

## Keunggulan Jagung QPM (*Quality Protein Maize*) dan Potensi Pemanfaatannya dalam Meningkatkan Status Gizi

### *The Advantage of Quality Protein Maize and The Potent of Its Utilization In Improving Nutritional Status*

Sri Widowati

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Jl. Tentara Pelajar No. 12

Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu

Bogor 16111 - Jawa Barat

Email : swidowati\_bbpp09@yahoo.co.id

Naskah diterima : 19 Pebruari 2012

Revisi Pertama : 21 Pebruari 2012

Revisi Terakhir : 25 Pebruari 2012

#### ABSTRAK

Jagung merupakan sumber karbohidrat dan sekaligus sumber protein, terutama bagi masyarakat yang pangan pokoknya berbasis jagung. Kandungan protein jagung cukup tinggi yaitu 8–11 persen, namun kualitas protein jagung pada umumnya (32 persen) jauh di bawah kualitas protein beras (79 persen). Hal ini disebabkan karena protein jagung kekurangan dua asam amino esensial, yaitu lisin dan triptofan. Keberhasilan perakitan varietas jagung tipe baru, yaitu QPM (*Quality Protein Maize*) memberi harapan bagi masyarakat bahwa jagung dapat digunakan sebagai pangan pokok yang setara kualitas gizinya dengan beras, bahkan kualitas protein jagung QPM (82 persen) lebih bagus. Jagung komposit QPM varietas Srikandi kuning-1 dan Srikandi putih-1 masing-masing memiliki kandungan lisin 0,580 persen dan 0,468 persen dan triptofan 0,114 persen dan 0,102 persen dua kali lebih besar bila dibandingkan dengan jagung hibrida varietas Bima-1 (lisin 0,291 persen dan triptofan 0,058 persen). Selain sebagai pangan pokok, Jagung QPM juga dapat diolah menjadi produk pangan sebagaimana jagung biasa, antara lain menjadi tepung, pati, susu jagung, jagung sosoh pratanak cepat masak, tepung instan, serta aneka kudapan berbasis jagung utuh maupun tepung jagung. Berdasarkan kualitas gizi dan sifat fungsionalnya, menu makan berbasis jagung QPM dapat meningkatkan status gizi masyarakat.

kata kunci: jagung QPM, kualitas protein, produk berbasis jagung

#### ABSTRACT

Maize is the main source of carbohydrates and protein, especially for people whose staple food is this cereal. Protein content of maize is relatively high i.e. 8–11 percent. However, the quality of protein compared to casein (32 percent) is far below that of rice (79 percent) because of its deficiency in two essential amino acids, namely lysine and tryptophan. The success in breeding a new type of maize varieties, the QPM (*Quality Protein Maize*), has provided hope for people whose staple food is this cereal because its nutritional quality is comparable to rice, and it is even better in many cases. For instance, the quality of protein QPM is 82 percent. Composite QPM Srikandi kuning-1 and Srikandi putih-1 varieties contain lysine (0,580 percent and 0,468 percent) and tryptophan (0,114 percent and 0,102 percent), which are twice greater than hybrid maize Bima-1 variety (lysine of 0,291 percent and tryptophan of 0,058 percent). Beside as staple food, QPM maize can also be processed similar to ordinary maize, such as flour, starch, maize-milk, quick cooking polished maize, instant flour, and various maize-based snacks. Due to its superior nutritional quality and functional properties, QPM maize-based diet can remarkably improve the nutritional status of the people.

keywords : QPM maize, the quality of protein, maize-based products

## I. PENDAHULUAN

Masalah gizi ganda, yaitu kelebihan maupun kekurangan zat gizi, umumnya terkait dengan jumlah kalori, protein dan zat gizi lainnya akibat asupan gizi yang tidak seimbang di dalam menu makan sehari-hari. Di negara maju dan di kota-kota besar, semakin banyak dijumpai individu yang mengalami gizi lebih, terutama kelebihan lemak dan kalori yang ditandai dengan kelebihan berat badan atau kegemukan. Salah satu faktor penyebabnya adalah maraknya restoran cepat saji, yang menyajikan menu umumnya kaya akan karbohidrat dan lemak, tetapi kekurangan vitamin dan mineral. Sebaliknya, di negara berkembang umumnya menu makan penduduk kekurangan energi dan protein. Hal ini dapat mempengaruhi tumbuh dan berkembangnya anak-anak dan mereka lebih rentan terhadap penyakit sepanjang hidupnya (Wardlaw, 1999). Kebutuhan protein per satuan kg berat badan bagi anak-anak lebih banyak dibandingkan dengan orang dewasa, karena anak-anak masih dalam masa pertumbuhan. Kebutuhan protein bagi orang dewasa umumnya dapat tercukupi dari asupan diet sehari-hari, sehingga jarang menimbulkan masalah kekurangan atau defisiensi protein yang serius. Namun, untuk mempertahankan kesehatan dan kebugaran tubuh, dibutuhkan protein di atas asupan normal. Pada kondisi ini, protein menjadi penyebab utama kekurangan gizi pada seluruh golongan. Oleh karena itu, kualitas protein merupakan faktor pembatas pada segala usia.

Di Indonesia, jagung merupakan bahan pangan pokok kedua setelah beras, dan banyak dikonsumsi terutama di perdesaan. Jagung banyak diproduksi dan dikonsumsi terutama di daerah marginal, karena mempunyai daya adaptasi yang luas. Namun, jagung mempunyai kualitas protein yang relatif rendah, sehingga tidak dapat mencukupi kebutuhan protein bagi masyarakat kurang mampu, apalagi bagi mereka yang kekurangan gizi. Prevalensi Kekurangan Kalori Protein (KKP) di perdesaan Afrika dan Amerika Latin menggambarkan ketidakcukupan asupan gizi dari diet berbasis jagung (Brown, dkk., 1988).

Sebagai salah satu bahan pangan, jagung merupakan sumber karbohidrat dan sekaligus sumber protein, terutama bagi masyarakat yang

diet pangan pokoknya berbasis jagung. Kandungan protein jagung cukup tinggi, yaitu 8 – 11 persen, namun proteinnya kekurangan dua asam amino esensial, yaitu lisin dan triptofan. Jika jagung tersebut digunakan sebagai pangan pokok, maka manusia yang mengkonsumsinya akan kekurangan asam amino tersebut. Selain untuk manusia, kedua asam amino esensial tersebut juga dibutuhkan oleh ternak, sehingga harus disuplai dari bahan pakannya untuk memproduksi protein hewani.

Perhatian mengenai kurangnya nilai gizi jagung telah ditunjukkan oleh berbagai institusi nasional dan internasional (Vasal, 2001). *Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo* (CIMMYT) telah memproduksi jagung kelas baru yang merupakan kombinasi dari jagung yang mempunyai kualitas nutrisi, khususnya protein, sangat bagus yaitu *Opaque-2* dengan struktur biji jagung konvensional yang diberi nama *quality-protein maize* (QPM). Beberapa genotipe QPM telah ditanam di Sulawesi Selatan untuk mengetahui tipe yang paling sesuai dengan kondisi lokal (Suharyono, dkk., 2005). Badan Litbang Pertanian telah melepas empat varietas QPM, yaitu varietas Srikandi kuning, Srikandi putih (dilepas pada tahun 2004), serta Bima 12q dan Bima 13q (dilepas pada tahun 2011) (Yasin dan Aqil, 2011).

Keunggulan jagung QPM terutama adalah karena kandungan lisin dan triptofan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa. Meskipun QPM mengandung kadar protein relatif sama dengan jagung biasa, namun di dalam tubuh dapat dimanfaatkan 2 - 3 kali lipat dibandingkan dengan jagung biasa karena kualitas dan nilai biologi proteinnya jauh lebih bagus (Brown, dkk., 1988). Oleh karena itu, konsumsi jagung jenis QPM memberi harapan untuk peningkatan asupan protein bagi masyarakat, terutama mereka yang pangan pokoknya berbasis jagung.

## II. MENGENAL JAGUNG QPM

Jagung Protein Berkualitas (*Quality Protein Maize*/QPM) merupakan jagung yang kandungan proteinnya mempunyai kualitas lebih bagus dibandingkan dengan protein jagung biasa. Kualitas protein yang dimaksud terkait dengan

tingginya kadar dua jenis asam amino esensial yakni lisin dan triptofan. Pada umumnya, kadar asam amino tersebut dua kali lebih banyak dibandingkan dengan jagung biasa. Protein jagung biasa diketahui kekurangan asam amino lisin dan triptofan, sehingga kualitas proteinnya relatif rendah. Perakitan varietas QPM dapat meningkatkan nilai protein jagung. Jagung komposit QPM varietas Srikandi kuning-1 dan Srikandi putih-1 masing-masing memiliki kandungan lisin (0,580 persen dan 0,468 persen) dan triptofan (0,114 persen dan 0,102 persen) dua kali lebih besar dibandingkan dengan jagung hibrida varietas Bima-1 (mengandung lisin 0,291 persen dan triptofan 0,058 persen).

Jagung QPM secara visual sama saja dengan jagung biasa, sehingga orang awam tidak mudah untuk memastikan apakah jagung yang akan dibeli atau dikonsumsi tersebut adalah jagung QPM. Ada dua cara untuk menandai jagung QPM, yakni: (i) dengan melihat biji-biji pada meja terang (*light table*) dari jenis kaca enrilic menggunakan sinar lampu neon >25 watt sebanyak 3 - 4 neon, bayangan kabur/buram biji di atas kaca enrilic menandakan bahwa biji tersebut adalah jagung QPM; dan (ii) adalah melalui MAS (*Molecular Assisted Selection*), metoda ini cukup rumit dan sangat mahal (Yasin dan Aqil, 2011).

Jagung QPM adalah jenis jagung yang

mempunyai gen resesif, artinya hanya bisa kawin atau saling menyerbuk di antara sesamanya varietas atau populasi yang sama. Apabila diserbuki dari jagung dominan atau jenis jagung biasa maka sifatnya sebagai jagung QPM akan hilang, kandungan protein berkualitasnya akan menurun menjadi sama dengan jagung biasa yang menyerbukinya. Oleh karena itu, untuk mengembangkan jagung QPM diperlukan koordinasi dengan petani agar melakukan isolasi antara jagung QPM dengan jagung biasa. Untuk menghindari pencemaran, teknik penanaman jagung QPM ada dua cara, yaitu: (i) melakukan isolasi waktu tanam selama 21 hari, artinya 21 hari sebelum dan sesudah jagung QPM ditanam baru boleh ditanam jagung biasa; dan (ii) waktu tanam bisa bersamaan, tetapi jarak antara lahan jagung QPM dengan jagung biasa minimal 300 meter (Yasin dan Aqil, 2011).

### III. KOMPOSISI KIMIA JAGUNG

Informasi komposisi kimia proksimat berbagai varietas jagung cukup banyak tersedia. Keragaman data pada masing-masing komponen gizi utama sangat besar. Keragaman komposisi tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik maupun lingkungan. Tabel 1 menunjukkan komposisi kandungan zat gizi pada berbagai jenis/varietas jagung.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Berbagai Tipe Jagung

Jenis/varietas Jagung	Kadar (%)					
	Air	Abu	Protein	Serat kasar	Lemak	Karbohidrat
Kristalin	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3
Floury	9.6	1.7	10.7	2.2	5.4	70.4
Starchy	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8
Manis	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3
Pop	10.4	1.7	13.7	2.5	5.7	66.0
Hitam	12.3	1.2	5.2	1.0	4.4	75.9
Srikandi Putih*	9.6	1.4	6.5	2.1	5.3	75.1
Bisi 2*	9.7	1.0	8.4	2.2	3.6	75.1
Lamuru*	9.8	1.2	6.9	2.6	3.2	76.3

Sumber: Cortez and Wild-Altamirano (1972) dalam Widowati, dkk, (2005)  
\*Suharyono, dkk. (2005)

Analisis kimia fraksi-fraksi biji jagung menunjukkan bahwa masing-masing fraksi mempunyai sifat yang berbeda. Dalam proses pengolahan, dimana sebagian fraksi biji jagung dipisahkan, akan mempengaruhi mutu gizi produk akhirnya. Informasi komposisi kimia tersebut sangat bermanfaat bagi industri pangan untuk menentukan jenis bahan dan proses yang harus dilakukan agar diperoleh mutu produk akhir sesuai dengan yang diinginkan (Widowati, dkk., 2005).

Kulit ari jagung dicirikan dengan kandungan serat kasar yang tinggi, yaitu 86,7 persen dapat dilihat pada Tabel 2, yang terdiri atas hemiselulosa (67 persen), selulosa (23 persen) dan lignin (0,1 persen) (Burge and Duensing, 1989). Disisi lain, endosperma kaya akan pati (87,6 persen) dan protein (8 persen), sedangkan kadar lemaknya rendah (0,8 persen). Lembaga dicirikan dengan tingginya kadar lemak yaitu 33 persen, serta protein (18,4 persen) dan mineral (10,5 persen). Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan apakah produk yang akan diolah memerlukan biji jagung utuh, dihilangkan kulit ari atau lembaganya.

Komposisi amilosa dan amilopektin di dalam biji jagung terkontrol secara genetik. Pada umumnya jagung mengandung amilosa 25 – 30 persen dan amilopektin 70 – 75 persen (Widowati, dkk., 2005). Namun jagung ketan (*waxy maize*) dapat mengandung 100 persen amilopektin. Suatu mutan endosperma yang disebut *amylose-extendor* (ae) dapat menginduksi peningkatan rasio amilosa sampai 50 persen atau lebih. Gen lain, baik sendiri maupun kombinasi, dapat juga memodifikasi rasio amilosa dan amilopektin dalam pati jagung. Komposisi amilosa : amilopektin berpengaruh terhadap sifat sensoris jagung, terutama tekstur dan rasanya. Semakin tinggi kandungan amilopektin, tekstur dan rasa jagung semakin lunak, pulen dan enak. Komposisi tersebut juga berpengaruh terhadap sifat amilografi maupun indeks glikemik (IG)nya. Analog dengan beras, kandungan amilosa yang tinggi maka IG bahan pangan tersebut cenderung rendah (Widowati, dkk., 2008). Didukung dengan komponen lain seperti serat pangan tinggi, kadar gula rendah, dan daya cerna pati rendah, maka

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Pada Bagian Biji Jagung

Komponen	Kadar Komponen (%) pada		
	Kulit ari	Endosperma	Lembaga
Protein	3,70	8,00	18,40
Lemak	1,00	0,80	33,20
Serat kasar	86,70	2,70	8,80
Abu	0,80	0,30	10,50
Pati	7,30	87,60	8,30
Gula	0,34	0,62	10,80

Source: Watson, 1987 dalam Widowati, dkk.(2005).

#### IV. SIFAT FUNGSIONAL

##### 4.1. Pati

Komponen kimia utama pada jagung adalah pati, yaitu sekitar 70 persen dari bobot biji. Komponen karbohidrat lain ialah gula sederhana, yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa, berkisar antara 1 – 3 persen. Pati terdiri atas dua jenis polimer glukosa, yaitu amilosa dan amilopektin.

bahan pangan yang IG nya rendah, seperti jagung, sangat sesuai untuk diet bagi penderita diabetes melitus karena berperan dalam pengendalian kadar glukosa darah.

##### 4.2. Protein

Komponen terbesar kedua setelah pati pada jagung ialah protein. Komponen ini terkonsentrasi pada lembaga. Protein jagung terdiri dari lima

fraksi, yaitu fraksi prolamin dan glutelin, kemudian albumin, globulin, dan nitrogen non-protein. Tiga fraksi terakhir berturut-turut sebesar 7, 5; dan 6 persen dari total nitrogen. Fraksi prolamin adalah yang paling besar yaitu 52 persen, diikuti oleh fraksi glutelin 25 persen.

Tabel 3 menunjukkan hasil fraksinasi dari jagung biasa (varietas Tuxpeño-1) dan QPM (varietas Blanco Detando-1). Fraksi II dan III adalah zein I dan zein II, dimana zein I (fraksi II) pada Tuxpeño-1 jauh lebih tinggi dibandingkan dengan QPM. Jumlah protein larut alkohol sangat rendah pada jagung muda, dan meningkat seiring dengan tingkat ketuaan biji. Analisis asam amino dari fraksi-fraksi tersebut menunjukkan bahwa fraksi zein mengandung lisin sangat rendah dan terbatas triptofannya. Karena fraksi zein mencapai 50 persen dari total protein biji, berarti kandungan kedua asam amino tersebut di dalam protein jagung juga sangat rendah. Di lain pihak, fraksi albumin, globulin dan glutelin mengandung lisin dan triptofan relatif tinggi. Hal lain yang penting pada fraksi zein adalah kandungan leusin yang tinggi, asam amino yang berimplikasi defisiensi isoleusin (Patterson, dkk., 1980).

QPM berbeda dengan jagung biasa dalam hal distribusi kadar lima fraksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3. Perkembangan perubahan komposisi tersebut dipengaruhi oleh genotipe dan kondisi pertanaman. Gen *Opaque-2* menurunkan konsentrasi zein sampai 30 persen, dampaknya ialah kandungan lisin dan triptofan pada jagung QPM lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa.

### 4.3. Lemak

Kandungan lemak pada biji jagung terkonsentrasi pada lembaga. Kandungan lemak terkontrol secara genetik, berkisar antara 3 – 18 persen. Informasi kandungan asam lemak pada jagung di Indonesia, masih sangat terbatas. Sebagai ilustrasi, disajikan komposisi asam lemak pada beberapa jagung dari Guatemala dapat dilihat pada Tabel 4. Kandungan asam lemak jenuh pada minyak jagung relatif rendah, rata-rata 11 persen asam palmitat dan 2 persen asam stearat. Sebaliknya, kandungan asam lemak tidak jenuh cukup tinggi, terutama asam linoleat yang mencapai 24 persen, sedangkan asam linolenat dan arachidonatnya sangat kecil. Minyak jagung cukup stabil, karena kandungan asam linolenatnya sangat kecil (0,7 persen) dan mengandung antioksidan alami yang tinggi. Minyak jagung berkualitas tinggi karena distribusi asam lemaknya, terutama asam oleat dan linoleat. Berdasarkan informasi komposisi asam lemak tersebut, mengkonsumsi produk jagung dari biji utuh lebih baik dibandingkan dengan kecambah jagung.

### 4.4. Serat Pangan dan Gula

Jagung mengandung serat pangan yang tinggi. Kandungan karbohidrat kompleks pada biji jagung terutama pada *pericarp* dan *tipcarp*, juga terdapat pada dinding sel endosperma dan dalam jumlah kecil pada dinding sel lembaga. Total kadar serat pangan terlarut dan tidak terlarut pada biji jagung disajikan pada Tabel 5. Perbedaan antara serat pangan terlarut dan tidak terlarut

**Tabel 3.** Distribusi Fraksi Protein Pada Jagung Biasa dan QPM (Biji Utuh)

Fraksi	Jagung QPM		Jagung Biasa	
	Protein (mg)	% Protein	Protein (mg)	Total % Protein
I	6,65	31,5	3,21	16,00
II	1,25	5,90	6,18	30,80
III	1,98	9,40	2,74	13,70
IV	3,72	17,60	2,39	12,00
V	5,74	27,20	4,08	20,40
Residu	1,76	8,30	1,44	7,10

Sumber: Ortega, Villegas and Vasal (1986) dalam (Widowati, dkk., 2005)

**Tabel 4.** Kandungan Asam Lemak Jagung dari Guatemala dan QPM Nutricia

Varietas jagung	Kadar (%)				
	Palmitat C16:0	Stearat C18:0	Oleat C18:1	Linoleat C18:2	Linolenat C18:3
QPM Nutricia	15,71	3,12	36,45	43,83	0,42
Azotea	12,89	2,62	35,63	48,85	-
Xetzoc	11,75	3,54	40,07	44,65	-
Tropical White	15,49	2,40	34,64	47,47	-
Santa Apolonia	11,45	3,12	38,02	47,44	-

Sumber: Bressani, dkk., 1990 dalam (Widowati, dkk., 2005).

antar sampel sangat kecil, meskipun Nutricia QPM mempunyai total kadar serat pangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa, terutama karena kadar serat pangan tidak larutnya yang tinggi.

Serat pangan tidak hanya meningkatkan kesehatan, tetapi juga membantu mengurangi risiko kejadian berbagai penyakit kronis. Fungsi utama serat pangan larut adalah memperlambat kecepatan pencernaan di dalam usus, memberikan rasa kenyang lebih lama, serta memperlambat kemunculan glukosa darah sehingga kebutuhan insulin untuk mentransfer glukosa ke dalam sel-sel tubuh dan diubah menjadi energi semakin sedikit. Sedangkan fungsi utama serat tidak larut adalah mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, seperti wasir, divertikulois dan kanker usus besar.

Dilaporkan bahwa kulit ari atau dedak jagung (*bran*) terdiri atas 75 persen hemiselulosa dan

25 persen selulosa serta 0,1 lignin (bk). Kadar serat pangan pada jagung tanpa kulit ari (*dehulled*) sangat rendah dibandingkan dengan biji utuh.

Ketika biji jagung telah cukup tua, kadar karbohidrat selain pati dalam jumlah kecil. Gula total pada jagung berkisar antara 1 – 3 persen, sukrosa merupakan komponen utama dan terkonsentrasi pada lembaga. Mono-, di- dan trisakarida terdapat pada konsentrasi yang cukup tinggi di dalam biji jagung tua. Pada 12 hari setelah polinasi, kandungan gula relatif tinggi, dan kadar pati rendah. Seiring dengan meningkatnya ketuaan biji, kandungan gula menurun dan sebaliknya kadar pati meningkat. Oleh sebab itu, jagung muda yang dikonsumsi langsung lebih disukai dari pada jagung tua, karena rasanya lebih manis.

#### 4.5. Vitamin dan Mineral

Jagung mengandung dua vitamin larut lemak, yaitu provitamin A atau karotenoid dan vitamin E.

**Tabel 5.** Kandungan Serat Pangan Larut dan Tidak Larut pada Jagung Biasa dan QPM

Tipe jagung	Serat pangan (%)		
	Tidak larut	Larut	Total
Dataran tinggi	10,94	1,25	12,19
Dataran rendah	11,15	1,64	12,80
Nutricia QPM	13,77	1,14	14,91

Sumber: Bressani, dkk., 1988

Karotenoid umumnya terdapat di dalam jagung kuning, sedangkan jagung putih kadar karotenoidnya sangat sedikit. Sebagian besar karotenoid terdapat di dalam endosperma, dan sedikit di lembaga. Kandungan karotenoid pada biji jagung kuning sekitar 6,4 – 11,3 µg/g, dan 22 persen adalah betakaroten dan 51 persen kriptosantin. Aktivitas vitamin A sebesar 1,5 – 2,6 µg/g. Karotenoid pada jagung kuning rentan terhadap kerusakan selama penyimpanan. Vitamin E terkonsentrasi di dalam lembaga. Empat macam tokoferol merupakan sumber vitamin E, dan α-tokoferol mempunyai aktivitas biologi yang paling tinggi.

Kandungan vitamin larut air, terutama vitamin B pada biji jagung paling banyak terdapat pada lapisan aleuron, kemudian pada lembaga dan endosperma. Distribusi tersebut penting dalam prosesing, dimana kehilangan vitamin cukup nyata. Tiamin dan riboflavin merupakan vitamin larut air utama di dalam biji jagung. Asam nikotinat berkaitan dengan defisiensi niasin atau pellagra, yang banyak terjadi pada populasi yang mengkonsumsi jagung dalam jumlah besar. Konsumsi jagung sering dikaitkan dengan kejadian pellagra akibat kandungan niasin pada jagung sangat sedikit, meskipun ketidakseimbangan asam amino, seperti rasio leusin terhadap isoleusin, dan ketersediaan triptofan juga merupakan faktor penting (Patterson dkk., 1980). Biji jagung tua mengandung sedikit asam askorbat, piridoksin, vitamin asam kholat, asam folat dan asam pantotenat.

Kadar abu biji jagung sekitar 1,3 persen, sedikit dibawah serat kasarnya. Kadar mineral diduga dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Lembaga mengandung mineral jauh lebih tinggi dibandingkan dengan endosperma. Kandungan mineral yang paling utama ialah potasium (324,8mg/100g), fosfor (299,6 mg/100g), dan magnesium fitat (107,9 mg/100g), dan keberadaannya terkonsentrasi pada lembaga.

#### 4.6. Nilai Gizi Jagung

Berbagai sereal lain penting sebagai sumber zat gizi bagi jutaan penduduk di dunia telah diketahui. Berdasarkan fakta bahwa sereal lain tersebut merupakan bagian terbesar dari menu

masyarakat di negara berkembang, maka sereal lain bukan hanya sebagai sumber energi saja, melainkan juga sebagai sumber protein. Kadar dan kualitas protein sereal lain pada umumnya rendah. Kualitas protein pangan biasanya dibandingkan dengan Kasein. Kualitas protein sereal lain yang rendah disebabkan oleh keterbatasan kandungan asam amino esensial, terutama lisin. Meskipun beberapa sereal lain mengandung asam amino esensial tertentu yang berlebih, yang berpengaruh pada efisiensi pemanfaatan protein. Contoh klasik adalah jagung. Perbandingan nilai gizi ditinjau dari kualitas protein jagung dan sereal lain yang menjadi bahan pangan pokok masyarakat dunia disajikan pada Tabel 6. Kualitas protein dari jagung biasa serupa dengan sereal lain, kecuali beras. Jagung *Opaque-2* dan QPM Nutricia mempunyai kualitas protein yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jagung biasa dan sereal lain, bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan beras yang dikenal mempunyai kualitas protein terbaik diantara sereal lain.

Berbagai penelitian menunjukkan rendahnya kualitas protein jagung biasa disebabkan karena rendahnya kadar lisin. Mitchell dan Smus pada tahun 1932 menemukan adanya peningkatan pertumbuhan sebesar 8 persen jika dilakukan suplementasi lisin sebesar 0,25 persen pada protein jagung di dalam diet. Hasil ini diperkuat dengan penelitian serupa yang dilakukan oleh para ilmuwan pada dasawarsa berikutnya. Temuan yang sangat berbeda nyata bahwa jagung *Opaque-2*, yang merupakan jagung kaya lisin (*high lysine maize*) mempunyai kualitas protein (96 persen) tiga kali kualitas protein jagung biasa (32 persen) ([www.fao.org/docrep/T0395E/T0395Eob.htm](http://www.fao.org/docrep/T0395E/T0395Eob.htm)) (Widowati, dkk., 2005).

Beberapa ilmuwan menyatakan bahwa asam amino pembatas pada jagung ialah triptofan, hal ini berdasarkan kenyataan pada beberapa varietas jagung yang telah ditingkatkan kandungan lisinnya, tetapi tidak seimbang peningkatan kualitas proteinnya. Penambahan lisin dan triptofan secara simultan dalam penelitian menggunakan hewan percobaan menunjukkan peningkatan kualitas protein yang nyata.

**Tabel 6.** Kualitas Protein Jagung dan Serealia Lain

Komoditas serealia	Kualitas protein (% kasein)
Jagung biasa	32.1
Jagung <i>Opaque-2</i>	96.8
Jagung QPM	82.1
Beras	79.3
Gandum	38.7
<i>Oats</i>	59.0
Sorgum	32.5
<i>Barley</i>	58.0
Juwawut	35.7
<i>Rey</i>	64.8

Sumber: FAO corp doc. dalam Widowati,dkk.,(2005)

## V. PERANAN JAGUNG DI INDONESIA

Jagung termasuk komoditas strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian Indonesia, mengingat komoditas ini mempunyai fungsi ganda, baik untuk pangan maupun pakan. Penggunaan jagung untuk pangan di Indonesia telah mencapai 50 persen dari total kebutuhan. Jagung memiliki potensi sebagai bahan baku berbagai industri makanan, minuman, kimia dan farmasi, serta industri lainnya. Kebutuhan jagung untuk bahan baku industri pangan dan pakan meningkat sampai 10–15 persen per tahun. Dengan demikian produksi jagung mempengaruhi kinerja industri peternakan yang merupakan sumber utama protein masyarakat.

Dalam perekonomian nasional, jagung adalah kontributor terbesar kedua setelah padi dalam subsektor tanaman pangan. Sumbangan jagung terhadap PDB terus meningkat setiap tahun sekalipun pada saat krisis ekonomi. Pada tahun 2000, kontribusi jagung dalam perekonomian Indonesia sebesar Rp 9,4 trilyun dan pada tahun 2003 meningkat tajam menjadi Rp 18,2 trilyun. Kondisi ini mengindikasikan besarnya peranan jagung dalam memacu pertumbuhan subsektor tanaman pangan dan perekonomian nasional pada umumnya.

Upaya untuk meningkatkan produksi jagung, baik melalui perluasan areal tanaman maupun

penggunaan benih hibrida dan komposit berhasil menaikkan produksi jagung nasional dari 6,26 juta ton pada tahun 1991 menjadi 10,91 juta ton pada tahun 2003, dan pada tahun 2007 diharapkan menjadi 13 juta ton, sehingga tidak diperlukan impor lagi.

Selain sebagai sumber karbohidrat untuk pangan dan pakan, jagung juga dapat diproduksi minyaknya (dari biji), dibuat tepung (dari biji, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri. Saat harga terigu naik maka tepung jagung menjadi solusi untuk substitusi terigu, QPM memiliki beberapa kelebihan dibandingkan jagung normal, yaitu dapat meningkatkan nilai nutrisi pangan dan pakan, terutama untuk substitusi sumber protein pakan dari bungkil kedelai dan tepung ikan, sehingga pakan lebih murah dan impor kedelai berkurang.

## VI. PEMANFAATAN JAGUNG UNTUK PRODUK PANGAN

Pemanfaatan jagung jenis QPM pada dasarnya sama saja dengan jagung biasa, baik sebagai pangan pokok maupun produk olahan. Keuntungannya, bahan baku jagung QPM akan memberikan asupan gizi yang lebih baik, terutama proteinnya.

Meskipun cenderung menurun tingkat konsumsinya, jagung masih menjadi bahan

pangan pengganti atau pendamping beras bagi sebahagian masyarakat perdesaan khususnya di Jawa Tengah, Jawa Timur, NTT, Timor Timur, dan seluruh propinsi Sulawesi. Untuk mendukung program pemerintah dalam swasembada jagung maka perlu adanya teknologi pemanfaatan jagung secara optimal. Salah satu cara meningkatkan nilai tambah produk jagung adalah dengan mengolahnya menjadi berbagai macam produk olahan yang lebih tahan lama (Richana dan Santosa, 2008). Berbagai produk olahan jagung diuraikan dibawah ini.

### 6.1. Produk Olahan dari Jagung Segar

Masyarakat sehari-hari mengkonsumsi jagung setelah diolah secara sederhana, yaitu direbus, dibakar ataupun digoreng. Jagung yang dikonsumsi tersebut umumnya jagung muda atau belum mencapai umur optimal. Jagung muda, sekitar umur 2,5 bulan juga dapat dimanfaatkan sebagai campuran sayur (sayur asem, sayur lodeh, sup), sebagai lauk (perkedel dan rempeyek) maupun untuk aneka kudapan. *Baby corn* adalah jagung yang dipanen pada umur sekitar 50 hari sehingga belum terbentuk biji sempurna, tongkol masih dalam keadaan lunak. *Baby corn* dimanfaatkan untuk masakan, seperti capcay, tumis dll.

### 6.2. Produk Jagung Primer

Jagung juga dapat diproses menjadi bahan setengah jadi (primer) sebagai bahan baku produk olahan selanjutnya. Bentuk produk ini umumnya bersifat kering, awet dan tahan disimpan lama, antara lain adalah grit/jagung sosoh/beras jagung, tepung dan pati. Pengolahan produk setengah jadi dalam bentuk tepung merupakan salah satu cara pengawetan hasil panen. Keuntungan lain dari pengolahan produk setengah jadi yaitu dapat sebagai bahan baku yang fleksibel untuk industri pengolahan lanjutan, aman dalam distribusi, dan menghemat ruangan serta biaya penyimpanan. Teknologi tepung merupakan salah satu proses alternatif produk setengah jadi yang disarankan, karena lebih tahan disimpan, mudah dicampur (dibuat komposit atau bahan makanan campuran), luwes dan mudah dibuat aneka ragam (diversifikasi) produk, mudah ditambahkan zat gizi (fortifikasi) dan lebih cepat dimasak sesuai

keinginan konsumen dalam kehidupan modern dan praktis.

Jagung sosoh dapat diolah menjadi *bassang* (makanan tradisional Sulawesi), sedangkan grit jagung dapat ditanak seperti layaknya beras biasa. Tepung jagung dapat diolah menjadi berbagai produk makanan atau untuk substitusi terigu pada taraf tertentu sesuai jenis olahan yang diinginkan. 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

Pemanfaatan tepung jagung komposit pada berbagai bahan dasar pangan antara lain kue basah, kue kering, mi kering dan rototian. Tepung jagung komposit dapat mensubstitusi terigu hingga 30 – 40 persen pada kue basah, 60 – 70 persen pada kue kering, dan 10 – 15 persen pada rototian dan mi (Antarlina dan Susilo 1993; Azman, 2000). Bahkan Muhandri (2012) telah berhasil mengembangkan proses pembuatan mi berbahan baku tepung jagung 100 persen menggunakan teknologi ekstrusi.

Pada proses pembuatan grit jagung terdapat hasil sampingan yaitu bekatul atau dedak jagung yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan sumber serat pangan (*dietary fiber*) yang sangat berguna dalam tubuh. Bekatul tersebut dapat diolah antara lain dalam pembuatan kue kering berserat tinggi (Suarni, 2005).

Pati jagung di pasaran dikenal dengan istilah maizena. Proses pembuatan pati meliputi tahapan perendaman, penggilingan kasar, pemisahan lembaga dan endosperm, pemisahan serat kasar dari pati, pengendapan dan pengeringan pati. Umumnya pati jagung normal mengandung 74-76 persen amilopektin dan 24 – 26 persen amilosa, sedangkan jagung jenis ketan atau dikenal dengan nama jagung pulut (*waxy maize*) mengandung 95 – 99 persen amilopektin, sedangkan *amilomaize* hanya mengandung 20 persen amilopektin yang berarti 80 persen amilosa

Penggunaan pati dalam makanan sangat terbatas, karena pati tidak tahan terhadap asam, suhu dan *shear*. Ketiga faktor tersebut sangat

berperan dalam prosesing suatu makanan. Masalah ini dapat diatasi dengan cara memodifikasi pati secara kimia atau enzimatik. Pengaruh modifikasi terhadap sifat fungsional pati tergantung kepada jenis pati dan pereaksi yang digunakan. Modifikasi pati secara ikatan silang dengan pereaksi fosfoklorida dapat meningkatkan kekentalan dan menurunkan suhu gelatinisasinya. Bentuk dan ukuran granula serta densitas kamba pati jagung termodifikasi tidak berubah, tetapi terjadi peningkatan daya serap air dan minyak. Pati jagung termodifikasi masih menunjukkan penurunan kekentalannya apabila disimpan pada suhu dingin. Pada derajat ikatan silang tertentu, kekentalannya meningkat dengan turunnya pH medium. Kekentalan pati tepung termodifikasi tersebut lebih stabil, oleh karena itu dapat digunakan dalam pengisian kue pie dan dalam pembuatan saos (Afdi, 1989).

### **6.3. Produk Jagung Siap Santap**

#### **6.3.1. Marning dan Emping**

Jagung pipilan kering dapat diolah menjadi jagung marning dan emping jagung. Olahan tersebut sangat digemari masyarakat sehingga dapat menjadi kegiatan industri rumah tangga. Proses pembuatan marning jagung adalah sebagai berikut: jagung pipil disortir lalu direndam di dalam 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 lendirnya hilang dan bersih, ditiriskan, kemudian dijemur selama 2 - 3 hari, tergantung dari keadaan cuaca, atau dioven sampai kering dengan kadar air maksimum 12 persen.

Perbaikan aroma dan rasa dapat dilakukan dengan penambahan bumbu seperti garam, lombok, bawang putih, bawang merah, merica (sesuai selera konsumen). Bumbu dihaluskan dan ditumis kemudian dicampurkan pada jagung yang sudah digoreng, diaduk hingga merata, dan dikemas dalam kantong plastik. Jagung pulut mengandung amilosa rendah dan amilopektin tinggi, sehingga sesuai untuk olahan jagung marning dan emping. Proses pembuatan emping jagung hampir sama dengan marning jagung,

hanya pada emping ada proses pemipihan sebelum penjemuran, dan penggorengan (Suarni, 2005).

#### **6.3.2. Dodol Jagung**

Dodol jagung merupakan salah satu produk olahan yang menggunakan bahan baku tepung jagung. Proses utama pengolahan dodol adalah pemasakan. Tepung jagung, tepung ketan, gula pasir dan gula merah, kelapa dan vanili dimasak dalam wajan sambil diaduk, sampai terbentuk adonan kental (sekitar 3 - 4 jam). Kemudian adonan dicetak, didinginkan, diiris-iris lalu dikemas (Richana dan Santosa, 2008).

#### **6.3.3. Kerupuk Jagung (Tortilla chips)**

Tortila adalah produk makanan yang berasal dari Amerika Latin, berbentuk lempengan pipih seperti keripik terbuat dari jagung. Tortila sering pula disebut kerupuk jagung, karena bentuk dan teksturnya seperti kerupuk dengan bahan baku jagung. Produk ini dibuat dengan menggabungkan proses pemasakan, perendaman, penggilingan dan pemanggangan. Proses pembuatan tortila sebagai berikut: jagung pipil dimasukkan ke dalam larutan kapur dan garam kemudian direbus, lalu rebusan jagung dibiarkan terendam selama 24 jam dan dilakukan pengadukan beberapa kali. Setelah 24 jam, air rendaman dibuang, lalu jagung dicuci bersih dari sisa kapur. Tahap selanjutnya adalah pemberian bumbu. Campuran jagung dan bumbu digiling sampai halus dan merata bumbunya, kemudian dicetak dan dikeringkan. Setelah kering digoreng dan dikemas.

#### **6.3.4. Tape Jagung**

Proses utama dalam pembuatan tape jagung adalah fermentasi. Proses ini menggunakan kapang atau khamir yang terdapat dalam ragi. Cara pembuatan yaitu jagung segar dipipil, kemudian dihancurkan kasar hingga kulit biji terkelupas dan pati keluar (seperti pembuatan perkedel). Hancuran jagung dikukus selama 30 menit, kemudian didinginkan didalam nyiru atau baskom plastik, lalu ditaburi ragi tape. Setelah itu dikemas menggunakan plastik atau daun pisang dan diperam selama 2 - 3 hari.

#### **6.3.5. Susu Jagung**

Susu jagung merupakan susu nabati berbahan jagung segar yang diekstrak dan diambil

saripatinya atau disebut susu. Proses pembuatan sebagai berikut: jagung segar dipipil dan diblender sampai halus kemudian disaring. Sementara itu, disiapkan air yang direbus pada suhu 90°C konstan kemudian sari jagung dimasukkan kedalamnya, dimasak hingga mendidih dengan api sedang. Gula dan *flavor* (perisa) dimasukkan sesuai kesukaan, sambil diaduk-aduk dan ditambahkan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) ke dalam susu jagung. Susu jagung siap dikonsumsi setelah didinginkan.

#### 6.4. Produk Instan Jagung

##### 6.4.1. Mi Jagung

Mi jagung merupakan produk makanan kering yang terbuat dari tepung jagung dan bahan tambahan tertentu. Cara pembuatan mi jagung yaitu tepung jagung, terigu, telur, garam dan air dicampur, diaduk sampai rata dan kalis. Adonan dicetak menjadi lembaran dengan menggunakan alat penggiling untuk mi. Pada tahap awal digunakan *mesh* besar, dilakukan berulang-ulang agar adonan menjadi kenyal dan homogen, lalu diganti dengan *mesh* yang lebih kecil. Kemudian lembaran adonan tersebut dicetak menjadi lembaran mi. Lembaran mi dikukus kemudian dikeringkan dengan *oven*. Pengeringan dianggap cukup bila mi mudah dipatahkan. Mi kemudian dikemas menggunakan plastik agar tahan lama.

##### 6.4.2. Grit Jagung Instan

Beras jagung instan merupakan produk pangan instan berbentuk granular. Meskipun berpenampilan seperti beras, proses pemasakan grit jagung tidak sama dengan beras. Pemasakannya cukup direbus dengan air atau susu dalam waktu singkat. Cara pembuatannya yaitu jagung pipil digiling kasar, lalu diayak 1,4 mm. Fraksi yang lolos ayakan adalah dedak. Kemudian ditampi untuk menghilangkan kotoran, lalu dicuci, dan direndam selama 2 jam, seterusnya ditiriskan. Grit jagung tersebut dikeringkan hingga permukaannya kering, kemudian direbus hingga terbentuk bubur yang ditandai dengan mengentalnya adonan. Kemudian bubur jagung didinginkan, lalu dikemas dalam plastik. Bubur dalam kemasan tersebut dimasukkan dalam *freezer*. Setelah pembekuan

selama 24 jam lalu dilunakkan (*thawing*) dengan perendaman air yang diganti setiap 5 menit. Kemudian bubur jagung tersebut dikeringkan dengan suhu 60 - 70°C selama 3 jam. Grit jagung instan yang telah kering tersebut kemudian dikemas dengan plastik (Richana dan Santosa, 2008).

##### 6.4.3. Tepung Jagung Instan

Tepung jagung sudah banyak diproduksi, tetapi tepung jagung instan masih langka. Tepung jagung instan dimaksudkan agar supaya tepung jagung instan lebih cepat dalam pemasakan dan lebih praktis. Tepung jagung instan dibuat dari jagung yang telah diproses brondong. Cara pembuatan brondong dari jagung diklasifikasikan menjadi tiga, sesuai peralatan yang digunakan yaitu: alat brondong, *oven* dan *extruder*. Beberapa parameter yang perlu dikontrol dalam pembuatan brondong, yaitu tekanan, suhu dan waktu pemasakan untuk menghindari ekspansi yang tidak optimal atau gosong (Lue, dkk., 1994). Faktor-faktor yang mempengaruhi ekspansi antara lain meliputi cara pengolahan, bentuk dan ukuran biji, tingkat kemasakan, kadar air, elastisitas endosperm, dan varietas. Selanjutnya setelah jagung berbentuk brondong dilakukan penepungan, dan pengayakan.

Hasil penelitian Santosa, dkk., (2005) menunjukkan bahwa parameter dalam pembuatan brondong yang terbaik yaitu pada tekanan 10,5 kg/cm<sup>2</sup> dengan waktu 4,5 menit dengan nilai viskositas 100 BU, yang sesuai untuk digunakan sebagai pengental dan penstabil. Karakteristik tepung jagung instan yang dihasilkan memiliki densitas kamba 5,06 kg/hl, derajat putih 45,2 persen, rendemen 98,18 persen, kadar pati 73,40 persen, serat makanan 12,99 persen, kadar abu 1,14 persen, kadar protein 14,63 persen, kadar lemak 5,39 persen dan kadar karbohidrat 74,97 persen dan absorpsi air 2,5 g/g bahan serta absorpsi minyak 1,1g/g bahan. Proses pembuatan tepung jagung instan dengan sistem brondong dapat meningkatkan derajat putih sebesar 13,65 persen (dari derajat putih awal 39,77 - 45,20 persen). Proses tekanan dan waktu di dalam alat brondong menghasilkan warna produk yang lebih cerah.

## VII. PROSPEK PENGEMBANGAN JAGUNG QPM

Jagung jenis QPM mempunyai prospek yang bagus untuk terus dikembangkan. Pemanfaatan jagung QPM yang tidak berbeda dengan jagung biasa merupakan salah satu faktor pendukung agar jagung jenis ini cepat diadopsi dan disukai oleh masyarakat. Dewasa ini, total luas pertanam jagung QPM tidak kurang dari 42.000 ha/musim. Tanaman ini paling banyak di budidayakan di NAD, Sumbar, Lampung, Jabar, Jatim, NTB, NTT, Bali, Gorontalo, Sulteng, dan Sulsel (Yasin dan Aqil, 2011). Penyebaran jagung QPM kedepan akan lebih menguntungkan dari aspek pendapatan dan nilai gizi masyarakat dibanding jagung biasa. Wilayah penyebaran diharapkan terfokus pada wilayah rawan Kekurangan Kalori Protein (KKP) dan kurang gizi terutama pada kasus-kasus busung lapar pada anak balita. Dari sisi pascapanen, pengembangan berbagai produk olahan berbasis jagung QPM akan sangat membantu percepatan adopsi teknologi oleh masyarakat. Di negara-negara yang pangan pokok penduduknya berbasis jagung, seperti di Afrika dan Amerika Latin, terbukti jagung jenis QPM dapat menjadi solusi masalah KKP.

## VIII. KESIMPULAN

Informasi komposisi kimia, sifat fungsional dan mutu gizi jagung dapat dimanfaatkan bagi pemulia jagung dalam merakit varietas maupun bagi industri pangan dalam pemilihan jenis bahan baku dan prosesing yang sesuai untuk produk akhir yang diinginkan. Distribusi zat gizi pada fraksi-fraksi biji jagung dapat memberi petunjuk bagi pengguna akhir, apakah harus menggunakan biji utuh atau harus dihilangkan kulit ari maupun lembaganya. Dalam upaya perbaikan gizi bagi masyarakat yang pangan pokoknya berbasis jagung, maka QPM diharapkan dapat memberi kontribusi peningkatan status gizi masyarakat. Hal ini didasari kenyataan bahwa QPM memiliki kualitas protein dan nilai biologis lebih bagus dibandingkan dengan jagung biasa, meskipun kandungan proteinnya relatif sama. Diharapkan, jagung tipe baru dapat memperbaiki citra komoditas ini, karena mempunyai nilai gizinya

tidak kalah dengan beras maupun gandum, dan pemanfaatannya pun sangat luas.

Pengembangan agroindustri jagung dan aneka produk olahan pangan dari jagung merupakan pendekatan yang prospektif untuk meningkatkan nilai tambah jagung. Sedangkan pemilihan jagung jenis QPM untuk mencukupi kebutuhan bahan pangan pokok nasional, selain beras merupakan solusi yang bijak dalam upaya mewujudkan kemandirian pangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afdi, E. 1989. *Modifikasi Pati Jagung (Zea mays L.)*. Tesis Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, 79 hal.
- 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 Ubikayu. *Sigma* Vol III (2). April-Juni.
- Bressani, R. 1988. Protein Complementation of Foods. In E. Karmas & R.S. Harris, eds. *Nutritional Evaluation of Food Processing*, 3rd ed., p. 627-657. New York, Van Nostrand Reinhold Company.
- Brown, W.L., Bressani, R., Glover, D.V., Hallauer, A.R., Johnson, V.A., Qualset, C.O., dan Vietmeyer, N.D. 1988. *Quality Protein Maize*. Report of an Ad Hoc Panel of The Advisory Committee on Technology Innovation Board on Science and Technology for International Development National Research Council. National Academy Press, Washington D.C.
- Burge, R.M. dan Duensing, W.J. 1989. Processing dan Dietary Fiber Ingredient Applications of Corn Bran. *Cereal Foods World*, 34: 535-538.
- FAO. 1992. *Maize in Human Nutrition*. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/T0395E/T03S5E00.htm> [diakses Juli 2005]
- Lue, S. F. Hsieh and H.E. Huff. 1994. Modelling of Twin-screw Extrusion of Corn Meal and Sugar Beet Fibre Mixtures. *J. Food Eng.* 21:263-289.
- Muhandri, T. 2012. *Karakteristik Reologi Mi Jagung dengan Proses Ekstrusi Pemasak-*

Pencetak. Disertasi. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Patterson, J.I., Brown, R.R., Linkswiler, H. & Harper, A.E. 1980. Excretion of Tryptophanniacin Metabolites by Young Men: Effects of Tryptophan, Leucine and Vitamin B6 intakes. *Am. J. Clin. Nutr.*, 33: 2157-2167.

Richana, N, dan B.A.S,Santosa.2008. Teknologi Pengolahan Pangan Lokal dari Jagung. *Dalam Wisnu Broto dan S. Prabawati (Eds). Buku Teknologi Pengolahan untuk Penganeka ragam Konsumsi Pangan.* Hal 7-20. ISBN : 978-979-1116-14-5.

Santosa, BAS, Sudaryono dan S. Widowati. 2005. Evaluasi Teknologi Tepung Instan dari Jagung Brondong dan Mutunya. *J. Pascapanen.* Vol 2(2):66-75.

Suarni. 2005. Teknologi Pembuatan Kue Kering (Cookies) Berserat Tinggi dengan Penambahan Bekatul Jagung. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian.* hal. 521-526.

Suharyono, S.U.,Nurdin, R.W, Arief dan Murhadi. 2005. Protein Quality of Indonesian Common Maize does not less Superior to Quality Protein Maize. Makalah pada 9<sup>th</sup> ASEAN Food Conference. Jakarta 8-10 Agustus 2005.

Vasal, S.K. 2001. High Quality Protein Corn. In *Specialty Corns (Second edition).* Hallauer, A.R. (ed.). CRC Press. Florida.

Wardlaw, G.M. 1999. *Protein.* In Perspectives in Nutrition. The Mcgraw-Hill. San Francisco. Companies.

Widowati, S., B.A.S Santosa, dan Suarni. Mutu Gizi dan Sifat Fungsional Jagung. 2005. *Prosiding Seminar Nasional Jagung* : 343-350. Balitserealia, Badan Litbang Pertanian.

Widowati, S., B.A.S Santosa, dan A. Budiyanto. 2008. Karakterisasi Mutu dan Indeks Glikemik Beras Beramilosa Rendah dan Tinggi. *Prosiding Seminar Apresiasi Hasil Penelitian Padi Menunjang P2BN.* Hal 759-774. BB Padi

Yasin H.G. dan M. Aqil.2011. Inovasi Jagung Penanggulangan Gizi Buruk. *Sinar Tani.* Edisi 26 Januari - 1 Pebruari 2011 No.3390 Tahun XLI. Badan Litbang Pertanian

#### BIODATA PENULIS :

**Sri Widowati** adalah seorang peneliti di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Beliau menyelesaikan pendidikan S1 dalam bidang Teknologi Hasil Pertaniandi Universitas Gadjah Mada tahun 1983, S2 dalam bidang *food technology* di University of New South Wales 1990, dan S3 di bidang *food technology* di Institut Pertanian Bogor tahun 2007. Saat ini beliau aktif sebagai anggota Kelti Proses Biologi, pada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian dan sejak April 2012 menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Bidang Program dan Evaluasi, BB Pascapanen.