

KARAKTERISTIK EKSTRUDAT BEBERAPA VARIETAS JAGUNG DENGAN PENAMBAHAN AKUADES

B.A.S. Santosa, Sudaryono dan S. Widowati.

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Teknologi ekstrusi dapat digunakan pada beberapa komoditas dan atau campurannya, begitu pula pada komoditas jagung. Namun demikian pengaruh varietas jagung dan penambahan air pada teknologi ekstrusi terhadap mutu dari ekstrudat belum diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bahan baku jagung dan ekstrudat yang dihasilkan. Penelitian disusun dalam rancangan petak terpisah (split plot design). Petak utama adalah varietas jagung Bima, Pioneer, Bisma dan Lamuru dan sebagai anak petak adalah penambahan akuades terhadap bahan baku jagung yaitu 0%, 5%, 10% dan 15%. Pengamatan dilakukan pada bahan baku dan ekstrudat jagung, yang meliputi, sifat fisik, fungsional, kimiawi dan amilografi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ke empat varietas jagung yang dicoba dapat diolah dengan teknologi ekstrusi dan berhasil didapatkan produk ekstrudat yang mempunyai sifat-sifat fisik, fungsional dan kimiawi yang berbeda, kecuali sifat amilografinya. Ekstrudat yang dihasilkan dari ke empat varietas tersebut memiliki karakteristik relatif baik, dengan urutan sebagai berikut: Bisma, Lamuru, Pioneer dan Bima. Penambahan akuades 5% pada ke empat varietas jagung menghasilkan ekstrudat dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi penambahan akuades yang lainnya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi data, kualitas dan karakteristik ekstrudat jagung, guna pengembangan ekstrudat jagung dan campurannya.

Kata kunci: jagung, ekstrusi, bahan baku, karakteristik, teknologi.

ABSTRACT. B.A.S.Santosa, Sudaryono and S.Widowati. 2006. *Characteristics of Extrudate from Four Varieties of Corn with Aquadest Addition.* Extrusion technology could be used on several commodities, and its mixture such as corn. However, the influence of corn varieties and the use of water on the quality of extrudate haven't been observed. The aim of the research were to evaluate and to find out the characteristics of raw material and extrusion product of corn. Research was designed as split plot, the main plot was the varieties of corn (Bima, Pioneer, Bisma and Lamuru), and the sub-plot was the percentage of aquadest added to raw material (0%, 5%, 10% and 15%), with three replications. Parameter observed on raw material and its product were physical chemical, functional and amylograph characteristics. The results were able to be processed with extrusion technology. Extrudates showed varietal characteristics on physical, functional, and chemical except on amylography. Extrudates resulted from all varieties of corn possessed relatively good characteristics, follow the order from the best is Bisma, Lamuru, Pioneer and Bima. The addition of 5% water on all varieties of corn produced better quality extrudate compare to other water concentrations. This research is expected to provide information about quality and characteristics of corn and extrudates for development of the corn extrudates and its mixtures.

Keywords: corn, extrusion, raw material, characteristics, technology.

PENDAHULUAN

Produk pangan dari bahan dasar jagung banyak dijumpai di masyarakat, terutama di daerah dengan makanan pokok jagung, termasuk makanan pokok kedua setelah beras. Rasa spesifik jagung digemari oleh banyak orang atau masyarakat, sehingga banyak jenis makanan ringan yang dibuat dari jagung, baik sebagai makanan basah, kering atau goreng atau jenis lainnya. Jagung mempunyai kadar kalori relatif tinggi, 355 kal., dengan rata-rata kadar protein 9,08%; lemak 3,88%; abu 1,03% ; karbohidrat 76,80%, vitamin dan asam-asam amino (Santosa *et al.*, 2005).

Sebagai sumber karbohidrat, jagung potensial untuk dikembangkan dengan diversifikasi pangan dan lebih di dayagunakan untuk peningkatan gizi dengan teknologi fortifikasi. Pengembangan produk jagung untuk produk

jagung yang bertekstur renyah, memberi harapan cukup potensial karena jagung mudah mengembang dalam proses pengolahan lanjut (Rahardjo *et al.*, 2000; Santosa *et al.*, 2005). Hasil penelitian Rahardjo *et al.*, (2000), telah dicoba berbagai macam produk sereal dan umbi-umbian, kacang-kacangan, pisang dan lain-lainnya. Proses ekstrusi untuk pembuatan makanan jajanan, perkembangannya sangat cepat, karena teknologi ekstrusi tersebut sebagai sumber karbohidrat dapat diperkaya dengan proses diversifikasi dan fortifikasi nutrisi. Oleh karena itu produk ekstrudat yang diinginkan bersifat renyah, mudah mengembang dan diterima oleh masyarakat konsumen.

Komposisi kimiawi berpengaruh terhadap kualitas ekstrudat yang dihasilkan (Rahardjo *et al.*, 2000), terutama kadar lemak berpengaruh terhadap derajat pengembangan ekstrudat (Bhattacharya *et al.*, 1992; Santosa *et al.*, 2005).

Kadar air bahan baku erat hubungannya dengan proses gelatinisasi, dimana kadar air rendah menunjukkan proses gelatinisasi berlangsung baik (Miller, 1985; Santosa *et al.*, 2005), dan bila proses gelatinisasi berlangsung lebih baik, maka pengembangan ekstrudat menjadi lebih baik juga (Foubion *et al.*, 1982). Proses gelatinisasi tersebut berkaitan dengan viskositas dan kelarutan dalam air (Chinnaswamy dan Hanna, 1987). Ekstrudat yang dihasilkan mempunyai volume yang lebih besar, sehingga menyebabkan densitas menurun dan menunjukkan kenaikan kadar kimianya (Harper, 1981; Foubion *et al.*, 1982; Santosa *et al.*, 2005). Derajat pengembangan ekstrudat cenderung meningkat berkaitan dengan daya serap air (Foubion dan Hosney, 1982) dan daya serap air dimulai pada suhu rendah pada pati (Padmanathan dan Bhattacharya, 1993). Jagung yang mempunyai kadar amilosa tinggi mempunyai kecenderungan daya serap air lebih rendah daripada jagung yang berkadar amilosa rendah (Miller, 1985; Grenus *et al.*, 1993). Daya serap air merupakan salah satu faktor fungsional ekstrudat yang dihasilkan, karena akan mempengaruhi sifat tekstur, warna dan sensoris (Chen *et al.*, 1991; Guha *et al.*, 1997).

Teknologi ekstrusi menawarkan ekstrudat yang lebih seragam, lebih mudah dioperasikan peralatannya, lebih mudah bongkar pasang peralatan untuk kebersihan dan higienis, dan juga tidak menghasilkan banyak limbah, serta ramah lingkungan (Chinnaswamy dan Hanna, 1987; Lue dan Huff, 1994). Peralatan ekstruder dengan pemilihan bahan baku akan mudah dilakukan untuk fortifikasi atau penambahan zat gizi, karena ekstruder dapat menekan kerusakan akibat panas, sehingga mempertahankan senyawa-senyawa gizi yang seoptimal mungkin, tetapi juga dapat merusak komponen anti-nutrisi dan senyawa racun atau toksik secara maksimal (Kinsella, 1979; Grenus *et al.*, 1993).

Karakteristik ekstrudat dipengaruhi oleh sifat fisikokimiawi bahan baku, kondisi proses atau variabel operasional dan sifat fisikokimiawi ekstrudat (Bhattacharya *et al.*, 1982; Bhattacharya, 1997). Karena hal karakteristik tersebut, maka perlu adanya proses pemilihan bahan baku yang sesuai dan optimal prosesnya, untuk mendapatkan produk olahan yang dapat diterima oleh masyarakat konsumen. Keberhasilan pengolahan ekstrudat yang dihasilkan, dari bahan baku jagung sebagai sumber karbohidrat diharapkan dapat mengurangi preferensi konsumen beras, sehingga akan mengurangi kebutuhan beras sebagai sumber karbohidrat, terutama untuk pemenuhan bahan makanan lokal. Kemampuan alat ekstrusi untuk mengolah bahan baku jagung dengan cepat dan menghemat energi atau meningkatkan efisiensi produksi, teknologi proses ekstrusi juga perlu diperhatikan, agar dihasilkan ekstrudat yang bernilai tinggi, antara lain zat gizinya. Tujuan penelitian ini adalah

untuk mengevaluasi sifat fisikokimiawi bahan baku jagung dari berbagai varietas dan ekstrudatnya dengan penambahan akuades yang bervariasi pada bahan baku jagung. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan beberapa alternatif pengolahan teknologi ekstrusi, sebagai diversifikasi pangan dengan beberapa varietas jagung.

BAHATAN METODE

Penelitian dilakukan mulai September sampai dengan Nopember 2005, di Laboratorium Pascapanen Karawang, Laboratorium Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, *Pilot Plant* AP4 di IPB, laboratorium PSPG dan Laboratorium Teknologi Pangan dan Gizi di Fateta-IPB, Bogor. Bahan baku yang digunakan adalah jagung varietas Bima, Pioneer, Bisma, dan Lamuru, yang dipanen bulan Juli 2005 di daerah Kabupaten Sumedang dan bekerjasama dengan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat. Bahan penunjang yang digunakan adalah bahan-bahan kimia untuk analisis bahan baku jagung dan ekstrudat jagung. Alat yang digunakan terdiri dari alat ekstruder buatan lokal (dari pengrajin Kediri, Jawa Timur) dengan perlengkapan sebagai berikut, pada kecepatan ulir ganda adalah 380 rpm dan "die atau pencetak" silinder metal dengan diameter 4 mm, untuk pengeluaran produk jagung. Ekstruder dilengkapi tutup metal secara mekanis dengan pelepasan suhu $75 \pm 2^\circ\text{C}$ dan waktu yang ditentukan atau terukur sesuai yang dikehendaki.

Pembuatan ekstrudat jagung dilakukan melalui dua tahap yaitu pembuatan *gritz* atau butiran partikel lolos mesh 40 dan tahap proses ekstrusi dengan ekstruder. Tahap pertama adalah jagung pipil digiling sehingga menjadi butiran lolos mesh 40, kemudian ditimbang satu kilogram jagung *gritz* dengan kadar air 9,0-10,0% dari masing-masing varietas, sebagai bahan baku. Setelah dilakukan penimbangan tersebut, kemudian ditambahkan akuades dengan cara percikan, dengan menggunakan alat sprayer secara bertahap pada berbagai konsentrasi. Perlakuan penambahan akuades dengan cara percikan, sebagai berikut: masing-masing satu kilogram jagung *gritz* dari empat varietas tersebut ditambah akuades dengan berbagai konsentrasi, kemudian masing-masing varietas jagung dengan beberapa penambahan akuades pada berbagai konsentrasi tersebut, diproses secara ekstrusi menjadi ekstrudat (seperti pada Gambar 1).

Perlakuan yang diterapkan terdiri atas: (1). varietas jagung Bima, Pioneer, Bisma dan Lamuru, dan (2). penambahan akuades dengan percikan sebanyak, 0%, 5%, 10% dan 15% berat per berat.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan petak terpisah (*split plot design*) dengan tiga kali ulangan. Petak utama (*main plot*) adalah varietas jagung dan sebagai anak petak (*sub plot*) adalah

penambahan akuades dengan berbagai konsentrasi. Pengamatan dilakukan pada bahan baku ke empat varietas jagung, antara lain sifat fisik dan fungsional adalah panjang, lebar, tebal, berat 100 biji, derajat putih, daya serap air dan minyak. Analisis sifat kimiawi dan amilografi jagung sebagai bahan baku adalah kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat dan pola amilografnya. Ekstrudat jagung dianalisis sifat fisik, fungsional, kimiawi dan amilografi, antara lain kerenyahan, pengembangan, kecerahan atau warna, Daya serap air dan minyak dengan cara Muchtadi *et al.*, (1988), sedangkan sifat kimiawi dilakukan terhadap kadar air dengan cara oven pada suhu 105°C sampai bobot konstan, kadar abu dianalisis dengan cara pengabuan didalam Tanur, pada pemanasan suhu 500-600°C selama 6 jam (SNI 01-2891-1992). Penetapan kadar pati dengan spektrofotometer, serat makanan dengan ensimatis, penetapan kadar lemak dengan cara Soxhlet menggunakan petroleum eter sebagai pelarut (AOAC, 1995), penetapan protein dilakukan dengan cara mikro Kjeldhal (AOAC, 1995), untuk menghitung protein kasar digunakan faktor 6,25. Kadar serat makanan dilakukan dengan menghidrolisa sampel dengan larutan asam, kemudian dengan larutan basa encer (SNI 01-2891-1992), analisis pati dilakukan dengan cara hidrolisis asam (Apriyantono *et al.*, 1988). Sifat reologinya (amilografi) dilakukan terhadap bahan baku jagung dan ekstrudat dengan alat *Brabender Amylograph*.

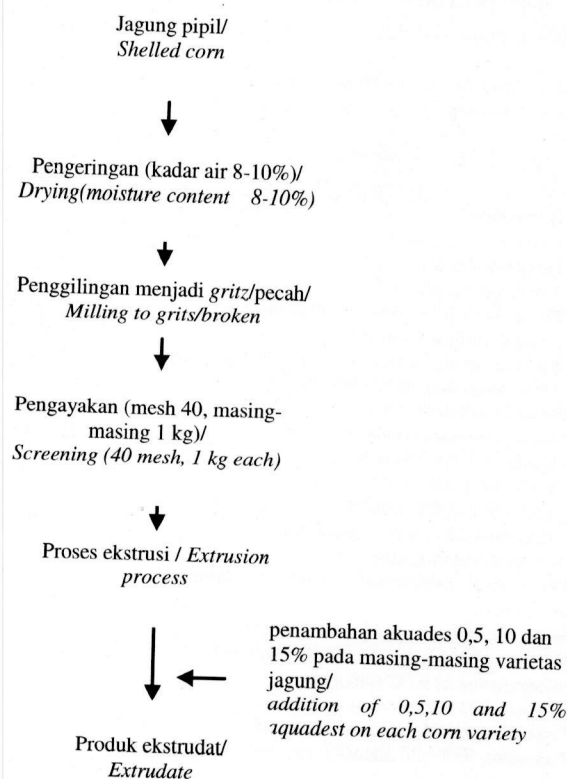
Pengukuran warna dengan metode hunter lab (Chromameter), dilakukan dua kali setiap sampel dengan *Chromameter merk Minolta*. Pengukuran menghasilkan nilai parameter Y, x,y, L,a,b, Hue° dan C. Dalam penelitian ini digunakan parameter sistem Hunter L, a, dan b. Parameter (L) menunjukkan kecerahan sampel sebagai ekstrudat jagung (warna akromatis dari hitam mutlak dengan nilai 0 sampai putih mutlak dengan nilai 100). Parameter (a) menunjukkan campuran merah – hijau (a+ = 0–100 untuk warna merah dan a- = 0–(-80) untuk warna hijau. Parameter (b) menunjukkan campuran biru kuning (b+ = 0–70) untuk warna kuning dan b- = 0–(-70) untuk warna biru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Jagung Sebagai Bahan Baku

Karakteristik fisik, fungsional, kimiawi dan amilografi dari ke empat varietas jagung seperti terlihat pada Tabel 1. Karakter fisik diindikasikan dengan panjang, lebar, tebal, berat 100 biji dan derajat putih. Karakter fungsional adalah daya serap air dan minyak. Sedangkan karakter kimiawi diindikasikan dengan kadar air, abu, lemak, protein dan karbohidrat.

Hasil pengamatan analisis proksimat (Tabel 1) menunjukkan bahwa kadar air bahan baku cenderung sama, berkisar antara 8,53–9,31%, walaupun varietas Bisma lebih tinggi dari varietas jagung lain yaitu Bima, Lamuru dan Pioneer. Kadar abu berkisar 1,03–1,55%. Hasil kadar abu relatif sama di antara varietas jagung, sebagai bahan baku dan kemungkinan tidak berpengaruh terhadap hasil olah lanjut yaitu ekstrudat yang dihasilkan. Kadar lemak dalam jagung sebagai bahan baku berkisar 2,92–3,88%. Kadar lemak varietas Bisma menunjukkan lebih tinggi dari varietas jagung lain, sedangkan varietas Pioneer mempunyai kadar lemak yang terendah 2,92% (Tabel 1). Kadar lemak yang semakin tinggi menunjukkan derajat pengembangan ekstrudat yang rendah, hal ini terlihat pada gambar ekstrudat dengan pengembangan atau besaran diameter yang berbeda (Gambar 3). Kadar protein yang tertinggi adalah 9,84% pada varietas jagung Lamuru dan terendah adalah varietas jagung Pioneer (7,74%). Kadar karbohidrat berkisar 76,16–81,26% dan kadar tertinggi adalah 81,26% pada varietas jagung Pioneer dan terendah 76,16% pada varietas jagung Bisma, hal ini kemungkinan disebabkan penambahan air yang dapat melarutkan dan proses pemanasan sehingga melarutkan senyawa komponen karbohidrat.



Gambar 1. Pengolahan ekstrudat.
Figure 1. Extrudate processing

Komposisi kimiawi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain varietas, tanah atau lokasi pertanaman, pemupukan dan lain sebagainya. Karakter amilografi diindikasikan oleh proses gelatinisasi dan karakteristik tersebut adalah sebagai salah satu faktor kualitas bahan baku jagung (Tabel 1). Proses gelatinisasi berlangsung dengan pendugaan dari viskositas dan kelarutan dalam akuades dari komponen kimiawi jagung (Foubion *et al.*, 1982; Chinnaswamy dan Hanna, 1987). Waktu gelatinisasi jagung dari ke empat varietas relatif sama berkisar 18 -19 menit, pada waktu tersebut hampir semua granula pati di dalam tepung jagung telah mengalami gelatinisasi dan gel tersebut akan pecah selama proses gelatinisasi pada suhu tertentu. Suhu gelatinisasi jagung dapat diidentifikasi, karena sebagian besar granula pati belum mengalami gelatinisasi sempurna selama proses pemanasan 57,0–58,5°C (Tabel 1), suhu gelatinisasi yang tertinggi 58,5°C adalah pada varietas jagung Lamuru dan ke tiga varietas lain juga adalah sama. Waktu gelatinisasi tepung jagung bervariasi sekitar 21,5–29 menit (Santosa *et al.*, 2005; Suarni *et al.*, 2005). Jagung varietas Bisma mempunyai waktu gelatinisasi yang lebih rendah dari varietas jagung lain yaitu 21,5 menit (Tabel 1). Viskositas bahan baku jagung pada 93°C berkisar dari 60–80 BU.

Hasil penelitian Rahardjo *et al.*, (2000) menunjukkan bahwa komposisi kimiawi akan berpengaruh terhadap

kualitas ekstrudat yang dihasilkan. Indikator kadar akuades mempunyai hubungan yang erat dengan proses gelatinisasi pati dan bahan baku jagung yang berkadar akuades rendah memperlihatkan proses gelatinisasi dapat berlangsung lebih baik (Miller, 1985; Santosa *et al.*, 2005). Sedangkan kadar lemak bahan baku jagung mempengaruhi peranan terhadap derajat pengembangan ekstrudat yang dihasilkan (Bhattacharya *et al.*, 1992; Santosa, *et al.*, 2005). Proses gelatinisasi sangat menentukan pengembangan ekstrudat, bila proses gelatinisasi berlangsung lebih baik menyebabkan pengembangan ekstrudat menjadi lebih baik (Foubion *et al.*, 1982; Santosa, *et al.*, 2005). Pati yang ada di dalam tepung jagung akan tergelatinisasi selama proses ekstrusi, sehingga akan terbentuk lapisan tipis yang berbentuk rongga udara, sedangkan adanya protein di dalam bahan baku jagung yang mempunyai kadar pati rendah akan menyebabkan terbentuk matriks menyerupai serat, sehingga meningkatkan kekerasan ekstrudat (Chinnaswamy dan Hanna, 1987).

B. Karakteristik Ekstrudat Jagung

1. Karakteristik Fisik

Kerenyahan

Pengaruh penambahan persentase akuades dapat mengubah sifat fisik secara sangat nyata, antara lain terjadinya produk ekstrudat menjadi lunak atau keras, maka

Tabel 1. Karakteristik beberapa bahan baku jagung.

Table 1. Characteristics of four varieties of corn

Komponen/ Components	Varietas/varieties			
	BIMA	PIONER	BISMA	LAMURU
Fisik/Physical:				
Panjang /Length(cm)	0,87	0,83	0,84	0,79
Lebar/wide (cm)	0,76	0,71	0,70	0,67
Tebal/thick (cm)	0,33	0,27	0,25	0,25
Berat 100 biji / weight of 100 kernels (g)	30,95	30,40	30,35	29,89
Derajat putih/whiteness (%)	39,77	39,86	39,83	39,97
Daya serap air / water absorption capacity g/g	2,35	2,36	3,03	2,54
Daya serap minyak/oil absorption capacity ml/g	2,12	2,07	2,24	2,01
Kimiawi/Chemical: (%)				
Kadar air/water content	9,23	8,53	9,31	8,82
Kadar abu/ash content	1,03	1,55	1,09	1,16
Kadar protein/protein content	9,08	7,74	8,28	9,84
Kadar lemak/fat content	3,88	2,92	5,16	4,65
K.karbohidrat/carbohydrate content	76,80	81,26	76,17	76,53
Amilografi/Amylograph:				
Waktu awal gelatinisasi (menit) /gelatinization time (minute)	19	18	18	18
Suhu gelatinisasi / gelatinization temperature (°C)	57	57	57	58,5
Waktu gelatinisasi pd 93°C (menit) / time gelatinization at 93°C (minute)	21,5	25	25	29
Viskositas 93°C / viscosity 93°C (BU)	70	85	70	60
Viskositas puncak / peak viscosity (BU)	-	-	-	-
Viskositas 93°C 20 menit / viscosity 93°C at 20 minutes (BU)	-	-	-	-
Viskositas 50°C / viscosity 50°C (BU)	-	-	-	-
Viskositas 50°C 20 menit / viscosity 50° at 20 minutes (BU)	-	-	-	-

Keterangan/Remarks:

Data rata-rata dari tiga ulangan / Mean of three replication

-: tidak terdeteksi/undetectable

Tabel 2. Karakteristik fisik ekstrudat yang dihasilkan dari empat varietas jagung dengan perlakuan penambahan aquades.
 Table 2. Product extrudates characteristics of four varieties of corn with water addition treatments.

Perlakuan/ (treatments)	Nilai Kerenyahan/ Crispyness value	Nilai Pengembangan / expansion value	Nilai Warna/ color value			DSA / WAC g/g	DSM / OAC ml/g
			L	a	b		
1	2,80b	2,56a	57,40a	-7,00a	45,76a	1,68a	1,33a
2	2,84b	4,44cd	61,70c	-8,68c	49,93c	1,56a	1,20a
3	4,43cd	4,15c	58,99b	-7,03a	50,73bc	2,19b	2,00b
4	5,63d	4,16c	58,15a	-7,60b	47,37b	2,31bc	2,13bc
5	1,79a	3,10b	59,00b	-6,90a	47,75b	1,23a	1,10a
6	1,84ab	4,71d	63,91c	-8,74c	52,09c	1,13a	0,97a
7	4,41c	3,26b	59,93b	-7,51b	48,94b	2,15b	1,65b
8	4,67cd	2,57a	59,95b	-7,66b	48,33b	2,55c	2,05bc
9	2,00a	2,10a	58,23ab	-6,80a	48,23b	1,16a	1,00a
10	2,16b	4,61d	63,46d	-7,64b	53,32d	1,18a	0,80a
11	3,62bc	3,84b	60,40bc	-8,11bc	49,86bc	2,13b	1,43b
12	4,31c	2,60a	58,10ab	-6,94a	42,27a	2,58c	2,50c
13	1,30a	2,00a	57,22a	-6,67a	48,44b	1,77a	1,23a
14	1,46a	4,71d	62,17c	-7,47b	52,63cd	1,89a	1,30a
15	4,09bc	3,26b	59,02b	-6,93a	49,06b	2,05a	1,87b
16	4,86cd	2,61a	58,83ab	-6,73a	48,48b	2,45c	1,95bc

Keterangan /remarks:

- 1 = varietas Bima dengan penambahan aquades 0% /
Bima variety with 0% aquadest addition.
 2 = varietas Bima dengan penambahan aquades 5% /
Bima variety with 5% aquadest addition
 3 = varietas Bima dengan penambahan aquades 10% /
Bima variety with 10% aquadest addition
 4 = varietas Bima dengan penambahan aquades 15% /
Bima variety with 15% aquadest addition
 5 = varietas Pioneer dengan penambahan aquades 0% /
Pioneer variety with 0% aquadest addition
 6 = varietas Pioneer dengan penambahan aquades 5% /
Pioneer variety with 5% aquadest addition
 7 = varietas Pioneer dengan penambahan aquades 10% /
Pioneer variety with 10% aquadest addition
 8 = varietas Pioneer dengan penambahan aquades 15% /
Pioneer variety with 15% aquadest addition
 9 = varietas Bisma dengan penambahan aquades 0% /
Bisma variety with 0% aquadest addition
 10 = varietas Bisma dengan penambahan aquades 5% /
Bisma variety with 5% aquadest addition
 11 = varietas Bisma dengan penambahan aquades 10% /
Bisma variety with 10% aquadest addition
 12 = varietas Bisma dengan penambahan aquades 15% /
Bisma variety with 15% aquadest addition
 13 = varietas Lamuru dengan penambahan aquades 0% /
Lamuru variety with 0% aquadest addition
 14 = varietas Lamuru dengan penambahan aquades 5% /
Lamuru variety with 5% aquadest addition
 15 = varietas Lamuru dengan penambahan aquades 10% /
Lamuru variety with 10% aquadest addition
 16 = varietas Lamuru dengan penambahan aquades 15% /
Lamuru variety with 15% aquadest addition

DSA = Daya serap Air / Water Absorption Capacity

DSM = Daya Serap Minyak / Oil Absorption Capacity

kerenyahan dapat dikaitkan dengan penambahan aquades. Penambahan aquades menyebabkan produk ekstrudat meningkat kerenyahannya atau sebaliknya produk ekstrudat tidak renyah. Tabel 2 menunjukkan perubahan karakter ekstrudat yang dihasilkan dan yang telah diperlakukan dengan penambahan aquades. Pengembangan produk ekstrudat yang dihasilkan sesaat keluar dari "die" dapat berlangsung ke arah lebar dan ke arah memanjang. Pengembangan ke arah melebar dapat diamati, namun ke arah memanjang sulit diamati (Gambar 2). Nilai kerenyahan terendah adalah 1,3 pada varietas Lamuru dengan penambahan aquades 0% atau kontrol,

dan nilai kerenyahan yang tertinggi (5,63) adalah pada varietas Bisma dengan penambahan aquades 10%. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa kerenyahan tidak berbeda nyata pada ke empat varietas jagung dengan penambahan aquades 5% dan 10%, tetapi konsentrasi penambahan aquades berpengaruh pada pengembangan ekstrudat yang dihasilkan (Tabel 2).

Pengembangan

Pada pengamatan kerenyahan dan pengembangan volume menunjukkan bahwa kerenyahan mempunyai predikat nilai yang rendah atau sedang, tetapi pengembangan ekstrudat



Gambar 2. Ekstrudat yang dihasilkan dari empat varietas jagung (dari kiri varietas Bima, Pioneer, Bisma dan Lamuru)

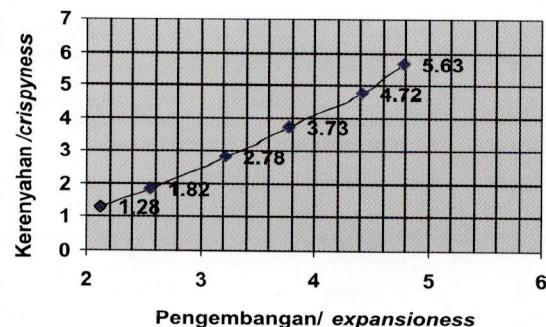
Figure 2. Extrudate of four of corn varieties (from left varieties of Bima, Pioneer, Bisma and Lamuru)

mempunyai derajat pengembangan yang tinggi yaitu pada varietas Bisma (4,61) dan Lamuru (4,7). Perlakuan penambahan akuades 5% pada varietas Bisma, Lamuru, Pioneer dan Bisma sesudah proses ekstrusi tidak menunjukkan perbedaan nyata dalam pengembangan ekstrudat yang dihasilkan. Penambahan akuades 5% menunjukkan bahwa derajat pengembangan yang baik pada ke empat varietas jagung, berturut-turut adalah varietas Lamuru (4,71); Pioneer (4,71), Bisma (4,61) dan Bima (4,44). Tabel 2 menunjukkan kecenderungan semakin rendah nilai kerenyahan semakin rendah pula derajat pengembangannya (Gambar 3). Pada pengembangan dimana derajat pengembangan cenderung tinggi, kemungkinan berkaitan juga dengan daya serap akuades yang tinggi (Tabel 2). Gambar 3 menunjukkan hubungan pengembangan dengan kerenyahan secara empiris. Hubungan tersebut diperoleh dari salah satu varietas jagung Pioneer dengan perlakuan konsentrasi penambahan akuades 5%. Pengambilan varitas jagung Pioneer tersebut adalah salah satu contoh yang mewakili untuk varitas jagung lain pada penelitian ini, karena pengembangan fisik lebih jelas dari pada yang lain.

Warna

a. Warna kecerahan (L)

Hasil pengukuran warna L atau kecerahan dapat dilihat pada Tabel 2. Biji jagung yang berwarna kekuning-kuningan sebagian zat warnanya dapat berubah atau rusak karena pemanasan dalam proses ekstrusi dan penambahan akuades pada ke empat bahan baku jagung. Zat warna yang ada pada biji jagung sesudah mengalami proses ekstrusi dan perlakuan penambahan akuades sangat sensitif dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna pada produk ekstrusi yang dihasilkan. Tabel 2 menunjukkan penurunan kecerahan pada perlakuan penambahan akuades 10 dan 15%. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai kecerahan dipengaruhi oleh penambahan



Gambar 3. Hubungan antara Pengembangan dengan Kerenyahan Ekstrudat.

Figure 3. Relationship between Expansion and Crispy of extrudate

akuades dan interaksinya. Uji lanjut interaksi menunjukkan bahwa penambahan akuades 5% pada jagung varietas Bima dengan memiliki nilai kecerahan tertinggi (5,63) dan hasil kecerahan ini tidak berbeda nyata dengan varietas Bisma dan Lamuru. Warna L yang tinggi berarti mempunyai predikat lebih cerah atau tercerah. Uji lanjut interaksi menunjukkan bahwa penambahan akuades 5% pada ke empat varietas jagung mempunyai nilai kecerahan yang sama atau tidak berbeda nyata dan nilai kecerahan relatif tinggi (diatas 60,0), sehingga dapat dikatakan kecerahan relatif sama (Sopian *et al.*, 2005)

b. Warna (a) sebagai kromasitas hijau – merah

Pada semua perlakuan menunjukkan warna (a) yang bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrudat memiliki kecenderungan kromasitas warna hijau. Nilai terendah adalah -8,90 dan tertinggi -6,94, masing masing pada varietas Pioneer dan Lamuru. Perlakuan penambahan akuades 5% tidak berbeda nyata pada ke empat varietas jagung, berarti bahwa perlakuan tersebut menghasilkan ekstrudat relatif sama. Hasil pengukuran nilai warna (a) pada ekstrudat dapat dilihat pada Tabel 2. Penambahan persentase akuades dari semua perlakuan (0 – 15%) cenderung menaikkan kromasitas warna (a) ekstrudat, sedangkan penambahan akuades 0% (kontrol) berbeda nyata dengan perlakuan penambahan akuades lain. Hal ini terjadi, kemungkinan pada kondisi awal menunjukkan nilai kromasitas yang tinggi dibanding dengan perlakuan lain (Sopian *et al.*, 2005).

c. Warna (b) sebagai kromasitas warna biru – kuning

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai warna (b) pada semua perlakuan berada pada nilai positif atau pada warna ke kuning-kuningan. Hasil pengukuran nilai warna tertinggi adalah 53,32 pada varietas Bisma dengan penambahan

akuades 5% dan terendah 42,27 pada varietas Lamuru dengan penambahan akuades 0% (kontrol). Pola parameter warna (b) berbeda dengan parameter warna (a), bahwa parameter warna (b) dengan perlakuan penambahan akuades pada berbagai varietas jagung dalam proses ekstrusi, menaikkan nilai parameter, terutama pada penambahan akuades 5 dan 10%, tetapi pada penambahan akuades 15% relatif menurunkan nilai parameter warna (b)nya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan akuades sampai 10% menaikkan nilai parameter warna (b), tetapi penambahan akuades yang lebih besar dari (15%) memberikan nilai warna (b) yang lebih rendah. Perlakuan penambahan akuades 5% bila dibandingkan dengan kontrol (0%) cenderung menurunkan nilai warna (b). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa parameter warna (b) sangat dipengaruhi oleh penambahan akuades. Namun demikian tidak ada interaksi antara ke empat varietas jagung dengan penambahan akuades. Uji lanjut penambahan akuades 15% menurunkan nilai warna kuning yaitu warna nilai positif, warna b.

Daya Serap Air dan Minyak

Tabel 2 menunjukkan bahwa interaksi antara berbagai varietas jagung dan penambahan persentase akuades dalam proses ekstrusi memberikan pengaruh terhadap kapasitas daya serap air dan minyak pada ekstrudat yang dihasilkan. Daya serap air dari berbagai varietas jagung mempunyai kecenderungan sama, namun dengan perlakuan penambahan persentase akuades menunjukkan perbedaan nyata. Ekstrudat yang dihasilkan mempunyai daya serap air berkisar 1,13–2,58 g/g, sedangkan daya serap air yang terendah 1,13 g/g pada varietas Pioneer dengan perlakuan penambahan akuades 5%, dan daya serap air tertinggi adalah 2,58 g/g pada varietas Bisma dengan penambahan akuades 15%. Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan ke empat varietas jagung dengan penambahan akuades 5% tidak berbeda nyata dengan kontrol, tetapi sangat berbeda nyata dengan perlakuan penambahan akuades 10% dan 15%. Nilai daya serap air dipengaruhi oleh komponen kimiawi polisakarida, lemak dan garam dalam ekstrudat yang dihasilkan.

Daya serap minyak adalah salah satu indikator kualitas ekstrudat yang dihasilkan, dimana campuran minyak dan pati saling berpengaruh (Suarni, 2005; Santosa dan Resmisari, 2005). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa varietas jagung tidak ada memberikan pengaruh yang berbeda, tetapi penambahan akuades 0 dan 5% dengan penambahan akuades 10 dan 15% mempunyai perbedaan yang sangat nyata. Kisaran daya serap minyak dari 0,80–2,50 ml/g, dan yang tertinggi adalah 2,50 ml/g pada varietas Bisma dengan penambahan akuades 15%, sedang yang terendah adalah 0,80 ml/g pada varietas Bisma dengan perlakuan penambahan akuades 5%. Perbedaan

daya serap minyak dipengaruhi pula oleh kadar air dan protein. Daya serap minyak adalah suatu sifat pengikatan minyak secara fisik oleh komponen kimiawi, terutama protein.

Pembahasan karakteristik fisik menunjukkan bahwa pada pengembangan ekstrudat yang dihasilkan, nilai atau derajat pengembangan cenderung lebih tinggi, hal ini berkaitan dengan daya serap air (Harper, 1981., Foubion dan Hosene, 1982). Warna (L) merupakan suatu indikasi kecerahan ekstrudat. Warna kecerahan yang lebih cerah, kemungkinan disebabkan proses ekstrusi menggunakan panas dan tekanan tinggi, sehingga akan merubah atau mempengaruhi bentuk pengembangan, rasa atau kerenyahan dan struktur ekstrudat yang dihasilkan (Grenus *et al.*, 1993; Guha *et al.*, 1997). Warna (a) sebagai warna hijau – merah, pada ekstrudat menunjukkan kemungkinan terjadi pada kondisi kadar air awal bahan baku jagung yang mempunyai nilai kromasitas yang tinggi dibanding dengan perlakuan lain, dimana proses perubahan warna (a) terjadi secara alami tanpa penambahan akuades (Foubion *et al.*, 1982; Chen *et al.*, 1991; Bhattacharya, 1997). Pati jagung yang berkadar amilosa tinggi mempunyai kecenderungan daya serap air lebih rendah dari pada pati yang berkadar amilosa rendah (Miller, 1985; Padmanathan dan Bhattacharya, 1993; Grenus *et al.*, 1993). Selain itu, polisakarida yang bersifat hidrofilik dan lemak yang tinggi dapat mengurangi pengikatan air (Chinnaswamy dan Hanna, 1987) dan daya serap air merupakan salah satu faktor dalam sifat fungsional ekstrudat yang dihasilkan, karena akan mempengaruhi sifat tekstur, warna dan sensoris produknya (Chen *et al.*, 1991; Guha *et al.*, 1997). Daya serap minyak salah satu indikator kualitas ekstrudat yang dihasilkan, dimana campuran minyak dan pati akan mempengaruhi sifat fisik pati, karena minyak dapat membentuk kompleks dengan amilosa yang menghambat pembengkakan granula pati (Linko *et al.*, 1981; Bhattacharya *et al.*, 1982). Perbedaan daya serap minyak selain dipengaruhi oleh kadar air, juga dipengaruhi oleh protein, dimana protein dapat menurunkan atau meningkatkan kemampuan protein mengikat minyak (Foubion *et al.*, 1982; Santosa *et al.*, 2005). Kemampuan senyawa protein dapat menyerap, menahan dan bereaksi dengan minyak dalam suatu sistem emulsi dan sistem pengolahan bahan makanan dapat dilakukan untuk keperluan proses pengolahan bahan makanan yang tepat (Kinsella, 1979; Harper, 1981).

2. Karakteristik Kimiawi

Kadar karbohidrat dan pati

Analisis menunjukkan bahwa kadar karbohidrat mempunyai nilai berkisar antara 71,3–80,5%. Kadar karbohidrat tertinggi adalah 80,5 pada varietas Pioneer dengan penambahan akuades 0% (kontrol) dan terendah

71,3% pada Bima dengan penambahan akuades 15% (Tabel 3). Penambahan akuades sampai 10% cenderung tidak mempengaruhi ikatan karbohidrat dari ekstrudat yang dihasilkan, namun penambahan akuades 15% memperlihatkan perbedaan yang nyata dengan konsentrasi akuades yang lainnya (Tabel 3). Namun pada varitas Pioneer, penambahan akuades 0 dan 5% memberi pengaruh yang nyata dengan penambahan akuades 10% dan 15%, dan penambahan akuades 10% berbeda nyata dengan penambahan 15%. Uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada interaksi yang nyata antara varietas jagung dan penambahan persentase akuades.

Kadar pati mempengaruhi pengembangan ekstrudat yang dihasilkan, terutama amilosanya. Berbagai varietas jagung kecenderungan mempunyai rasio pengembangan berbeda, dimana kadar pati sebagai komponen yang bertanggung jawab terhadap rasio pengembangan tersebut. Kadar pati ekstrudat jagung yang dihasilkan, bervariasi dari 64,7–73,3%. Analisis statistik menunjukkan bahwa kadar pati ekstrudat yang dihasilkan tidak berbeda

nyata antar varietas jagung, tetapi berbeda antara perlakuan penambahan akuades. Interaksi dari perlakuan berbagai varietas dan penambahan akuades menunjukkan bahwa kadar pati ekstrudat cenderung memberikan pengembangan ekstrudat yang relatif baik pada 69,7–73,3%, dimana dijumpai pada ke empat varietas jagung dengan perlakuan penambahan akuades 0–10%, sedangkan perlakuan penambahan akuades 15% menunjukkan pengembangan ekstrudat yang relatif kurang baik (Tabel 3). Pati di dalam jagung yang tergelatinisasi akan menyebabkan terjadinya degradasi amilosa dan amilopektin dan menghasilkan molekul yang lebih kecil.

Kadar serat makanan

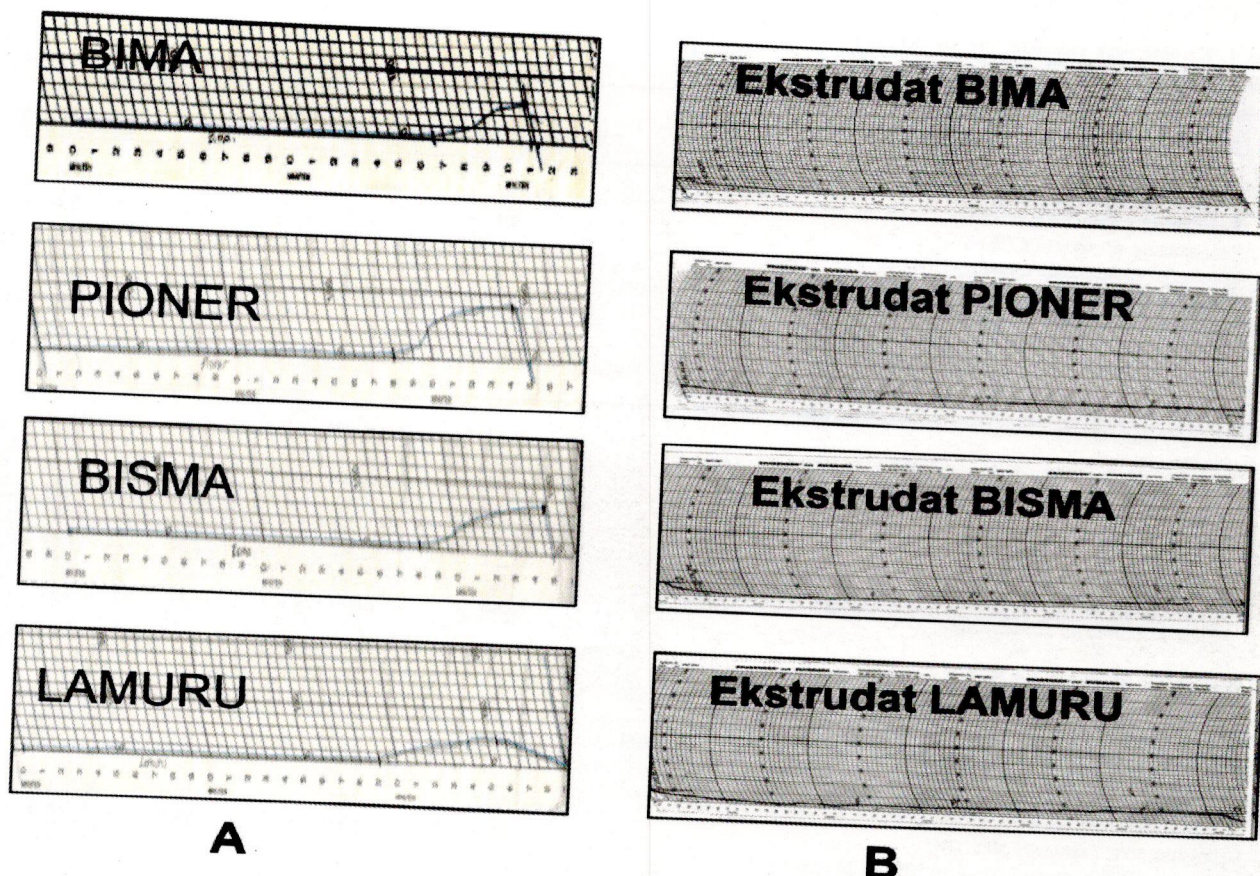
Serat makanan atau serat pangan meliputi komponen lignin, selulosa, hemiselulosa, oligosakarida, pektin, gum, waxes, cutin dan suberin, pada umumnya nilai serat kasar dari suatu bahan lebih kecil daripada serat makanannya (BNF, 1990). Analisis statistik menunjukkan bahwa

Tabel 3. Karakteristik kimiawi ekstrudat yang dihasilkan dari 4 (empat) varietas jagung dengan perlakuan penambahan akuades.
Table 3. Chemical characteristics of extrudates resulted from varieties of corn with water addition treatment.

Perlakuan (treatments)	Karakter kimiawi / chemical characteristics (%)						
	Pati/starch	Serat makanan/ dietary fibre	Air/water	Abul/ash	Protein/protein	Lemak/fat	Karbohidrat/ carbohydrate
1	68,9b	10,0a	5,2a	1,1ab	13,1d	3,1d	77,1cd
2	70,9c	10,3a	5,5ab	1,3ab	13,2d	3,0d	77,0cd
3	69,8b	12,2c	7,3abc	1,3ab	12,7bcd	2,4c	76,3cd
4	64,7a	11,7b	12,2e	1,2ab	13,1cd	2,2bc	71,3a
5	70,6c	11,2bc	5,5ab	1,3ab	10,8b	2,1ab	80,5d
6	71,5c	11,8bc	5,3a	1,4ab	10,9b	2,0b	80,4d
7	70,1b	13,2d	7,5abc	1,3ab	12,0bcd	1,9ab	77,4cd
8	66,4a	11,4bc	11,9e	1,2ab	12,6bcd	2,2bc	72,1b
9	69,6b	13,3d	8,3bc	1,0a	11,9c	2,1bc	76,6cd
10	69,7bc	14,1e	8,7cd	1,0a	12,4cd	2,2bc	76,8cd
11	72,0c	13,6d	8,5bcd	1,2ab	10,8ab	1,1a	78,5cd
12	69,5b	13,6d	11,5e	0,9a	10,9b	2,0ab	74,7c
13	70,1bc	10,9ab	5,8ab	1,2ab	12,7cd	2,2bc	77,6cd
14	73,3c	11,1ab	6,0ab	1,3ab	12,8cd	2,3bc	77,5cd
15	69,3b	13,9de	6,7abc	1,3ab	11,9c	2,2bc	77,9cd
16	68,1b	13,9d	10,8de	1,8b	9,8a	2,2bc	75,4bc

Keterangan / remarks:

- | | |
|--|---|
| 1 = varietas Bima dengan penambahan akuades 0% /
Bisma variety with 0% aquadest addition. | 9 = varietas Bisma dengan penambahan akuades 0% /
Bisma variety with 0% aquadest addition |
| 2 = varietas Bima dengan penambahan akuades 5% /
Bisma variety with 5% aquadest addition | 10 = varietas Bisma dengan penambahan akuades 5% /
Bisma variety with 5% aquadest addition |
| 3 = varietas Bima dengan penambahan akuades 10% /
Bisma variety with 10% aquadest addition | 11 = varietas Bisma dengan penambahan akuades 10% /
Bisma variety with 10% aquadest addition |
| 4 = varietas Bima dengan penambahan akuades 15% /
Bisma variety with 15% aquadest addition | 12 = varietas Bisma dengan penambahan akuades 15% /
Bisma variety with 15% aquadest addition |
| 5 = varietas Pioneer dengan penambahan akuades 0% /
Pioneer variety with 0% aquadest addition | 13 = varietas Lamuru dengan penambahan akuades 0% /
Lamuru variety with 0% aquadest addition |
| 6 = varietas Pioneer dengan penambahan akuades 5% /
Pioneer variety with 5% aquadest addition | 14 = varietas Lamuru dengan penambahan akuades 5% /
Lamuru variety with 5% aquadest addition |
| 7 = varietas Pioneer dengan penambahan akuades 10% /
Pioneer variety with 10% aquadest addition | 15 = varietas Lamuru dengan penambahan akuades 10% /
Lamuru variety with 10% aquadest addition |
| 8 = varietas Pioneer dengan penambahan akuades 15% /
Pioneer variety with 15% aquadest addition | 16 = varietas Lamuru dengan penambahan akuades 15% /
Lamuru variety with 15% aquadest addition |



Gambar 4. Amilografi dari 4 varietas jagung (A) dan produk ekstrusinya (B)
Figure 4. Amylograph of four varieties of corn (A) and its extrudates (B)

interaksi antara varietas jagung dan persentase akuades berbeda nyata. Sidik ragam selanjutnya menunjukkan bahwa ke empat varietas dengan penambahan akuades 10–15% berbeda sangat nyata dengan ke empat varietas dengan penambahan akuades 0–5%. Tabel 3 menunjukkan bahwa kisaran kadar serat makanan dari semua perlakuan antara 10,3–14,1%. Kadar serat makanan tertinggi didapat pada perlakuan varietas Bisma dengan penambahan akuades 5%, dan terendah didapat pada perlakuan varietas Bima dengan perlakuan penambahan akuades 5% dan atau kontrol. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan perlakuan penambahan akuades pada bahan baku, kemudian dilakukan karena sifat kelarutannya. Serat makanan dibedakan menjadi serat larut (*soluble fibre*) dan serat makanan yang tidak larut (*insoluble fibre*), yang ternyata juga memiliki perbedaan dalam sifat fisiologisnya (Marsono, 1995). Secara kimiawi serat makanan tidak larut terutama terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin, sedangkan serat makanan yang larut terdiri atas pektin dan polisakarida lain, misal gum (BNF, 1990).

Kadar air

Kadar air ekstrudat jagung dipengaruhi secara nyata oleh persentase akuades dan interaksinya. Ekstrudat jagung

berkadar air dari 5,2–11,5%. Analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan akuades memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air ekstrudat yang dihasilkan, tetapi antara varietas bahan baku jagung tidak berbeda nyata. Kenaikan kadar air terjadi secara nyata dengan penambahan akuades, yang berarti semakin tinggi akuades yang ditambahkan pada bahan baku jagung, maka kadar air pada ekstrudat yang dihasilkan semakin tinggi (Tabel 3) Kadar air terendah adalah 5,2% pada varietas Bima dengan penambahan akuades 0% (kontrol), sedangkan kadar air tertinggi adalah 11,5% pada Bisma dengan penambahan akuades 15%. Kadar air yang lebih tinggi akan mempengaruhi daya simpan dan penurunan kualitas ekstrudat yang dihasilkan akan lebih cepat rusak selama penyimpanan (Miller, 1985).

Kadar abu

Analisis statistik menunjukkan bahwa kadar abu dari ekstrudat yang dihasilkan berkisar 0,9–1,8%, kadar abu tertinggi adalah 1,8% pada varietas Lamuru dengan perlakuan penambahan akuades 15%, sedangkan kadar abu terendah adalah 0,9% pada varietas Bisma dengan penambahan akuades 15%. Uji selanjutnya menunjukkan bahwa varietas jagung dan penambahan akuades tidak menunjukkan perbedaan nyata.

Tabel 4. Karakteristik ekstrudat jagung dari beberapa varietas
 Table 4. Characteristics of extrudates resulted from varieties of corn

Komponen Component	Varietas Varieties			
	BIMA	PIONER	BISMA	LAMURU
Fisik/Physical:				
Kerenyahan (nilai) / <i>crispy (value)</i>	4299,3	3378,9	3364,6	3466,9
Pengembangan / <i>expansion (%)</i>	3,9	3,5	3,7	5,6
Warna "L" (nilai) / <i>color L (value)</i>	59,6	61,3	60,7	59,9
Warna (a) (nilai) / <i>color (a) (value)</i>	-8,8	-8,0	-8,1	-7,8
Warna (b) (nilai) / <i>color (b) (value)</i>	49,3	49,8	50,1	50,3
Daya serap air / <i>water absorption capacity (g/g)</i>	2,02	1,94	1,96	2,40
Daya serap minyak / <i>oil absorption capacity (ml/g)</i>	1,22	1,17	1,17	1,12
Kimiawi/Chemical: (%)				
Pati / <i>Starch</i>	70,39	69,26	68,86	70,21
Serat makanan: L / <i>soluble</i> (Dietary fibre) TL / <i>insoluble</i>	3,78	3,37	3,01	3,61
Kadar air / <i>water content</i>	9,99	8,80	8,38	9,34
Kadar abu / <i>ash content</i>	8,33	8,23	8,34	7,87
Kadar protein / <i>protein content</i>	1,02	1,26	1,23	1,48
Kadar lemak / <i>fat content</i>	11,37	11,84	12,91	11,51
Kadar karbohidrat / <i>carbohydrate</i>	1,75	2,05	2,54	2,21
	76,66	76,60	74,87	77,19
Amilografi / Amylograph:				
Waktu awal gelatinisasi (menit) / <i>gelatinization initial time (minute)</i>	-	-	-	-
Suhu gelatinisasi / <i>gelatinization temperature (°C)</i>	-	-	-	-
Waktu gealtinisasi pd 93°C (menit) / <i>gelatinization time at 93°C (minute)</i>	-	-	-	-
Viskositas 93°C / <i>viscosity at 93°C (BU)</i>	-	-	-	-
Viskositas puncak / <i>peak viscosity (BU)</i>	-	-	-	-
Viskositas 93°C 20 menit / <i>viscosity at 20 minute (BU)</i>	-	-	-	-
Viskositas 50°C / <i>viscosity 50°C (BU)</i>	20,8	20,0	20,0	15,0
Viskositas 50°C 20 menit / <i>viscosity 50°C at 20 minute (BU)</i>	55,0	50,0	55,0	50,0
	67,5	65,0	65,0	55,0

Keterangan/remarks:

Data rata-rata dari semua perlakuan dengan tiga ulangan / mean of all treatments of three replication .

- adalah tidak terdeteksi / *undetectable*

L adalah serat larut / *soluble fibre*.

TL adalah serat tidak larut / *insoluble fibre*.

Warna "L" adalah warna kecerahan / *brightness*

Warna (a) adalah campuran merah hijau / *red green mix*

Warna (b) adalah campuran biru kuning / *blue yellow mix*.

Kadar protein

Tabel 3 menunjukkan bahwa interaksi perlakuan berbagai varietas jagung dan penambahan akuades berpengaruh terhadap kadar protein ekstrudat yang dihasilkan. Kisaran kadar protein ekstrudat yang dihasilkan dari semua perlakuan berkisar dari 9,8–13,2%. Kadar protein tertinggi dan terendah, masing-masing pada varietas Bima dengan perlakuan penambahan akuades 5% dan varietas Lamuru dengan penambahan akuades 15%. Pada perlakuan varietas Bima dengan penambahan akuades 5% tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan varietas Bisma dan Lamuru pada penambahan akuades 5%, sedangkan perlakuan tersebut berbeda nyata dengan penambahan akuades 0%, 10% dan 15%. Penambahan akuades pada berbagai varietas bahan baku jagung mempengaruhi kadar protein ekstrudat yang dihasilkan; hal ini kemungkinan disebabkan terjadinya denaturasi protein pada proses ekstrusi dan terjadinya proses penguapan air. Proses

pengeringan pada proses ekstrusi bahan pangan jagung yang mengandung protein mengakibatkan denaturasi protein (Sukmana, 1994; Bhattacharya, 1997; Santosa, *et al.*, 2005).

Kadar lemak

Tabel 3 menunjukkan bahwa interaksi berbagai varietas jagung dengan beberapa perlakuan penambahan akuades pada bahan baku memberikan pengaruh terhadap kadar lemak. Kadar lemak ekstrudat yang dihasilkan dari semua perlakuan tersebut berkisar dari 1,1 – 3,1%. Kadar lemak tertinggi adalah 3,1% pada varietas Bima dengan perlakuan penambahan akuades 0% (kontrol) dan terendah adalah 1,1% pada perlakuan varietas Bisma dengan penambahan akuades 10%. Kadar lemak bahan baku jagung akan mempengaruhi sifat kimiawi produk ekstrudat, karena lemak dapat membentuk senyawa kompleks dengan senyawa lain, misalnya pati (Harper, 1981).

Pada proses ekstrusi, amilosa dapat menghambat pemecahan molekul lemak, sehingga menghambat juga pengembangan granula pati, maka dalam proses ekstrusi akan mengalami kesulitan terjadinya gelatinisasi dan pengembangan produk akhir (Cai dan Diosady, 1993). Selama proses akan terbentuk molekul yang lebih kecil yang disebabkan oleh suhu dan tekanan. Pecahnya ukuran menjadi lebih kecil merupakan suatu karakteristik yang penting di dalam produk-produk instan, antara lain ekstrudat (Linko *et al.*, 1981). Kadar protein dapat menurunkan atau meningkatkan kemampuan protein mengikat lemak, sehingga hal tersebut berpengaruh pada proses pengembangan produk akhir (Kinsella, 1979; Harper, 1981).

3. Karakteristik Amilografi Ekstrudat

Gambar 4 menunjukkan bahwa pola amilografi pada bahan baku jagung (Gambar 4 A) berbeda dengan pola amilografi ekstrudat (Gambar 4 B). Pola amilografi dari ekstrudat yang dihasilkan dari semua perlakuan adalah relatif sama. Gambar 4 A adalah pola amilografi dari varietas Bima, Pioneer, Bisma dan Lamuru. Gambar 4 B pola amilografi ekstrudat yang dihasilkan pada varietas yang diuji (varietas Bima, Pioneer, Bisma dan Lamuru). Proses ekstrusi menghasilkan ekstrudat yang bersifat "masak" atau instan, dimana dalam pengamatan karakteristik amilografi tidak menunjukkan atau tidak terjadi proses suhu gelatinisasi dan viskositas puncak tidak nampak atau muncul dalam Gambar 4 (B). Namun ekstrudat yang dihasilkan memperlihatkan nilai satuan pada viskositasnya, yaitu viskositas 93°C selama 20 menit, viskositas 50°C dan viskositas 50°C selama 20 menit. Sebaliknya terjadi suhu dan waktu gelatinisasi serta viskositas 93°C pada bahan baku jagungnya, tetapi viskositas tidak terdeteksi (Gambar 4 A), dimana nilai-nilai satuan yang terdeteksi dalam proses tersebut adalah relatif sama. Sedangkan ekstrudat yang dihasilkan cenderung mempunyai nilai viskositas yang relatif sama (Gambar 4 B). Pada dasarnya, viskositas pada 93°C mudah diidentifikasi karena granula pati di dalam tepung telah pecah membentuk ruang udara dan matriks film selama proses pemanasan. Pada bahan baku jagung, viskositas 93°C berkisar dari 60–85 BU (Gambar 4A dan Tabel 1), karena viskositas 93°C dipengaruhi oleh varietas jagung, persentase penambahan aquades dan interaksinya. Sesudah bahan baku jagung diproses secara ekstrusi menghasilkan ekstrudat yang mempunyai viskositas 93°C lebih rendah (Gambar 4 B dan Tabel 4). Viskositas 93°C yang tertinggi terdapat pada varietas jagung Pioneer dan terendah pada Lamuru (Gambar 4A dan 4B). Viskositas 50°C dan viskositas balik tidak dapat diidentifikasi karena granula telah pecah tergelatinisasi membentuk ruang udara dan matriks film selama proses ekstrusi (Gambar 4 A).

Viskositas ekstrudat yang dihasilkan berkaitan dengan kadar amilosa. Proses ekstrusi menurunkan viskositas 93°C (60–85%). Ekstrudat yang dihasilkan lebih higroskopis dari bahan bakunya. Peningkatan viskositas disebabkan oleh aquades yang dulunya berada diluar granula dan bebas bergerak sebelum suspensi dipanaskan, kini sudah berada dalam butiran pati dan tidak dapat bergerak bebas lagi. Beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas, antara lain kadar aquades bahan baku, lemak, protein dan kadar pati, terutama amilosa dan amilopektin. Pada ekstrudat yang dihasilkan sudah tidak terjadi gelatinisasi, karena sudah diawali oleh proses ekstrusi. Pada pola amilografi tidak dapat terdeteksi suhu dan waktu gelatinisasi (Gambar 4 B).

Pada proses ekstrusi terlihat bahwa jagung yang mempunyai kadar pati rendah, terutama amilosa rendah cenderung mempunyai suhu gelatinisasi yang lebih rendah. Sebaliknya jagung yang berkadar amilosa sedang atau tinggi cenderung mempunyai suhu gelatinisasi yang lebih tinggi (Bhattacharya *et al.*, 1982; Chinnaswamy dan Hanna, 1987). Proses ekstrusi akan mempengaruhi sifat fisik, kimiawi, sensori dan amilografinya. Salah satu sifat amilografi adalah nilai gelatinisasi yang disebabkan oleh suhu, tekanan dan gesekan (Padmanathan dan Bhattacharya, 1993). Hubungan viskositas dengan proses gelatinisasi sangat erat sekali, bila proses gelatinisasi berlangsung lebih baik, maka penyerapan air oleh pati akan lebih besar, sehingga air yang bebas diluar pati masuk ke dalam pati, maka viskositas meningkat (Miller 1985; Chinnaswamy dan Hanna, 1987).

4. Karakteristik Fisik Dan Kimiawi Ekstrudat Yang Dihasilkan

Salah satu karakteristik ekstrudat yang dihasilkan diindikasikan dengan kerenyahan yaitu merupakan salah satu "gaya" yang diperlukan untuk menekan dan memecah ekstrudat yang dihasilkan. Kerenyahan ini merupakan "gaya" yang maksimal dari hasil pengukuran "kompres" dengan menggunakan alat "Universal Testing Machine Instron". Karakteristik lainnya dari ekstrudat yang dihasilkan diindikasikan dengan pengembangan yang merupakan nisbah diameter sampel produk ekstrudat per satuan panjang terhadap diameter lubang "die". Selama proses ekstrusi terjadi pengembangan produk ekstrudat dan pengembangan yang baik adalah pada varietas Bisma dan Lamuru (Gambar 2).

Kenampakan dalam warna ekstrudat yang dihasilkan lebih cerah daripada bahan dasarnya dan cenderung berwarna putih kekuning-kuningan. Pada Tabel 1 dan 4 dapat dilihat bahwa nilai daya serap air dan minyak menunjukkan pada ekstrudat yang dihasilkan relatif kecil daripada bahan baku jagung dalam bentuk pipil maupun

tepung. Konsentrasi komponen kimiawi, pada ekstrudat yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan lebih tinggi daripada bahan bakunya, karena pengembangan volume menyebabkan densitas produk menurun dan konsentrasi kadar kimiawi naik. Pola amilografi dari ekstrudat berbeda dengan pola dari bahan baku jagungnya (Tabel 1 dan Tabel 4). Hasil-hasil penelitian dari peneliti lain cenderung menghasilkan pola yang sama (Harper, 1981; Foubion *et al.*, 1982). Kadar kimiawi ekstrudat yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan lebih tinggi daripada kadar kimiawi bahan bakunya, karena peningkatan persentase kadar kimiawi (Harper, 1981; Foubion *et al.*, 1982; Santosa *et al.*, 2005).

Pada ekstrudat yang dihasilkan, awal gelatinisasi tidak terdeteksi ("tidak *ter-record*") dalam Gambar 4A dan 4B) sampai puncak gelatinisasi, hal ini disebabkan gelatinisasi sudah terjadi secara total pada proses ekstrusi dengan suhu tinggi. Proses akhir gelatinisasi ditunjukkan pada viskositas 93°C selama 20 menit dan pada viskositas 50°C meningkat menjadi lebih tinggi, sekitar 50,0 – 55,0 BU (Tabel 4) dibanding dengan bahan baku jagungnya, dimana tidak terdeteksi dalam pengamatan viskositasnya (Tabel 1).

KESIMPULAN

1. Ekstrudat jagung dari varietas, Bima, Pioner, Bisma dan Lamuru mempunyai karakter fisik, fungsional, dan kimiawi yang berbeda, kecuali sifat amilografinya.
2. Keempat varietas jagung tersebut menghasilkan ekstrudat, dengan karakteristik fisik, fungsional, kimiawi dan amilografi yang baik (antara lain kerenyahan, pengembangan dan zat gizi), berturut-turut adalah Bisma, Lamuru, Pioner dan Bima.
3. Perlakuan penambahan akuades 5% menghasilkan ekstrudat yang paling baik pada semua varietas jagung.
4. Perlu adanya pengembangan jagung untuk pengolahan lebih lanjut (ekstrudat) sebagai makanan jajanan yang beragam, sehingga akan meningkatkan kesejahteraan petani jagung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besar disampaikan kepada saudari Damayanti Kusumadewi Program Pasca Sarjana IPB, Kepala Pilot Plant AP4, Kepala Laboratorium PSPG dan Kepala Laboratorium Teknologi Pangan dan Gizi IPB, dan kepada semua pihak, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono, A., D. Fardiaz., N.L. Puspitasari, S. Yani dan S. Budiyo. 1988. Analisis Pangan. Bogor. PAU-IPB.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). 1995. Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry. Washington, DC:AOAC, Int.
- Bhattacharya, K.R., C.M. Soubhagya and Y.M. Induchara swany. 1982. Quality profile of rice. A tentative scheme for classification. J. of Food Sci. 47:584.
- Bhattacharya, S., H. Das and A.N. Bose. 1992. Rheological behavior during extrusion of blends of minced fish and wheat flour. J. of Food Eng. 15:123-137.
- Bhattacharya, M. 1997. Twin-screw extrusion of rice-green gram blend: Extrusion and extrudate characteristics. J. of Food Eng. 32:83-99.
- British Nutrition Foundation (BNF). 1990. Complex carbohydrates in foods. The Report of the British Nutrition Foundation's Task Force, Chapman and Hall, London.
- Cai, W. and L.L. Diosady. 1993. Model for gelatinization of wheat starch in atwin-screw extruder. J. of Food Sci. 58(4):872-875.
- Chen, J., F.L. Serafin, R.N. Pandaya and H. Daun. 1991. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. J. of Food Sci. 56(1):84-89.
- Chinnaswamy, R and M.A. Hanna. 1987. Nozzle dimension effects on expansion of extrusion cooked corn starch. J. of Food Sci. 53(6):1746-1747.
- Foubion, J.M., R.C. Hoseney and P.A. Seib. 1982. Functions quality of grain components in extrusion. Cereal Food World. 27:212-216.
- Foubion, J.K. and R.C. Hoseney. 1982. High temperature short time extrusion cooking of wheat and flour II. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. Cereal Chem. 59(6):329-333.
- Grenus, K.M., F. Hsieh and H.E. Huff. 1993. Extrusion and extrudate properties of rice flour. J. of Food Eng. 18:229-245.
- Guha, M., S.Z. Ali and S. Bhattacharya. 1997. Twin-screw extrusion of rice flour without a die: Effect of barrel temperature and screw speed on extrusion and extrudate characteristics. J. of Food Eng. 32:251-267.
- Harper, J.M. 1981. Extrusion of foods. vol I and II. CRC. PRESS Inc. Florida.
- Kinsella, J.E. 1979. Relationship between structure and functional properties of food protein. *Di dalam* Food protein P.F. Fox and J.J. Condon (ed). 1982. Applied Science Publisher, London and New York.
- Linko, P., P. Colonna and C. Mercier. 1981. High temperatures short extrusion cooking. *Di dalam* Y. Pomeranz (Ed). Advance in cereal science and technology, vol.IV. The Americans Association of Cereal Chem. Inc. St. Paul, Minnesota.
- Lue, S., F. Hsieh and H.E. Huff. 1994. Modeling of twin-screw extrusion of corn meal and sugar beet fiber mixtures. J. of Food Eng. 21:263-289.
- Marsono, Y. 1995. Fermentation of dietary fibre in the human large intestine. A review Indonesian Food and Nur. Progress.2:48-53.
- Miller, R.C. 1985. Low moisture extrusion: Effect of cooking moisture on product characteristics. J. of Food Sci. 50:249-253.

- Muchtadi, T.R., Purwiyatno dan A. Basuki. 1988. Teknologi pemasakan ekstrusi. PAU Pangan dan Gizi IPB-BOGOR.
- Padmanathan, M and M. Bhattacharya. 1993. Effect of extrusion processing history on rheology of corn. J. of Food Eng. 18:335-349.
- Rahardjo, B., D.S. Damardjati dan S. Widowati. 2000. Karakterisasi fisikawi ekstrudat berbasis pasta tepung ketela. Lembaga Penelitian UGM; bekerjasama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 47 hal.
- Santosa, B.A.S., Sudaryono dan S. Widowati. 2005. Evaluasi teknologi tepung instan dari jagung brondong dan mutunya. J. Penelitian Pascapanen Pertanian 2(2):66-75.
- Santosa, B.A.S. dan A. Resmisari. 2005. Review: Tepung Komposit Jagung, Pembuatan dan Pengolahannya. Pros. Sem. Nasional: Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian. Buku II. Alsin, Sosial Dan Kebijakan. J. Munarso, S.Prabawati, Abubakar, Setyadjit, Risfaheri, F.Kusnandar dan F.Suaib (Penyunting). Bogor, 7 - 8 September:462-473.
- Sopian A., Ridwan Thahir dan Tien R. Muctadi. 2005. Pengaruh Pengeringan Far Infrared Dryer, Oven Vakum dan Freeze Dryer terhadap Warna, Kadar Total Karoten, Beta Karoten dan Vitamin C Pada Daun Bayam (*Amaranthus tericolor L.*). J. Teknol. Dan Industri Pangan Vol.XVI (2):133-141.
- Suarni. 2005. Teknologi Pembuatan Kue Kering (*Cokies*) Berserat Tinggi Dengan Penambahan Bekatul Jagung. Pros. Sem. Nasional: Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian. Buku II. Alsin, Sosial Dan Kebijakan. J. Munarso, S.Prabawati, Abubakar, Setyadjit, Risfaheri, F.Kusnandar dan F.Suaib (Penyunting). Bogor, 7 - 8 September:521-526.
- Suarni, Ubbe, A.Upe dan T. Harlim. 2005. Modifikasi Tepung Jagung Dengan Enzim (*α -Amilase*) Dari Kecambah Kacang Hijau. Pros. Sem. Nasional: Teknologi Inovatif Pascapanen Untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian. Buku II. Alsin, Sosial Dan Kebijakan. J. Munarso, S.Prabawati, Abubakar, Setyadjit, Risfaheri, F.Kusnandar dan F.Suaib (Penyunting). Bogor, 7 - 8 September:246-252.
- Sukmana, R.W. 1994. Mempelajari pengaruh jenis pemasakan serta perbandingan tepung kasava dan tepung kacang hijau terhadap sifat fisik kimia dan mutu gizi tepung kasava campuran. Thesis S1 Jurusan Teknologi Pengolahan hasil. IPB-Bogor.