tahun 1990 meliputi 2,8 juta ton. Bila 10% dari jumlah tersebut dapat disubstitusi dengan SFT, berarti diperlukan 280.000 ton setahun, lebih dari separuh SFT yang diproduksi di Amerika tahun 1975.

Pasaran SFT internasional tahun 1982 adalah 4,0 juta ton, dan 1985 sekitar 5,5 juta ton. Dari jumlah tersebut proporsi SFT semakin meningkat; sebagai contoh di Amerika Serikat, dari 22% pada tahun 1979 menjadi 50 % pada tahun 1985.

Dengan ditemukannya proses skala komersial pembuatan SJFT, dunia industri sangat beruntung karena dengan jenis ' gula tersebut dapat diproduksi sirup dengan segala kombinasi viskositas, kemanisan, atau persyaratan lainnya yang mungkin dituntut oleh industri pengolahan makanan. Beberapa sifat lain yang perlu dipertimbangkan bagi pemilihan mutu sirup yang baik adalah viskositas, daya reduksi, tekanan osmotik, kristalisasi, daya hambat kristalisasi, kejernihan dan daya rnengkilat, daya humektan (menjaga kelembaban), konsistensi, citarasa, komposisi karbohidrat, dan kadar padatan terlarut.

Untuk penggunaan dalam carbonated beverage, dipersyaratkan rendah kadar abunya (0,03 %), stabil warnanya dan ketat persyaratan kandungan mikroba yaitu 200 total bakteri/10 g, khamir 10/10 g dan kapang 10/10 g. Produk tersebut dapat mengganti gula pasir dan inverted sugar tanpa adanya perbedaan yang nyata dengan produk jadi lainnya. Relatif kemanisan dari SJFT 42% sama dengan larutan 15% sukrosa dalam air.

Karena susunan karbohidratnya, SHFT 42% dapat mengganti *inverted sugar* secara total dengan faktor-faktor kemampuan daya humektan (daya mempertahankan kelembaban, dan pencegahan kristalisasi sukrosa dikehendaki dalam sistem tersebut).

Pada 1983, ada 13 industri gula glukosa di Indonesia dengan kapasitas terpasang 38.000 ton, sedang menurut Asosiasi Industri Glukosa, konsumsi glukosa waktu itu baru 21.000 ton, berarti kelebihan 45 % produksi glukosa. Tahun 1983 baru satu industri SFT, yaitu PT

Saritani Nusantaran dengan kapasitas 7.500 ton/tahun. Dari jumlah konsumsi gula sekitar 2,0 juta ton, 500.000 ton atau seperempatnya dikonsumsi melalui industri makanan dan minuman.

Harga jual SFT 10-12 kali harga mentah dan sekitar 20% lebih murah daripada gula pasir. Penggunaan SFT pada industri Coca-cola saja sekitar 12.850 ton/tahun. Demikian pula halnya dengan perusahaan biskuit yang dapat menyerap lebih kurang 5.000 ton/tahun. Keperluan SFT di Jakarta lebih kurang 30.000 ton/tahun untuk industri buah, sayur dalam kaleng, bakery, dan berbagai minuman dan makanan jalanan. Menurut Ika Harimurti, Sarana Konsultasi (1983) Indonesia memerlukan lebih kurang 40 unit pabrik SFT.

Dari laporan Masriel Djamilus (1983), mesin pembuat SFT sangat sederhana dan tidak perlu seluruhnya diimpor dari luar negeri. Diperkirakan sekitar 60 % meliputi komponen tangki, pipa dan frame yang dapat diproduksi di dalam negeri.

Dari berbagai pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa masa depan SFT cerah, meskipun SFT pati jagung tergantung pada ketersediaan serta harga jagung di dalam negeri, atau daya saingnya dengan sumber pati lain, khususnya pati ubikayu.

## MINYAK JAGUNG

Jagung merupakan salah satu sumber penting minyak makan bergizi. Deposit minyak jagung terdapat pada lembaga, sehingga sebelum pengolahan perlu pemisahan lembaga jagung dari endosperma, katul dan kulitnya. Oleh karena komponen utama biji jagung adalah pati yang terdapat dalam endosperma, maka industri minyak jagung biasanya terkait atau merupakan bagian dari pati jagung (maizena).

Minyak jagung dapat diperoleh dengan cara pengepres lembaga atau mengekstraksi dengan pelarut minyak. Secara umum minyak jagung merupakan bagian paling mahal dari jagung. Harga minyak jagung 3-4 kali lebih tinggi dibanding harga jagungnya sendiri, atau 2-3 kali lebih tinggi dari harga pati, per unit berat. Karena itu proses ekstraksi minyak merupakan bagian terpenting dari seluruh proses industri pengolahan jagung.

Minyak jagung mengalami peningkatan permintaan yang kuat baik bagi keperluan industri maupun keperluan rumah tangga. Hal itu disebabkan karena meningkatnya kesadaran akan gizi dan kesehatan. Minyak jagung mengandung banyak asam lemak tidak jenuh, yang banyak dikaitkan dengan penurunan kadar kolesterol dalam darah dan hal itu berkorelasi positif dengan menurunnya peluang terjadinya

serangan jantung. Dengan demikian citra minyak jagung melonjak, apalagi setelah *Committee on Nutrition of the American Heart Association* (1968) merekomendasikan konsumsi minyak jagung dalam menu masyarakat Amerika.

Dari segi gizi, minyak jagung memiliki sifat mudah dicerna, sumber yang baik bagi asam lemak esensial, dan tidak mengandung senyawa alergen yang dapat menimbulkan alergi (3).

Sebagai gambaran dari data impor BPS 1984 (Tabel 2) dapat diperkirakan bahwa kebutuhan minyak jagung di dalam negeri sebesar 57,5-t/tahun, yang digunakan sebagai minyak goreng, minyak salad, margarine, sabun, serta produk-produk lain.

Untuk memenuhi kebutuhan minyak jagung tersebut, Tjiptadi dan Enie (17) telah menghitung jumlah lembaga yang diperlukan yaitu meliputi 179 t/tahun atau sekitar 0,6 t lembaga/hari atau 1,5 juta t jagung/tahun atau 5 t jagung/hari. Tentu saja dari basis industri minyak tersebut masih akan diperoleh pati jagung sebesar 768,5 t/tahun atau 2,6 t/hari.

Minyak jagung banyak digunakan untuk minyak goreng, minyak salad, shortening, dan margarine. Peningkatan penggunaan minyak jagung banyak terjadi dalam industri margarine. Hal itu disebabkan karena minyak jagung sering digunakan sebagai fraksi cair dalam pembuatan margarine sekaligus dapat membantu menambah kadar asam lemak esensial di dalam basis margarinnya; konsekuensinya tentu juga nilai gizinya. Di samping itu penggunaan minyak jagung sebagai bahan mentah campuran dalam margarine dapat memperbaiki rasa dan kenikmatan.

Tabel 2. Impor minyak jagung, tepung jagung dan pati jagung pada tahun 1984.

Negara asal	Minyak jagung		Tepung jagung		Pati jagung*)	
	Jumlah (kg)	Nilai (US\$)	Jumlah (kg)	Nilai (US\$)	Jumlah (kg)	Nilai (US\$)
Singapura	7.315	15.66	1.317	1.987		
Amerika Serikat	45.622	44.929	100.148	50.095		
Inggeris	35	197	12	29	300	2.5
Belanda	58.2	68.239	78	33.585		
Negara-negara Eropa Barat lainnya	900	2.005	61	20.864	449.225	183.85
Jepang			25	9.967	16	9.566
Malaysia			1.116	693		
Australia			5.167	2.049	26	12.032
Taiwan					65	30.005

Jumlah	57.265	65.198	271.76	118.99	556.525	237.953
--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

BPS, 1984.

\*) Digunakan untuk baterai.

### **Produksi Minyak Jagung Kasar**

Dari seluruh butir jagung, kandungan minyaknya hanya sekitar 5% saja sehingga mengolah biji jagung hanya untuk tujuan memproduksi minyak jagung dipandang tidak ekonomis dan tidak layak. Karena itu industri minyak jagung merupakan bagian dari industri pati yang terpadu. Baik melalui proses basah maupun proses kering dapat memisahkan lembaga dari bagian endospermanya, dan minyak jagung secara komersial diperoleh hanya dari bagian lembaganya saja. Lembaga jagung mengandung sekitar 85% dari seluruh minyak yang terkandung dalam biji jagung. Minyak dari jagung kuning berwarna kuning emas, sedang yang dari jagung putih berwarna pucat.

Produksi minyak dari lembaga secara kasar, biasanya tidak banyak mengalami masalah pengolahan. Ekstrusi minyak tersebut dapat dilakukan terhadap lembaga jagung hasil penggilingan basah maupun penggilingan kering. Lembaga yang dihasilkan oleh penggilingan kering, dapat langsung diekstraksi dengan pelarut organik (*solvent*) atau ekstraksi mekanis yang kontinu menggunakan alat sekrup pengepres yang disebut *expeller*. Hasil ekstraksi yang seluruhnya dilakukan dengan solvent, berwarna lebih bening daripada yang diekstraksi dengan *expeller*. Tetapi dengan teknik pemurnian yang canggih keduanya dapat menghasilkan minyak yang bening.

Lembaga yang dihasilkan oleh penggilingan basah, tinggi kandungan minyaknya (kira-kira 50%) dan biasanya diproses dengan cara gabungan yaitu dengan *expeller* dan ekstraksi solvent. Minyak lembaga diperas dengan *expeller* dari 50% sampai tinggal 20-25%; kemudian baru dilanjutkan ekstraksi dengan solvent sehingga kadar lemaknya tinggal 1,5%. Sebagian besar lembaga hasil penggilingan basah diproses dengan cara tersebut.

Sebagian besar ekstraksi minyak dengan solvent menggunakan pelarut hexan (dengan tekanan pada suhu 80-120°C, 1-15 menit) atau kadang-kadang dengan ethanol (tekanan tinggi pada 125°C). Secara komersial ekstraksi dengan ethanol jagung jarang digunakan.

Minyak jagung kasar, seperti layaknya minyak nabati lainnya, dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama tanpa

mengalami kerusakan yang berarti. Zat-zat antioksidan alami yang terdapat dalam minyak nampaknya cukup kuat melindungi minyak, asalkan minyak disimpan pada suhu yang tidak terlalu tinggi. Pada suhu 60°C minyak akan cepat mengalami kerusakan.

Kapasitas yang umum direkomendasikan untuk pabrik minyak jagung dengan sistem ekstraksi *expeller press* sekurang-kurangnya 9 t/hari atau untuk ekstraksi dengan *solvent extraction* 150-200 t/hari.

Minyak jagung kasar memiliki warna merah amber yang gelap, meskipun sudah *direfine* masih nampak lebih gelap daripada kebanyakan minyak nabati. Kandungan tokoferol yaitu sekitar 0,1 % merupakan bagian yang tidak tersabunkan dan yang memberi stabilitas pada minyak jagung. Sebagian besar dari tokoferol adalah G tokoferol.

Fosfolipida, adalah kumpulan kelompok lemak yang mengandung fosfor. Minyak jagung kasar mengandung sekitar 1,5 % fosfolipida; tiga perempat dari jumlah tersebut dapat diendapkan dengan cara sederhana yaitu dengan penambahan air atau uap air panas. Bahan yang terendapkan tersebut dikenal sebagai *lecithin* jagung atau minyak jagung fosfolipida. Kandungan fosfolipida sekitar 60 %.

## **Pemurnian Minyak Jagung Kasar**

### **Degumming**

Tahap pertama dalam pemurnian minyak jagung adalah *degumming*. Tahap ini mula-mula dilakukan untuk mendapatkan atau mengekstraksi fosfolipida seperti misalnya fosfolipida lesithin dari minyak kedelai. Di samping itu degumming diperlukan karena dapat memudahkan berlangsungnya proses *refining* lebih lanjut sehingga menghasilkan produk akhir yang lebih bening serta lebih memudahkan proses hidrogenasi.

Proses degumming dilakukan sebagai berikut: Mula-mula minyak kasar ditambahkan dengan 1-3 % air panas atau uap air untuk mengendapkan fosfolipida. Clayton (1956) menyarankan untuk menggunakan 1-3,5 % larutan amonia (1,5-2,9%) untuk mengendapkan gum fosfolipida. Gum yang dihasilkan dengan cara

tersebut akan bermutu tinggi dan berkandungan lemak netral, rendah.

### **Penyabunan dan Penjernihan**

Netralisasi dari asam lemak bebas dilakukan dengan menggunakan larutan natrium karbonat ( $22-30^{\circ}\text{Be}$ ), yaitu sebanyak 2-3 kali, pada suhu  $180-212^{\circ}\text{F}$ , atau dilakukan dengan prosedur biasa yaitu dengan penambahan soda kaustik biasa.

Proses penjernihan dilakukan dengan mengalirkan minyak tersebut melalui kolom yang berisi acid-activated clays (bentonite). Bahan tersebut di samping berguna untuk menjernihkan minyak, juga dapat membersihkan kelebihan alkali. Jumlah acid-activated clay yang diperlukan untuk menghasilkan minyak salad yang jernih dari minyak jagung kasar yang berwarna gelap adalah 4% berdasarkan bobot. Untuk minyak kasar yang normal, jumlah 1-2 % sebetulnya sudah cukup.



Proses penyabunan dari minyak jagung kasar dapat menghilangkan sebagian besar fosfolipida. Penyabunan mampu mereduksi kadar fosfor sampai 2,4 ppm sedang proses penjernihan (bleaching) dan deodorisasi lebih lanjut mengurangi kandungan fosfor sampai 0,67 ppm (11).

Untuk menentukan tingkat kecukupan proses penyabunan dan penjernihan biasanya digunakan tolok ukur yaitu seberapa jauh warna

telah direduksi. Warna minyak 3,5 merah sebelum proses deodorisasi sudah dianggap cukup baik.

### **Winterisasi**

Minyak jagung mengandung cecair dalam jumlah kecil dari lilin yang memiliki titik leleh tinggi, yang akan mengendap atau me-

ngawan atau keruh pada suhu dingin. Jumlah lilin tersebut sangat sedikit, sekitar 0,05 % sehingga tidak dianggap perlu dihilangkan bila minyak tersebut akan mengalami proses hidrogenasi atau akan digunakan

sebagai minyak goreng biasa. Proses pemisahannya sangat sederhana yaitu dengan pendinginan dan kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan.

### **Deodorisasi**

Proses deodorisasi dilakukan dalam tangki berkapasitas 60-90 liter. Uap air panas diinjeksikan ke dalam dasar tangki pada tekanan 2-3-kg/cm<sup>2</sup> melalui distribusi uap yang terdiri atas pipa-pipa yang berperforasi

radial. Minyak jagung dipanaskan sampai mencapai 230 C. Bau yang tidak dikehendaki dapat diusir oleh uap air dan disedot ke

*Teknologi Pengolahan Jagung 345*

luar pada keadaan vakum (4-5 mm Hg). Proses deodorisasi biasanya berlangsung 90 menit.

## **Sifat Minyak Jagung**

Komposisi asam lemak dalam minyak jagung telah banyak diteliti. Dan susunan asam lemak pada minyak jagung yang telah mengalami refining adalah sebagai tercantum pada Tabel 3.

Minyak dari jenis jagung yang berbeda memiliki komposisi yang berbeda. Sebagai contoh, jagung gigi kuda memiliki minyak jenuh dan mengandung lebih sedikit asam lemak linoleat. Sifat fisik minyak jagung murni dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi minyak jagung murni.

Asam lemak	Jumlah (% dari asam lemak)
16 : 0 (Palmitat)	11,1
18 : 0 (Stearat)	2,0
20 : 0 (Arachidonat)	0,2
18 : 1 (Oleat)	24,1
18 : 2 (Linoleat)	61,9
18 : 3 (Linolenat)	0,7

Sumber : Reiners dan Gooding (13).

Tabel 4. Sifat fisik minyak jagung murni.

Sifat	Satuan
<i>Smoke point</i>	460F
<i>Flash point</i>	610F
<i>Fire point</i>	670F
Bilangan yod	103-128F
Berat jenis (25C)	0,9154-0,920
Refraksi indeks (45C)	1,470-1,474
Viskositas (25C)	58 cp
Bilangan penyabunan	187-193
Titer	14-20C

Sumber : Reiners dan Gooding (13).

#### DAFTAR PUSTAKA

1. **American Heart Assoc. 1968.** Diet and heart disease. Am. Heart Assoc. Publ. EM 379.
2. **Berkhout, F. 1976.** The manufacture of maize starch. In: J.A. Radley (ed). Starch Production Technology. London: App. Sci., 109-135.
3. **Bernton, H.A. 1952.** Food allergy with special reference to corn and refined corn derivatives. Ann. Intern. Med., 36, 17-18.

4. **Biro Pusat Statistik. 1984.**
5. **Carasik, W. and Carroll, J.O. 1983.** Development of immobilized enzymes for production of high-fructose corn syrup. Food Technology, October.
6. **Damardjati, Djoko S. dan B.H. Siwi. 1986.** Potensi dan prospek produksi jagung dan kedelai di Indonesia. Makalah disampaikan pada Konsultasi Teknis Pengembangan Industri Pengolahan Jagung dan Kedelai, Bogor, 24-25 Maret 1986.
7. **Harimurti, W.R. (PT).** Project development cassava to high fructose syrup (tanpa tahun).
8. **Haryadi, P. 1985.** Prospek perkembangan industri sirup kental manis di Indonesia. Suara Karya, 11 Juli 1985.
9. **Hobbs, L. 1986.** Corn syrups. Cereal Foods World, 112(3), 852-856.
10. **Ika Harimurti Sarana Konsultasi, PT.** Laporan pengamatan prospek perusahaan pengolahan ubikayu di Sumatera Utara dan Sumatera Barat, 1983.
11. **Morgan, R.E. and R.A. Reiners. 1960.** Refined corn oil properties. CPC International, Moffett Tech. Center, Agro, Ill. (unpublished results).
12. **Paananen, H. and Virtanen, J. 1983.** Enriched fructose syrup production from cassava and molasses.
13. **Reiners, R.A. and C.M. Gooding. 1970.** Corn oil. In: Culture, Processing, Products. Westport, Conn.: AVI, 241-260.
14. **Rogols, S. 1986.** Starch modifications: A view into the future. Cereal Foods World, 12(3), 869-874.
15. **Schenck, F.W. 1986.** Dextrose. Cereal Foods. World, 12(3), 858-862.
16. **Silitonga, C. 1986.** Pemasaran dan penanganan pasca panen jagung dan kedelai. Makalah disampaikan pada Konsultasi Teknis Pengembangan Industri Jagung dan Kedelai, Bogor, 24-25 Maret 1986.
17. **Tjiptadi, G. dan A. Basrah Enie. 1986.** Pemanfaatan jagung dalam industri minyak makan. Konsultasi Teknis Pengembangan Industri Pengolahan Jagung dan Kedelai, FTDC, 24-25 Maret 1986.
18. **Soeparman, M. dan Djamalus, M. 1983.** Pengalaman memproduksi high fructose syrup dan prospek masa depannya (tidak dipublikasikan).
19. **Strickler, A.J. 1982.** Food carbohydrates. Westport, Conn.: AVI, 1982.
20. **Thai-British maize at aflatoxin project, June 1986** (Brosur).
21. **Winarno, F.G. 1983.** Enzim pangan. Jakarta: Gramedia.
22. **Winarno, F.G. 1986.** Produksi dan prospek high fructose syrup (HFS) dari jagung. Konsultasi Teknis Pengembangan Industri Pengolahan Jagung dan Kedelai, FTDC, 24-25 Maret 1986.