

# Teknologi Pengolahan Jagung

Nur Richana<sup>1</sup> dan Suarni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen, Bogor

<sup>2</sup>Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros

## PENDAHULUAN

Jagung berperan penting dalam perekonomian nasional dengan berkembangnya industri pangan yang ditunjang oleh teknologi budi daya dan varietas unggul. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat, Indonesia mengimpor jagung hampir setiap tahun. Pada tahun 2000, impor jagung mencapai 1,26 juta ton (BPS 2005).

Selain untuk pengadaan pangan dan pakan, jagung juga banyak digunakan industri makanan, minuman, kimia, dan farmasi. Berdasarkan komposisi kimia dan kandungan nutrisi, jagung mempunyai prospek sebagai pangan dan bahan baku industri. Pemanfaatan jagung sebagai bahan baku industri akan memberi nilai tambah bagi usahatani komoditas tersebut (Suarni 2003, Suarni dan Sarasutha 2002, Suarni *et al.* 2005).

## KARAKTERISTIK JAGUNG

Dalam upaya pengembangan produk pertanian diperlukan informasi tentang karakteristik bahan baku, meliputi sifat fisik, kimia, fisiko-kimia, dan gizi. Berdasarkan karakteristik bahan baku dapat disusun kriteria mutu dari produk yang akan dihasilkan maupun teknik dan proses pembuatannya.

### Karakteristik Pati Jagung

Biji jagung mengandung pati 54,1-71,7%, sedangkan kandungan gulanya 2,6-12,0%. Karbohidrat pada jagung sebagian besar merupakan komponen pati, sedangkan komponen lainnya adalah pentosan, serat kasar, dekstrin, sukrosa, dan gula pereduksi.

#### Bentuk dan Ukuran Granula Pati

Bentuk dan ukuran granula pati jagung dipengaruhi oleh sifat biokimia dari khloroplas atau amyloplastnya. Sifat *birefringence* adalah sifat granula pati yang dapat merefleksikan cahaya terpolarisasi sehingga di bawah mikroskop polarisasi membentuk bidang berwarna biru dan kuning.

French (1984) menyatakan, warna biru dan kuning pada permukaan granula pati disebabkan oleh adanya perbedaan indeks refraktif yang dipengaruhi oleh struktur molekuler amilosa dalam pati. Bentuk heliks dari amilosa dapat menyerap sebagian cahaya yang melewati granula pati. Bentuk granula merupakan ciri khas dari masing-masing pati. Juliano dan Kongserree (1968) mengemukakan bahwa tidak ada hubungan yang nyata antara gelatinisasi dengan ukuran granula pati, tetapi suhu gelatinisasi mempunyai hubungan dengan kekompakan granula, kadar amilosa, dan amilopektin.

Pati jagung mempunyai ukuran granula yang cukup besar dan tidak homogen yaitu 1-7 $\mu$ m untuk yang kecil dan 15-20  $\mu$ m untuk yang besar. Granula besar berbentuk oval polyhedral dengan diameter 6-30  $\mu$ m. Granula pati yang lebih kecil akan memperlihatkan ketahanan yang lebih kecil terhadap perlakuan panas dan air dibanding granula yang besar. Pengamatan dengan DSC pada berbagai ukuran granula memperlihatkan nilai entalpi dan kisaran suhu gelatinisasi yang lebih rendah dari ukuran granula yang lebih besar (Singh *et al.* 2005).

#### Amilosa dan Amilopektin Pati

Dibanding sumber pati lain, jagung mempunyai beragam jenis pati, mulai dari amilopektin rendah sampai tinggi. Jagung dapat digolongkan menjadi empat jenis berdasarkan sifat patinya, yaitu jenis normal mengandung 74-76% amilopektin dan 24-26% amilosa, jenis waxy mengandung 99% amilopektin, jenis amilomaize mengandung 20% amilopektin atau 40-70% amilosa, dan jagung manis mengandung sejumlah sukrosa di samping pati. Jagung normal mengandung 15,3-25,1% amilosa, jagung jenis waxy hampir tidak beramilosa, jagung amilomize mengandung 42,6-67,8% amilosa, jagung manis mengandung 22,8% amilosa (Tabel 1).

Amilosa memiliki 490 unit glukosa per molekul dengan rantai lurus 1-4  $\alpha$  glukosida, sedangkan amilopektin memiliki 22 unit glukosa per molekul dengan ikatan rantai lurus 1-4  $\alpha$  glukosida dan rantai cabang 1,6-  $\alpha$  glukosida. Dengan proses penggilingan basah (*wet milling*) jenis waxy dan amilomaize

Tabel 1. Kandungan amilosa, daya pengembangan, dan nisbah kelarutan air.

Pati jagung	Amilosa (%)	Daya absorpsi (g/g) ( $^{\circ}$ C)	Kelarutan (%) ( $^{\circ}$ C)
Jagung normal	15,3-25,1	14,9-17,9 (90)	12,5-20,3 (90)
Waxy	0	30,2 (90)	10,5 (90)
Amilomize	42,6-67,8	6,3 (95)	12,4 (95)
Jagung manis	22,8	7,8 (90)	6,3 (90)

Sumber: Singh *et al.* (2005)

menghasilkan pati yang khas. Pati jagung waxy dan pati termodifikasi banyak dimanfaatkan karena sifat-sifatnya yang khas (viskositas, stabilitas panas, dan pH) setelah hidrasi. Pati jenis amilomaize digunakan dalam industri tekstil, permen gum, dan perekat papan.

### **Absorpsi dan Kelarutan Pati**

Daya absorpsi air dari pati jagung perlu diketahui karena jumlah air yang ditambahkan pada pati mempengaruhi sifat pati. Granula pati utuh tidak larut dalam air dingin. Granula pati dapat menyerap air dan membengkak, tetapi tidak dapat kembali seperti semula (retrogradasi). Air yang terserap dalam molekul menyebabkan granula mengembang. Pada proses gelatinisasi terjadi pengrusakan ikatan hidrogen intramolekuler. Ikatan hidrogen berperan mempertahankan struktur integritas granula. Terdapatnya gugus hidroksil bebas akan menyerap air, sehingga terjadi pembengkakan granula pati. Dengan demikian, semakin banyak jumlah gugus hidroksil dari molekul pati semakin tinggi kemampuannya menyerap air. Oleh karena itu, absorpsi air sangat berpengaruh terhadap viskositas (Tester and Karkalas 1996).

Kadar amilosa yang tinggi akan menurunkan daya absorpsi dan kelarutan. Pada amilomaize dengan kadar amilosa 42,6-67,8%, daya absorpsi dan daya larut berturut-turut 6,3 (g/g)(°C) dan 12,4%. Jika jumlah air dalam sistem dibatasi maka amilosa tidak dapat meninggalkan granula. Nisbah penyerapan air dan minyak juga dipengaruhi oleh serat yang mudah menyerap air.

### **Amilograf Pati**

Sifat amilograf pati diukur berdasarkan peningkatan viskositas pati pada proses pemanasan dengan menggunakan *Brabender Amylograph*. Selama pemanasan terjadi peningkatan viskositas yang disebabkan oleh pembengkakan granula pati yang *irreversible* dalam air. Energi kinetik molekul air lebih kuat daripada daya tarik molekul pati sehingga air dapat masuk ke dalam granula pati.

Suhu awal gelatinisasi adalah suhu pada saat pertama kali viskositas mulai naik. Suhu gelatinisasi merupakan fenomena sifat fisik pati yang kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran molekul amilosa, amilopektin, dan keadaan media pemanasan. Kadar lemak atau protein yang tinggi mampu membentuk kompleks dengan amilosa, sehingga membentuk endapan yang tidak larut dan menghambat pengeluaran amilosa dari granula. Dengan demikian, diperlukan energi yang lebih besar untuk melepas amilosa sehingga suhu awal gelatinisasi yang dicapai akan lebih tinggi.

Jagung beramilopektin tinggi mempunyai rantai 1-4  $\alpha$ -glukosidase yang lebih pendek dibanding jagung beramilosa tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap suhu gelatinisasi. Pati dengan amilosa tinggi menyebabkan suhu gelatinisasi lebih tinggi. Suhu gelatinisasi pati bahan baku juga berpengaruh terhadap efisiensi produksi. Semakin rendah suhu gelatinisasi semakin singkat waktu gelatinisasi, yaitu 20 menit untuk tapioka dan 22 menit untuk pati jagung.

Suhu puncak granula pecah pati jagung adalah 95°C dan tapioka 80°C, dengan waktu yang dibutuhkan berturut-turut 30 dan 21 menit. Sifat ini berkaitan dengan energi dan biaya yang dibutuhkan dalam proses produksi. Pati akan terhidrolisis bila telah melewati suhu gelatinisasi.

Kadar amilopektin yang tinggi (99%) akan meningkatkan suhu awal (70,8°C), maupun suhu puncak gelatinisasi, yang diikuti oleh peningkatan energi (Tabel 2).

Viskositas maksimum merupakan titik maksimum viskositas pasta yang dihasilkan selama proses pemanasan. Suhu viskositas maksimum disebut suhu akhir gelatinisasi. Pada suhu ini granula pati telah kehilangan sifat *birefringence*-nya dan granula sudah tidak mempunyai kristal lagi. Komponen yang menyebabkan sifat kristal dan *birefringence* adalah amilopektin. Dengan demikian, amilopektin sangat berpengaruh terhadap viskositas. Viskositas puncak pati waxy (1524 BU), lebih tinggi dibanding pati jagung normal (975 BU), sedangkan jagung manis mempunyai viskositas puncak yang sangat rendah (85,2 BU).

Pati jagung normal lebih cepat mengalami retrogradasi dibandingkan dengan pati jagung lainnya, seperti ditunjukkan oleh viskositas dingin yang tinggi. Fenomena ini bisa terjadi karena pada waktu gelatinisasi, granula pati tidak mengembang secara maksimal. Akibatnya energi untuk memutus ikatan hidrogen intermolekul berkurang. Pada saat pendinginan terjadi, amilosa dapat bergabung dengan cepat membentuk kristal tidak larut. Sebaliknya, untuk jenis tepung yang lain, amilosa memiliki kemampuan bersatu yang rendah, karena energi untuk melepas ikatan hidrogennya juga rendah.

Tabel 2. Sifat amilograf pati beberapa jenis jagung.

Pati jagung	Suhu awal (°C)	Suhu puncak (°C)	Enthalpy (J/g)	Viskositas (BU)		
				Puncak	T=50°C	Balik
Jagung normal	64,0-68,9	68,9-72,1	8,0-11,2	975	1030	380
Waxy	70,8	75,1	13,6	1524	1251	216
Jagung manis	66,5	72,8	7,5	85,2	96	28,8

Sumber: Singh *et al.* (2005)

## Karakteristik Protein Jagung

Protein jagung dikelompokkan menjadi empat golongan, yaitu albumin, globulin, glutelin, dan prolamin, yang masing-masing mengandung asam amino yang berlainan.

Prolamin merupakan kadar tertinggi pada protein jagung, mencapai 47%. Prolamin sedikit larut dalam air dan sangat larut dalam 70% etanol. Dalam pemanfaatannya untuk pakan, prolamin jagung kurang mendorong pertumbuhan ternak karena sedikit mengandung lisin dan triptopan, namun mengandung asam amino nonpolar yang tinggi. Dengan berkembangnya ilmu genetika dan pemuliaan telah dihasilkan beberapa varietas jagung yang mengandung triptofan cukup tinggi.

Gluten jagung dapat digunakan sebagai bahan pembuatan asam glutamat, meskipun gluten terigu lebih disukai karena kandungan asam glutamatnya lebih tinggi. Kekurangan gluten jagung biasa adalah protein yang tidak seimbang, karena kekurangan lisin dan triptofan (Winarno 1986). Balitsereal telah merakit jagung QPM (*Quality Protein Maize*) varietas Srikandi Putih dan Srikandi Kuning dengan kandungan asam amino lisin 0,43% dan triptofan 0,13%, jauh lebih tinggi dibanding jagung biasa hanya mengandung lisin 0,20%, dan triptofan 0,04% (Suarni dan Firmansyah 2006).

## Karakteristik Minyak Jagung

Bagian jagung yang mengandung minyak adalah lembaga (*germ*). Minyak jagung dapat diekstrak dari hasil proses penggilingan kering maupun basah, proses penggilingan yang berbeda akan menghasilkan rendemen minyak yang berbeda pula. Pada penggilingan kering (*dry-milled*), minyak jagung dapat diekstrak dengan pengepresan maupun ekstraksi hexan. Kandungan minyak pada tepung jagung adalah 18%. Untuk penggilingan basah (*wet-milling*), sebelumnya dapat dilakukan pemisahan lembaga, kemudian baru dilakukan ekstraksi minyak. Pada lembaga, kandungan minyak yang bisa diekstrak rata-rata 52%. Kandungan minyak hasil ekstraksi kurang dari 1,2%. Minyak kasar masih mengandung bahan terlarut, yaitu fosfatida, asam lemak bebas, pigmen, *waxes*, dan sejumlah kecil bahan *flavor* dan *odor* (Tabel 3.)

## TEKNOLOGI PENGOLAHAN

Jagung merupakan sumber kalori pengganti atau suplemen bagi beras, terutama bagi sebagian masyarakat pedesaan di Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi. Dewasa ini, proporsi penggunaan jagung sebagai bahan pangan cenderung menurun, tetapi meningkat sebagai pakan dan bahan

Tabel 3. Komposisi minyak jagung murni.

Karakterisasi kimia	(%)	Karakterisasi fisik	
Trigliserida	98,8	Indeks refraksi	1,47
Kejenuhan:		Angka lod	125-128
- Saturates (S)	12,9	Titik padat	-20 s/d -10
- Mono-unsaturates	24,8	Titik cair	-16 s/d -11
- Polyunsaturates (P)	61,1	Smoke point	221 s/d 260
- Rasio P/S	4,8	Flash point	302 s/d 338
Profil asam lemak trigliserida		Fire point	310 s/d 371
- Palmitat (16:0)	11,1-12,8	Spesific gravity	0,918-0,925
- Stearat (18:0)	1,4-2,2	Berat jenis (kg/l)	0,92
- Oleat(18:1)	22,6-36,1	Viskositas (cp)	15,6
- Linoleat(18:2)	49,0-61,9	Warna	-
- Linolenat(18:3)	0,4-1,6	- Kuning	20-35
- Arasidat(20:0)	0,0-0,2	- Merah	2,5-5,0
Fosfolipid	0,04	Panas pembakaran	-
Asam lemak bebas (% oleat)	0,02-0,03	(cal/g)	9,42
Waxes	0	-	-
Kolesterol	0	-	-
Fitosterol	1,1	-	-
Tokoferol	0,09	-	-
karotenoid	td	-	-

baku industri. Sebagai bahan pangan, jagung dikonsumsi dalam bentuk segar, kering, dan dalam bentuk tepung.

Alternatif produk yang dapat dikembangkan dari jagung mencakup produk olahan segar, produk primer, produk siap santap, dan produk instan.

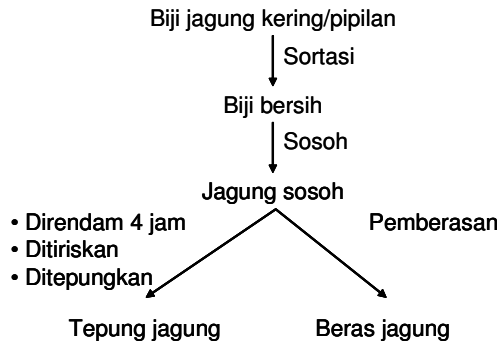
### Produk Jagung Primer (Bahan Baku)

Jagung dapat disiapkan menjadi bahan setengah jadi (primer) sebagai bahan baku industri. Bentuk produk ini umumnya bersifat kering, awet, dan tahan disimpan lama, antara lain adalah beras jagung, tepung, dan pati.

#### Tepung dan Beras Jagung

Produk jagung yang paling banyak dikonsumsi rumah tangga di perkotaan adalah dalam bentuk basah dengan kulit, sedang di pedesaan dalam bentuk pipilan. Jagung pipilan kering dapat diolah menjadi bahan setengah jadi (jagung sosoh, beras jagung, dan tepung). Pembuatan beras jagung dengan menggunakan alat proses disajikan pada Gambar 1.

Jagung sosoh dapat diolah menjadi *bassang*, yaitu makanan tradisional Sulawesi Selatan, sedangkan beras jagung dapat ditanak seperti layaknya beras biasa. Tepung jagung dapat diolah menjadi berbagai makanan atau



Gambar 1. Proses pembuatan beras dan tepung jagung.

mensubstitusi terigu pada proporsi tertentu, sesuai dengan bentuk produk olahan yang diinginkan (Suarni dan Firmansyah 2005).

Tepung jagung bersifat fleksibel karena dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan dan relatif mudah diterima masyarakat, karena telah terbiasa menggunakan bahan tepung, seperti halnya tepung beras dan terigu.

Kandungan nutrisi biji jagung mengalami penurunan setelah diolah menjadi bahan setengah jadi (Tabel 4).

Pemanfaatan tepung jagung komposit pada berbagai bahan dasar pangan antara lain untuk kue basah, kue kering, mie kering, dan roti-rotian. Tepung jagung komposit dapat mensubstitusi 30-40% terigu untuk kue basah, 60-70% untuk kue kering, dan 10-15% untuk roti dan mie (Antarlina dan Utomo 1993, Munarso dan Mudjisihono 1993, Azman 2000, Suarni 2005a).

Pada proses pembuatan beras jagung terdapat hasil sampingan berupa bekatul yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber serat kasar yang sangat berguna bagi tubuh (*dietary fiber*). Bekatul dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain dalam pembuatan kue kering berserat tinggi (Suarni 2005b).

### Pati Jagung

Pati jagung dalam perdagangan disebut tepung maizena. Proses pembuatan pati meliputi perendaman, penggilingan kasar, pemisahan lembaga dan endosperm, pemisahan serat kasar dari pati dan gluten, pemisahan gluten dari pati, dan pengeringan pati (Gambar 2).

Tabel 4. Kandungan nutrisi biji, beras dan tepung jagung.

Komposisi/ varietas	Air (%)	Abu (% bb)	Lemak (% bb)	Protein (% bb)	Serat kasar (% bb)	Karbo- hidrat (% bb)
<b>MS2</b>						
Biji	10,72	1,89	5,56	9,91	2,05	71,98
Beras jagung	10,55	1,72	3,12	8,24	1,88	76,31
Tepung metode basah	10,15	0,98	1,99	6,70	1,05	79,98
Tepung metode kering	9,45	1,05	2,05	7,89	1,31	79,51
<b>Srikandi Putih</b>						
Biji	10,08	1,81	5,05	9,99	2,99	73,07
Beras jagung	10,08	1,64	4,25	8,22	2,05	75,89
Tepung metode basah	10,05	0,94	2,08	7,24	1,05	79,70
Tepung metode kering	9,24	1,08	2,38	7,89	1,29	79,45
<b>Lokal pulut</b>						
Biji	11,12	1,99	4,97	9,11	3,02	72,81
Beras jagung	10,45	1,89	3,25	7,22	1,88	77,23
Tepung metode basah	11,00	0,98	1,78	6,80	1,15	79,46
Tepung metode kering	9,86	1,15	2,25	7,45	1,62	79,28
<b>Lokal nonpulut</b>						
Biji	10,09	2,01	4,92	8,78	3,12	74,20
Beras jagung	10,45	1,78	3,87	7,99	2,19	75,99
Tepung metode basah	10,82	0,79	1,86	6,97	1,06	79,56
Tepung metode kering	9,59	1,08	2,17	7,54	1,89	79,75

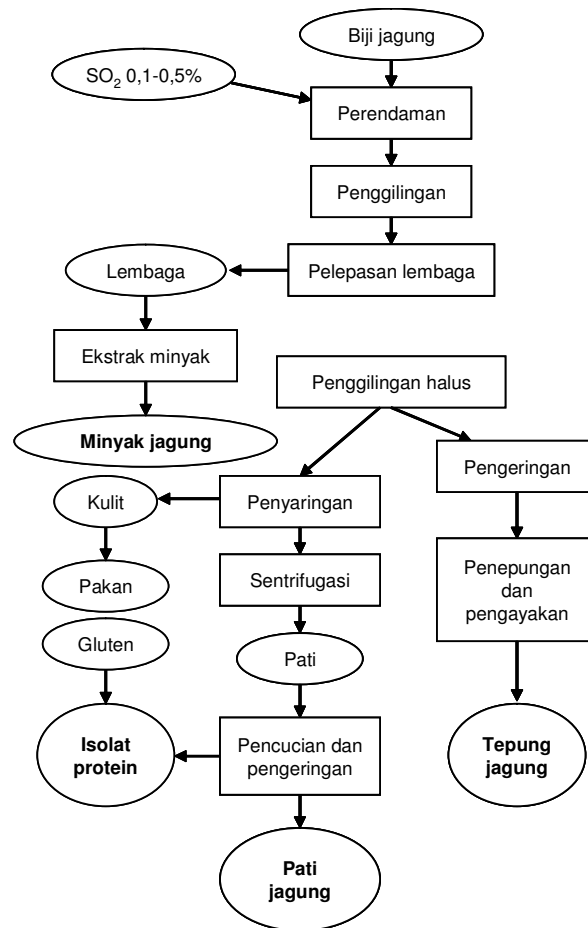
Sumber: Suarni *et al.* (2005).

Dari 100 kg jagung pipilan kering dapat diperoleh 3,4-4,0 kg minyak jagung, 27-30 kg bungkil, dan 64-67 kg pati, sedangkan 15-25 kg sisanya hilang terbuang dalam tahapan prosesing. Pati jagung dianggap baik mutunya untuk penggunaan normal biasanya mengandung 0,025-0,030% protein terlarut dengan protein total 0,35-0,45%.

Pati jagung normal mengandung 74-76% amilopektin dan 24-26% amilosa, jenis pulut mengandung 95-99% amilopektin, sedangkan *amilomaize* hanya mengandung 20% amilopektin dan 80% amilosa. Penggunaan pati dalam makanan sangat terbatas, karena tidak tahan terhadap asam, suhu, dan *shear*. Ketiga faktor tersebut sangat berperan dalam proses suatu makanan. Masalah ini dapat diatasi dengan cara memodifikasi pati secara kimia atau enzimatik. Pengaruh modifikasi terhadap sifat fungsional pati bergantung kepada jenis pati dan pereaksi yang digunakan.

Modifikasi pati secara ikatan silang dengan pereaksi fosfoklorida dapat meningkatkan kekentalan dan menurunkan suhu gelatinisasi. Bentuk dan ukuran granula serta densitas pati jagung termodifikasi tidak berubah, tetapi terjadi peningkatan daya serap air dan minyak. Pati jagung termodifikasi





Gambar 2. Proses penggilingan jagung basah (*wet milling*).

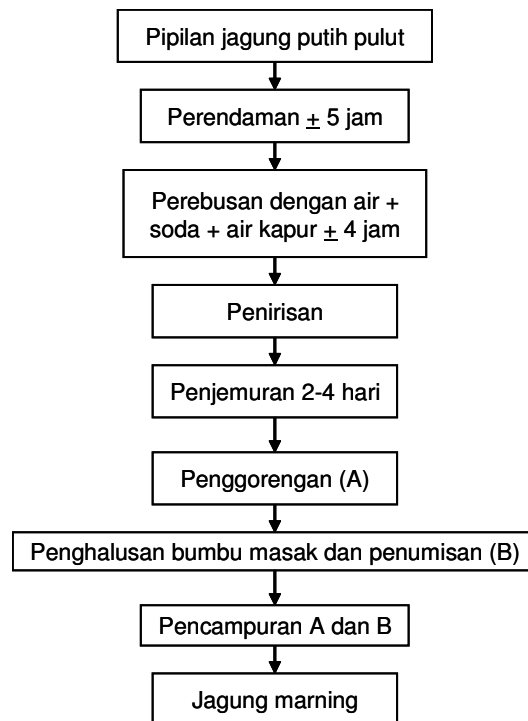
masih menunjukkan penurunan kekentalan apabila disimpan pada suhu dingin. Pada derajat ikatan silang tertentu, kekentalan meningkat dengan turunnya pH media. Kekentalan pati tepung termodifikasi tersebut lebih stabil, karena itu dapat digunakan dalam pengisian kue pie dan pembuatan saos (Afdi 1989).

Modifikasi tepung jagung secara enzimatik menunjukkan perubahan sifat fisikokimia dan fungsional, kadar amilosa, dan derajat polimerisasi (DP) mengalami penurunan, gula reduksi dan dekstrosa equivalent (DE) mengalami kenaikan. Tekstur tepung termodifikasi lebih halus dibanding tepung aslinya (Suarni 2006).

### Marning Jagung

Jagung pipilan kering dapat diolah menjadi jagung marning dan emping jagung. Olahan tersebut sangat digemari masyarakat sehingga dapat menjadi produk industri rumah tangga. Jagung marning adalah sejenis makanan ringan (*snack*) yang dikonsumsi setelah melalui proses pengolahan sederhana. Pipilan jagung putih yang telah disortir direndam dengan air selama  $\pm 15$  jam, kemudian direbus selama  $\pm 4$  jam dengan air yang diberi soda dan air kapur, agar jagung cepat mengembang dan menjadi renyah setelah digoreng. Selanjutnya, jagung masak dicuci hingga lendir hilang dan bersih, ditiriskan, kemudian dijemur selama 2-3 hari, bergantung keadaan cuaca. Pembuatan jagung marning dan emping jagung disajikan pada Gambar 3.

Aroma dan rasa dapat diperbaiki dengan cara menambahkan bumbu masak seperti garam, cabai, bawang putih, bawang merah, dan merica (sesuai selera konsumen). Bumbu masak dihaluskan dan ditumis, kemudian dicampurkan pada jagung yang sudah digoreng, diaduk hingga merata, dan dikemas dalam kantong plastik. Jagung pulut mengandung amilosa



Gambar 3. Tahapan pembuatan jagung marning.

rendah dan amilopektin tinggi, sehingga sesuai untuk olahan jagung marning dan emping (Suarni 2003).

Proses pembuatan emping jagung hampir sama dengan jagung marning, hanya pada emping ada proses pemipihan sebelum penjemuran, dan penggorengan (Suarni 2005a).

## **Produk Instan Jagung**

### **Beras Jagung Instan**

Beras jagung instan merupakan produk pangan instan berbentuk granulat. Meskipun berpenampilan seperti beras padi, proses pemasakan beras jagung tidak sama dengan beras padi. Pemasakannya cukup direbus dengan air atau susu dalam waktu singkat.

Cara pembuatannya, jagung pipilan digiling kasar, lalu diayak menggunakan ayak dengan ukuran lubang 1,4 mm. Fraksi yang lolos ayakan adalah dedak, kemudian ditampi untuk menghilangkan kotoran, lalu dicuci, dan direndam selama dua jam, seterusnya ditiriskan, dikeringkan hingga permukaan kering. Rebus hingga terbentuk bubur, ditandai oleh mengentalnya adonan. Kemudian bubur jagung didinginkan, lalu dikemas dalam plastik. Masukkan kemasan tersebut ke dalam freezer (Suhu  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Setelah pembekuan selama 24 jam lalu produk dilunakkan (*thawing*) dengan perendaman air yang diganti setiap lima menit. Kemudian bubur jagung dikeringkan pada suhu  $60-70^{\circ}\text{C}$  selama tiga jam. Kemas beras jagung instan dengan kemasan plastik.

Dengan sentuhan teknologi, pengolahan jagung menjadi jagung instan (bahan baku *bassang*) akan mempersingkat waktu penyiapan dari 15-18 jam menjadi 1/2 jam. Produk jagung instan cepat mengalami kerusakan, maka diperlukan upaya untuk memperpanjang masa simpan, yaitu dengan cara pemberian kemasan yang sesuai. Proses instanisasi pada beras padi dapat diterapkan pada beras jagung.

Pada proses instanisasi beras jagung (bahan *bassang*) dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut: perendaman, pengeluaran kulit, pengukusan (*steaming*), dan pengeringan (*drying*). Perendaman bertujuan untuk memperoleh absorpsi yang cepat dan seragam dari air (Tawali *et al.* 2003).

### **Pati Jagung untuk Gula**

Indonesia adalah pengimpor gula nomor dua terbesar di dunia. Kebutuhan gula nasional mencapai 3,3 juta ton per tahun, sementara produksi hanya

1,7 juta ton atau hanya 51,5% dari kebutuhan. Harga gula impor lebih murah dibandingkan dengan harga produksi dalam negeri. Produktivitas gula di Indonesia masih rendah, sementara efisiensi sistem produksi juga rendah karena tingginya biaya produksi. Ditambah lagi dengan adanya dampak kenaikan BBM, sehingga harga gula makin tinggi.

Gula alternatif yang sekarang sudah digunakan antara lain adalah gula siklamat, stearin, dan gula dari hidrolisa pati. Gula dari pati dapat berupa sirup glukosa, fruktosa, maltosa, manitol, dan sorbitol. Gula pati tersebut mempunyai rasa dan tingkat kemanisan yang hampir sama dengan gula tebu (sukrosa), bahkan beberapa jenis lebih manis. Gula pati dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, umbi-umbian, sagu, dan jagung. Di Indonesia, industri gula dengan bahan baku pati baru dimulai pada tahun 80-an.

### **Sirup Glukosa**

Sirup glukosa atau gula cair mengandung D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa dibuat melalui proses hidrolisis pati. Bahan baku yang dapat digunakan adalah bahan berpati seperti tapioka, pati umbi-umbian, sagu, dan jagung. Sirup glukosa dapat dibuat dengan cara hidrolisis asam atau secara enzimatis. Rendemen glukosa secara enzimatis dipengaruhi oleh tinggi dan panjang rantai amilosa, semakin panjang rantai amilosa, semakin tinggi rendemen. Hidrolisis enzimatis jagung jenis *amylomaize* menghasilkan rendemen hidrolisat pati lebih tinggi dibanding jagung jenis normal maupun pulut.

Glukosa telah dimanfaatkan oleh industri kembang gula, minuman, biskuit, dan sebagainya. Permasalahan pada industri glukosa saat ini adalah kontinuitas penyediaan bahan baku dan fluktuasi harga bahan baku. Pada pembuatan produk es krim, glukosa dapat meningkatkan kehalusan tekstur dan menekan titik beku dan untuk kue dapat menjaga kue tetap segar dalam waktu lama dan mengurangi keretakan. Untuk permen, glukosa lebih disenangi karena dapat mencegah kerusakan mikrobiologis, dan memperbaiki tekstur.

Dalam pembuatan sirup glukosa, pemilihan sumber pati harus mempertimbangkan kandungan amilosa dan amilopektinnya. Sumber pati yang mempunyai amilopektin tinggi lebih baik karena memiliki pati ISP (*Insoluble Starch Particles*) yang dapat dihidrolisis secara asam maupun enzimatik.

Rendemen sirup glukosa dipengaruhi oleh bahan baku. Richana *et al.* (1999) melaporkan bahwa rendemen sirup glukosa dari tapioka lebih tinggi dibanding pati garut atau sagu aren (Richana *et al.* 1999). Di samping itu, pati juga harus berprotein dan lemak rendah karena menyebabkan adanya

reaksi maillard yang dapat menyebabkan warna kecoklatan pada sirup. Pengecekan bahan baku pati dilakukan secara ketat karena sangat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan.

Bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan sirup glukosa adalah enzim alfa amilase, glukoamilase, karbon aktif, resin, bahan kimia NaOH dan HCl untuk pengatur pH dan  $\text{NaHCO}_3$  untuk menstabilkan pH.

Proses produksi sirup glukosa meliputi likuifikasi, sakarifikasi, penjernihan, penetralan, dan evaporasi. Tahap likuifikasi adalah proses hidrolisa pati menjadi dekstrin oleh  $\alpha$ -amilase pada suhu di atas suhu gelatinisasi dan pH optimum aktivitas  $\alpha$ -amilase, selama waktu yang telah ditentukan untuk setiap jenis enzim. Proses likuifikasi berlangsung pada suhu  $95^\circ\text{C}$  (aktivitas enzim termofilik), karena itu suhu gelatinisasi pati yang akan dihidrolisis sebaiknya kurang dari  $95^\circ\text{C}$ . Di bawah suhu gelatinisasinya, pati tidak akan terurai atau terhidrolisis secara enzimatik maupun asam. Sesudah itu tangki diusahakan pada suhu  $105^\circ\text{C}$  dan pH 4,0-7,0 untuk pemasakan sirup sampai semua amilosa dapat terdegradasi menjadi dekstrin. Setiap dua jam, sirup pada tangki dianalisis kadar amilosanya dengan uji iod untuk mengetahui nilai DE (*Dextrose Equivalen*). Bila iod sudah menunjukkan warna coklat berarti amilosa sudah terdegradasi (nilai DE sekitar 8,0-14,0) maka proses likuifikasi sudah selesai.

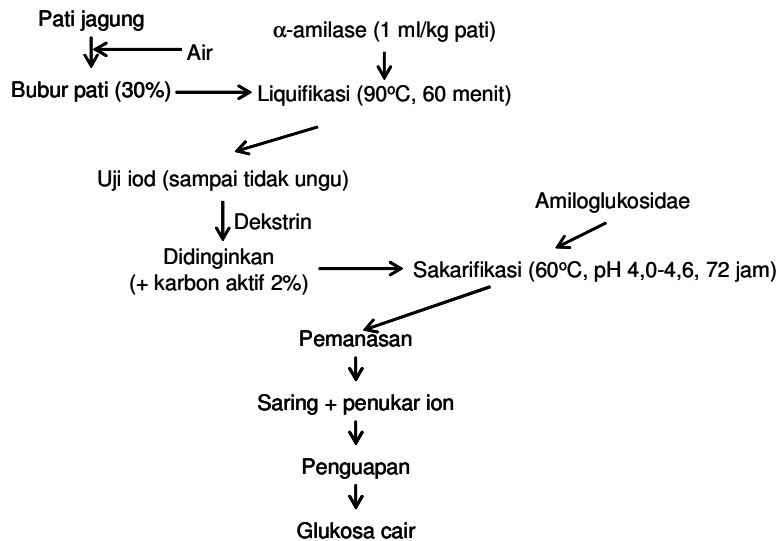
Pada proses sakarifikasi, dekstrin didinginkan sampai  $60^\circ\text{C}$ , pH diatur pada angka 4,0-4,6. Proses ini biasanya berlangsung selama 72 jam dengan pengadukan secara terus-menerus. Proses sakarifikasi dianggap selesai bila sirup telah mencapai nilai DE minimal 94,5%, nilai warna 60%, transmitsi dan Brix 30-36.

Selanjutnya dilakukan proses pemucatan, penyaringan dan penguapan. Pemucatan bertujuan untuk menghilangkan bau, warna, kotoran, dan menghentikan aktivitas enzim. Absorben yang digunakan adalah karbon aktif sebanyak 2% dari bobot pati. Penyaringan bertujuan untuk memisahkan karbon aktif yang tertinggal dan kotoran yang belum terserap oleh karbon aktif.

Proses penukar ion dilakukan untuk memisahkan ion-ion logam yang tak diinginkan, dan tahap penguapan dilakukan untuk mendapatkan sirup glukosa dengan kekentalan seperti yang dikehendaki, yaitu Brix 50-85.

### **Sirup Fruktosa**

Sirup fruktosa dibuat dari glukosa melalui proses isomerisasi menggunakan enzim glukosa isomerase (Mercier and Colonna 1988). Fruktosa dan glukosa sama-sama mempunyai rumus molekul  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  yang hanya dibedakan



Gambar 4. Proses produksi glukosa cair dari pati jagung.

jumlah ring dan posisi gugus hidroksil (-OH)nya. Dengan perubahan konfigurasi glukosa menjadi fruktosa menyebabkan sifat sirup stabil dan memiliki tingkat kemanisan yang lebih tinggi.

Sirup fruktosa memiliki tingkat kemanisan (*relative sweetness*) 2,5 kali lebih tinggi dibanding sirup glukosa dan 1,4-1,8 kali lebih tinggi dibanding gula sukrosa. Sirup fruktosa memiliki indeks glikemik lebih rendah (32+2) dibanding glukosa (138+4), sedangkan sukrosa memiliki indeks sebesar 87+2 Anonymous (2004).

Berdasarkan keunggulannya maka fruktosa tidak hanya dapat digunakan untuk penderita diabetes tetapi juga untuk produk *soft drink*, sirup, jelly, jam, cocktail, dan sebagainya. Di Amerika pada tahun 1980 kebutuhan fruktosa dan sukrosa per kapita masing-masing adalah 39 lb dan 84 lb/tahun. Pada tahun 1994 terjadi pergeseran konsumsi fruktosa menjadi 83 lb dan sukrosa 66 lb. Data tahun 2004 menunjukkan angka yang lebih besar, yaitu 149 lb fruktosa dan hanya 19% yang digunakan untuk diet (Bray *et al.* 2004). Sirup fruktosa dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu HFS-42, HFS-55, dan HFS-90 yang masing-masing mengandung 42, 55, dan 90% fruktosa.

Bahan baku utama fruktosa adalah sirup glukosa, dan bahan pembantu sama dengan produk sirup glukosa, kecuali enzimnya berupa enzim glukoisomerase. Tahapan pembuatan fruktosa meliputi isomerisasi, proses

penukar ion, penguapan, dan pemisahan fruktosa dengan glukosa menggunakan F/G separator. Isomerisasi bertujuan untuk mengkonversi glukosa menjadi fruktosa dengan bantuan enzim glukoisomerase. Proses ini berlangsung pada kolom isomerasi, suhu 60°C, dan pH 7,2-8,0. Untuk mencapai hasil optimal, sirup glukosa yang akan diproses harus sesuai dengan kondisi kerja enzim. Prinsip alat F/G separator sama dengan khromatografi, dengan resin sebagai medium pemisah. Dari proses pemisahan akan diperoleh sirup HFS dengan kandungan sekitar 85% sebagai hasil proses dan sirup glukosa yang akan dikembalikan lagi ke proses isomerasi.

### **Maltosa**

Maltosa adalah disakarida yang terdiri atas ikatan glukosa dan glukosa. Sifat dan pemanfaatannya hampir sama dengan sirup glukosa. Pembuatan sirup maltosa hampir sama dengan glukosa, hanya jenis enzimnya yang berbeda. Maltosa memiliki karakteristik yang khas, mengatur viskositas, tidak mempengaruhi flavor, tekanan osmotik dan kelarutan tinggi, dan tidak mengubah tekstur produk.

### **Sorbitol**

Sorbitol merupakan polihidrat, serupa dengan gliserin dan merupakan gula alkohol yang mudah larut dalam air. Sorbitol secara komersial dibuat dari glukosa dengan Brix 45-50, dihidrogenasi tekanan tinggi atau reduksi elektrolit melalui reaksi kimia atau dapat dengan teknik fermentasi. Bahan pembantu adalah katalis nikel untuk proses hidrogenasi, MgO sebagai aktivator, dan gas hidrogen untuk hidrogenasi dan gas nitrogen pada perlakuan *purging*, sebelum bahan masuk ke autoklaf. Konversi glukosa ke dalam bentuk sorbitol merupakan reaksi adisi dua unsur hidrogen terhadap aldosa (glukosa) melalui pemutusan ikatan rangkap C dan O pada gugus fungsional aldehyd. Proses tersebut terjadi pada tahap hidrogenasi. Sebagai gula alkohol, sorbitol digunakan untuk bahan pemanis yang tidak meningkatkan kadar gula dalam darah, seperti halnya fruktosa.

Indonesia mempunyai sumber bahan baku gula alternatif yang melimpah. Seandainya sebagian produk sirup, jelly, *soft drink*, dan produk *beverage* lainnya sudah menggunakan gula pati maka akan ada pergeseran kebutuhan gula sukrosa ke gula pati. Jika hal tersebut terwujud maka pasokan gula tidak hanya dari gula sukrosa/gula pasir tapi juga dari gula fruktosa dan jenis gula pati lainnya. Hal ini akan berdampak terhadap pemanfaatan sumber bahan berpati yang ketersediaannya melimpah. Dengan produksi yang meningkat akan menekan biaya produksi, sehingga harga dapat bersaing dengan gula pasir.

## Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol adalah ethyl alcohol ( $C_2H_5OH$ ) yang dapat dibuat dengan cara sintesis ethylen atau dengan fermentasi glukosa. Bioetanol dapat dibuat dari pati jagung yang telah diproses menjadi glukosa. Di Amerika, kebutuhan jagung terus meningkat karena selain untuk pakan juga digunakan sebagai bahan baku bioetanol.

Etanol diproduksi melalui hidrasi katalitik dari etilen atau melalui proses fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Beberapa bakteri seperti *Zymomonas mobilis* juga diketahui memiliki kemampuan untuk melakukan fermentasi dalam memproduksi etanol (Gokarn *et al.* 1997).

Secara teoritis, hidrolisis glukosa akan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Perbandingan mol antara glukosa dan etanol dapat dilihat pada reaksi berikut ini:



Satu mol glukosa menghasilkan 2 mol ethanol dan 2 mol karbondioksida, atau dengan perbandingan bobot tiap 180 g glukosa akan menghasilkan 90 g etanol. Dengan melihat kondisi tersebut, perlu diupayakan penggunaan substrat yang murah untuk dapat menekan biaya produksi etanol sehingga harganya bisa lebih mudah.

Penggunaan bioetanol di antaranya adalah sebagai bahan baku industri, minuman, farmasi, kosmetika, dan bahan bakar. Beberapa jenis etanol berdasarkan kandungan alkohol dan penggunaannya adalah (1) *Industrial crude* (90-94,9% v/v), *rectified* (95-96,5% v/v), (2) jenis etanol yang netral, aman untuk bahan minuman dan farmasi (96-99,5% v/v), dan (3) etanol untuk bahan bakar, *fuel grade* etanol (99,5-100% v/v).

Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi adalah tidak memberikan tambahan *netto* karbondioksida pada lingkungan karena  $CO_2$  yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari  $CO_2$  digunakan dalam proses fotosintesis. Di samping itu, bahan bakar bioetanol memiliki nilai oktan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan peningkat oktan (*octane enhancer*) menggantikan senyawa eter dan logam berat seperti Pb sebagai *anti-knocking agent* yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Dengan nilai oktan yang tinggi, maka proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan emisi gas buang hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor lebih baik.



Bioetanol bisa digunakan dalam bentuk murni atau sebagai campuran bahan bakar gasolin (bensin). Dibanding bensin, etanol lebih baik karena memiliki angka *research octane* 108,6 dan *motor octane* 89,7, angka tersebut melampaui nilai maksimum yang mungkin dicapai oleh gasolin, yaitu *research octane* 88.

## PROSPEK LIMBAH JAGUNG SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI

Limbah jagung meliputi jerami dan tongkol. Penggunaan jerami jagung semakin populer untuk makanan ternak, sedangkan untuk tongkol belum ada pemanfaatan yang bernilai ekonomi.

Limbah jagung sebagian besar adalah bahan berlignoselulosa yang memiliki potensi untuk pengembangan produk masa depan. Seringkali limbah yang tidak tertangani akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Pada dasarnya limbah tidak memiliki nilai ekonomi, bahkan mungkin bernilai negatif karena memerlukan biaya penanganan. Namun demikian, limbah lignoselulosa sebagai bahan organik memiliki potensi besar sebagai bahan baku industri pangan, minuman, pakan, kertas, tekstil, dan kompos. Di samping itu, fraksinasi limbah ini menjadi komponen penyusun yang akan meningkatkan daya gunanya dalam berbagai industri.

Lignoselulosa terdiri atas tiga komponen fraksi serat, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dari ketiga komponen tersebut, selulosa merupakan komponen yang sudah dimanfaatkan untuk industri kertas, sedangkan hemiselulosa belum banyak dimanfaatkan.

Komponen penyusun hemiselulosa terbesar adalah xilan yang memiliki ikatan rantai  $\beta$ -1,4-xilosida, dan biasanya tersusun atas 150-200 monomer xilosa (Kulkarni *et al.* 1999). Rantai hemiselulosa dapat terdiri atas dua atau lebih jenis monomer penyusun (*heteropolimer*), seperti 4-O-metilglukoronoxilosa, dan dapat pula terdiri atas satu jenis monomer, seperti xilan yang

Tabel 5. Komposisi kimia limbah jagung.

Komponen	Tongkol Jagung
Air (%)	7,68
Serat (%)	38,99 ( <i>crude fiber</i> )
Selulosa (%)	19,49
Xilan (%)	12,4
Lignin (%)	9,1

Sumber: Richana *et al.* (2004).

merupakan polimer xilosa. Xilan dari serealia banyak mengandung L-arabinosa dan arabinoxilan, sedangkan xilan dari tanaman keras mengandung glukuronoxilan yang dapat menghasilkan asam d-glukoromik.

Xilan dapat larut dalam larutan alkali (NaOH atau KOH 2-15%) dan air. Xilan terdapat hampir pada semua tanaman, khususnya limbah tanaman pangan seperti tongkol jagung, bagas tebu, jerami padi, dedak gandum, dan biji kapas. Menurut Jaeggler (1975), bahan-bahan tersebut mengandung xilan 16-40%.

Sebagai bahan baku industri, xilan dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan pembuatan nilon dan resin. Di samping itu, hidrolisa xilan menghasilkan furfural yang dapat digunakan sebagai bahan pelarut industri minyak bumi, pelarut reaktif untuk resin fenol, disinfektan, dan sebagai bahan awal untuk memproduksi berbagai bahan kimia dan polimer lainnya (Sjostrom 1995, Mansilla *et al.* 1998). Xilan juga dapat diproses menjadi gula xilitol, melalui proses hidrolisis xilan menjadi xilosa, kemudian dihidrogenasi menjadi xilitol.

Tongkol jagung memiliki kandungan xilan yang lebih tinggi dibanding sekam, bekatul, ampas pati garut, dan onggok (Richana *et al.* 2004). Demikian juga gula xilosa yang dibuat dari beberapa limbah pertanian, ternyata tongkol jagung mengandung xilan yang lebih tinggi (Tabel 6). Kandungan xilan atau pentosan pada tongkol jagung berkisar antara 12,4-12,9%. Biji jagung jenis normal mengandung xilan 5,8-6,6% dan kandungan xilan pada dedak jagung 41%. Dengan demikian, ampas pembuatan pati masih memungkinkan untuk diekstrak xilannya.

Pengamatan terhadap kemurnian xilan menggunakan Khromatografi Cair Kinerja Tinggi menunjukkan bahwa puncak khromatogram tertinggi terdapat pada tongkol jagung tertinggi dan lebih murni dibanding limbah tanaman pangan lainnya. Hal ini mengindikasikan tongkol jagung mempunyai prospek sebagai bahan baku industri maupun pengolahan berbasis

Tabel 6. Kandungan xilan dari beberapa limbah pertanian.

Bahan	Xilan (%)
Bagas tebu	9,6
Oat hulls	12,3
Tongkol jagung	12,9
Sekam	6,3
Kulit kacang	6,3
Kulit biji kapas	10,2

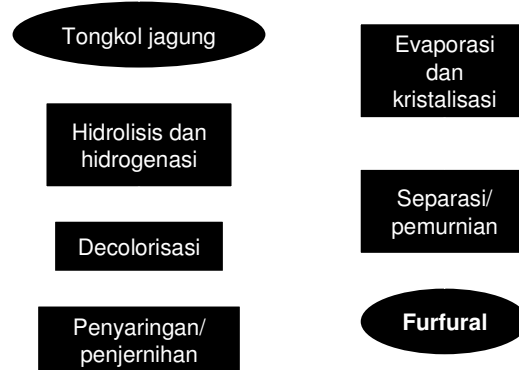
Sumber: Richana *et al.* (2004).

xilan, yaitu furfural dan xilitol. Pada dasarnya semua bahan yang mengandung xilan dapat dimanfaatkan untuk produk tersebut. Namun perlu mempertimbangkan efisiensi dan potensi bahan baku. Seperti halnya produk furfural menurut aturan UNCTAD/GATT (1979), bahan baku yang disarankan adalah yang mengandung minimal 12-20% xilan. Dengan demikian, tongkol jagung layak dikembangkan untuk produk furfural maupun xilitol.

### Produk Furfural

Furfural selama ini diproduksi dari tongkol jagung. Produk furfural berkembang sejak perang dunia kedua. Proses furfural melalui distruksi-destilasi menggunakan asam sulfat. Fraksi hemiselulosa (xilan) dari tongkol jagung dihidrolisis dan menghasilkan pentosa (gula xilosa). Kemudian xilosa dihidrogenasi dengan panas tinggi dan menghasilkan furfural, yang kemudian dimurnikan menggunakan destilasi uap (Gambar 5).

Furfural dipasarkan langsung atau dalam bentuk turunannya. Furfural digunakan sebagai pelarut, bahan pernis, atau campuran insektisida. Pemanfaatan produk turunan furfural cukup beragam, antara lain asam adipat untuk bahan nilon, asam susinat untuk pernis, cat, bahan fotografi, butanediol untuk resin dan plastik. Secara teoritis, rendemen furfural dari tongkol jagung berkisar antara 21-23%, namun kenyataannya hanya berkisar 10%.



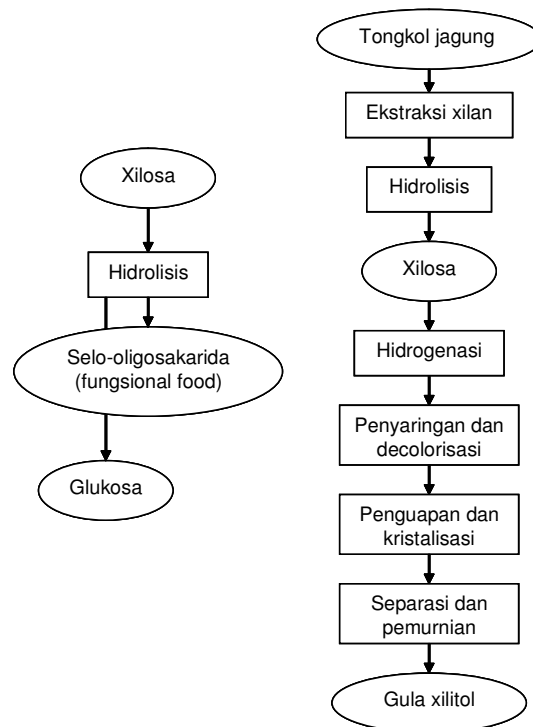
Gambar 5. Proses produksi furfural dari tongkol jagung.

## Xilitol

Tongkol jagung dan limbah lignoselulosa lain dari jagung ternyata dapat digunakan untuk bahan baku produk furfural dan derivatifnya juga dapat digunakan sebagai produk gula xilitol.

Xilitol termasuk gula alkohol dengan lima karbon (1,2,3,4,5 pentahydroxy pentane) dengan formulasi molekul  $C_5H_{12}O_5$ . Sebetulnya beberapa jenis buah-buahan dan sayuran mengandung xilitol walaupun dalam jumlah kecil, misalnya strawberi. Namun demikian, untuk mengekstrak xilitol dari bahan tersebut tidak ekonomis karena kandungannya terlalu kecil (Kulkarni *et al.* 1999).

Xilitol dapat diproduksi dengan menghidrogenasi xilosa (Gambar 6). Di Taiwan, produksi xilitol menggunakan bahan baku bagas tebu, di India menggunakan bagas tebu atau tongkol jagung (Biswas and Vashishtha 2004). Xilitol mempunyai kelebihan dibanding gula pasir (sukrosa), yaitu sebagai pemanis rendah kalori (4 kal/g), indeks glikemik jauh lebih rendah sehingga tidak meningkatkan gula darah dan metabolisme tanpa insulin, sehingga



Gambar 6. Proses pembuatan gula xilitol fraksinasi selulosa.

sangat baik untuk penderita diabetes. Xilitol dapat digunakan tanpa campuran atau dikombinasikan dengan pemanis nonkariogenik (tidak menyebabkan diabetes) untuk membuat produk *non-sugar sweetener* seperti permen karet, Permen karet, coklat rendah gula, gelatin, *pudding*, *jam*, roti, dan *ice cream* (Anonymous 2004). Saat ini xilitol banyak digunakan untuk pasta gigi karena dapat menguatkan gusi. Xilitol merupakan gula alternatif yang mempunyai sifat nonkariogenik dan anti kariogenik, anti caries, dan prebiotik, sehingga baik untuk kesehatan dan dapat menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans*. Konsumsi manusia untuk xilitol adalah 15 g/bobot badan atau + 100 g/orang (Schmidl and Labuza 2000).

Sejak tahun 1980 xilitol sudah banyak digunakan dan dikomersialkan di 28 negara. Di awal tahun 1990 produksi xilitol dunia mencapai 5.000 ton. Finlandia merupakan produsen xilitol terbesar. Amerika Serikat tertarik untuk memproduksi xilitol dalam skala besar. Sebagian besar xilitol digunakan untuk permen karet.

## PENUTUP

Kandungan nutrisi jagung dalam bentuk sosoh, beras, dan tepung sangat memadai untuk bahan pangan. Jagung pipilan kering dapat dimanfaatkan untuk kripik jagung (*tortilla chips*), marning, emping, susu, dan tape. Agroindustri pati jagung dan turunannya prospektif untuk meningkatkan nilai tambah jagung yang diharapkan dapat mendorong pengembangan industri gula pati yang menghasilkan sirup glukosa, fruktosa, gula alkohol lainnya, dan bahan baku bioetanol.

Industri pati jagung mempunyai produk samping yang bernilai tinggi, yaitu minyak jagung dan gluten. Peningkatan produksi jagung akan diikuti oleh peningkatan limbah atau biomas (tongkol, batang, dan daun jagung). Limbah tersebut prospektif dikembangkan menjadi produk furfural dan xilitol. Limbah tongkol jagung yang diproses menjadi tepung dapat digunakan sebagai bahan baku industri pakan ayam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afdi, E. 1989. Modifikasi pati jagung (*Zea mays L.*). Tesis Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 79 hal. Tidak dipublikasi.
- Anonymous. 2004. Alternative sweeteners: a balancing act. J. Asia Pacific Food Industries. p. 51-54.

- Antarlina, S.S. dan J. S. Utomo. 1993. Kue kering dari bahan tepung campuran jagung, gude, dan kedelai. Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan 1992. Balittan Malang.
- Azman, K.I. 2000. Kue kering dari tepung komposit terigu-jagung dan ubi kayu. Sigma Vol. III (2). April-Juni.
- BPS. 2005. Statistik Indonesia. Statistics Indonesia and Direktorat General of Foodcrops. Jakarta.
- Biswas, S. and N. Vashishtha. 2004. Xylitol: technology and bussiness.
- Bray, G.A., S.J. Nielsen, and B.M. Popkin. 2004. Commentary: Consumption of high-fructose maize syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *America Journal of Clinical Nutrition* 79(4):537-543.
- French, D. 1984. Organization of starch granules. *In: R.L. Whistler, J.N. Bemmler, dan E.F. Paschall (Eds.) Starch: chemistry and technology.* Academic Press.Inc. New York.
- Gokarn, R.R., M.A. Eitman, and J. Sridhar. 1997. Production of succinate by anaerobic microorganisms in fuels and chemicals from biomass. *In: B.C. Saha and J. Woodward (Eds.). American Chemical Society.* Washington-DC. p. 237-263.
- Jaeggle, W. 1975. Integrated production of furfural and acetic acid from fibrous residues in a continous process. *Escher Wyss News* 2:1-15.
- Juliano, B.O and Kongserree. 1968. Physicochemical properties of rice grain and starch from line differing in amylase content and gelatinization temperature. *J. Agr and Food Chem.* 20:714-717.
- Kulkarni, N., A. Shendye and M. Rao. 1999. Molecular and biotechnological aspects of xylanases. *FEMS Microbiol Rev.* 23:411-456.
- Mansilla HD, J. Baeza, S. Urzua, G. Maturana, J. Villasenor, and N. Duran. 1998. Acid-catalysed hydrolysis of rice hull: Evaluation of furfural production. *J. Bioresource Technol.* 66:189-193.
- Mercier, C. and P. Colonna. 1988. Starch and enzymes : Innovations in the products, process and uses. *Biofutur. Chimic.* p. 55-60.
- Munarso, J. dan R. Mudjisihono, 1993. Teknologi pengolahan jagung untuk menunjang agroindustri pedesaan, Makalah Simposium Penelitian Tanaman Pangan III. Jakarta/Bogor, 23-25 Agustus 1993. Puslitbangtan, Bogor.
- Richana, N., P. Lestari, N. Chilmijati, dan S. Widowati. 1999. Karakterisasi bahan berpati (tapioka, garut, dan sagu) dan pemanfaatannya menjadi glukosa cair. Prosiding PATPI.

- Richana, N., P. Lestina, dan T.T. Irawadi. 2004. Karakterisasi lignoselulosa dari limbah tanaman pangan dan pemanfaatannya untuk pertumbuhan bakteri RXA III-5 penghasil xilanase. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 23(3):171-176.
- Schmidl, K.M. and T.P. Labuza. 2000. *Essentials of functional foods*. An Aspen Publication. p. 323-325.
- Singh, N., K. S. Sandhu, and M. Kaur. 2005. Physicochemical properties including granular morphology, amylose content, swelling and solubility, thermal and pasting properties of starches from normal, waxy, high amylose and sugary corn. *Progress in Food Biopolymer Research*. Vol 1: 43-55. <http://www.ppti.usm.my/pfbr>.
- Sjostrom, E. 1995. *Food Chemistry*. Jilid II. Diterjemahkan oleh Hardjono S. UGM Pres Yogyakarta.
- Suarni. 2003. Jagung pulut: Pemanfaatan dan pengolahan sebagai pangan lokal potensial di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Perteta dan LIPI*. Bandung. p. 112-118.
- Suarni. 2005a. Pengembangan produk kue kering berbasis tepung jagung dalam rangka menunjang agroindustri. *Prosiding Seminar Nasional Perteta, Fak. Tek. Pertanian Unpad, TTG LIPI*. p. 88-93.
- Suarni. 2005b. Teknologi pembuatan kue kering (*cookies*) berserat tinggi dengan penambahan bekatul jagung. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. p. 521-526.
- Suarni, A. Upe, dan Tj. Harlim. 2005. Karakteristik sifat fisik dan kandungan nutrisi bahan setengah jadi dari jagung. 2005. *Prosiding Seminar Nasional Kimia. Forum Kerjas Kimia Kawasan Timur Indonesia*. Palu. p. 87-92.
- Suarni dan I.GP. Sarasutha. 2002. Teknologi pengolahan jagung untuk meningkatkan nilai tambah dalam pengembangan agroindustri. *Prosiding Seminar Nasional, BPTP Sulawesi Tengah*.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2005. Beras jagung: prosesing dan kandungan nutrisi sebagai bahan pangan pokok. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung*. Makassar. p. 393-398.
- Suarni dan I.U. Firmansyah. 2006. Pengaruh umur panen terhadap kandungan nutrisi jagung varietas Srikandi Putih dan Srikandi Kuning. *Hasil Penelitian Baliserea, Maros*. 12 p. (Belum dipublikasi).
- Suarni. 2006. Modifikasi tepung jagung secara enzimatik ( $\alpha$ -amilase) untuk bahan pangan. *Disertasi Pascasarjana Unhas*. 125 p. (Tidak dipublikasi).

- Tawali, A.B., A. Laga, dan M. Mahendradatta. 2003. Pengembangan produksi bassang. Laporan Kemajuan Penelitian. RUSNAS Diversifikasi Pangan Pokok. Fak. Pertanian dan Kehutanan, Univ. Hasanuddin. 18 p.
- Tester R.F. and J. Karkalas. 1996. Swelling and gelatinization of oat starches. *Cereal Chemistry*. 73:271:273.
- UNCTAD/GATT. 1979. Making and marketing furfural. Added value for agro-industrial waste. *In Abstracts for information services*. International Trade Centre, Geneva. p. 3-7.
- 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. p. 7-14.