

KAJIAN PENGARUH PENGUKUSAN BERTEKANAN (STEAM PRESSURE TREATMENT) TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA TEPUNG JAGUNG

[Study of The Effects of Steam Pressure Treatment on The Physicochemical Properties of Corn Flour]

Siti Khomsatin^{1)*}, Sugiyono²⁾, dan Bambang Haryanto³⁾

¹⁾ Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

³⁾ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta

Diterima 23 Februari 2011 / Disetujui 18 Mei 2012

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the effects of steam pressure treatments on the physicochemical properties of corn flour and to apply the corn flour for cookies production. The research was conducted in three stages. The first stage was the production of corn flour through wet milling process. The second stage was the analysis of physicochemical properties of corn flours receiving steam pressure treatment for 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes. The third stage was the production of cookies using the pre-treated corn flour. Thermal properties evaluation of the corn flour showed that gelatinization temperatures (T_o , T_p , T_c) and gelatinization degrees (DG) increased but gelatinization enthalpy (ΔH) and temperature range (R) decreased as the time for steam pressure treatment increased. The rheological properties showed that maximum viscosity (PV), hot paste viscosity (HPV), breakdown viscosity (BV), cold paste viscosity (CPV) and setback viscosity (SV) of pre-treated corn flour decreased as the steam pressure treatment time increased. The steam pressure treatment changed the gelatinization profile from B to C type. Correlation analyses showed that the PV had positive correlation with swelling volume. The PV, HPV, BV, CPV and SV had negative correlation with the DG. The swelling volume and water solubility of the pre-treated corn flour were significantly affected by the steam pressure time. The swelling volume decreased but the water solubility increased. The steam pressure treatment did not give significant effects to water absorption capacity (WAC), amylose, amylopectin and moisture content of corn flour. The DG had positive correlation with the water solubility and the WAC but it had negative correlation with the swelling volume. The water solubility had negative correlation with the ΔH . Application of the pre-treated corn flour for cookies production reduced sandiness of cookies.

Key words: cookies, corn flour, physicochemical properties, sandiness, steam pressure treatment

PENDAHULUAN

Berbagai penelitian modifikasi tepung dan pati telah banyak dilakukan. Modifikasi pada tepung dan pati diantaranya tepung beras (Lai, 2001), pati jagung menggunakan *drum dryer* (Vallous *et al.*, 2002), ekstrusi pati jagung (Brummer *et al.*, 2002), pengukusan pati jagung dalam retort (Pukkahuta *et al.*, 2008), pati jagung dimasak dalam air yang banyak (*excess water*) (Loisel *et al.*, 2006), *annealing* pati oat (Tester *et al.*, 2000) dan *heat-moisture treatment* pada umbi, pati gandum dan pati jagung (Gunaratne dan Hoover, 2002; Maache-Rezzoug *et al.*, 2009).

Modifikasi tepung dan pati bertujuan untuk menghasilkan karakteristik fisikokimia tepung dan pati yang spesifik yang sesuai dengan karakteristik produk yang diinginkan. Salah satu cara modifikasi tepung jagung yang dapat dilakukan adalah prigelatinisasi. Beberapa manfaat tepung jagung prigelatinisasi diantaranya dapat digunakan sebagai pengental (*thickener*) dan *gelling agent*, substitusi tepung jagung prigelatinisasi pada mi jagung dapat memperbaiki kekenyalan, kelengketan dan kekerasan mi jagung (Kusnandar *et al.*, 2008). Tepung jagung dapat diolah menjadi produk *bakery* seperti biskuit. Pemanfaatan tepung jagung menjadi biskuit memiliki kendala dari segi

organoleptik khususnya tekstur. Produk tersebut seperti berpasir pada akhir rasa di mulut (*sandiness*). Karakteristik berpasir yang muncul pada biskuit jagung diasumsikan karena tidak terjadi gelatinisasi tepung jagung yang sempurna. Penambahan air pada adonan dan peningkatan komposisi bahan seperti kuning telur dapat mengurangi karakteristik berpasir tetapi penambahan air sampai 50 g dalam formulasi tepung jagung 80 g dan tepung terigu 20 g menyebabkan adonan sulit dicetak (Lopulalan *et al.*, 2009). Karakteristik berpasir juga ditemukan pada *cookies* hotong. Cara yang dilakukan untuk mengurangi karakteristik berpasir *cookies* hotong adalah dengan prigelatinisasi tepung hotong menggunakan retort (Pratiwi, 2008).

Dalam rangka meningkatkan pemanfaatan tepung jagung untuk produk pangan yang lebih luas maka diperlukan kajian sifat fisikokimia tepung jagung, khususnya tepung jagung prigelatinisasi. Aplikasi tepung jagung prigelatinisasi pada *cookies* diharapkan mampu memperbaiki karakteristik berpasir *cookies*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lama pengukusan bertekanan terhadap sifat fisikokimia tepung jagung dan mengetahui pengaruh penggunaan tepung jagung prigelatinisasi terhadap karakteristik berpasir *cookies*.

*Korespondensi Penulis :
E-mail : chomsatin_city@yahoo.com

METODOLOGI

Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah jagung NK 33 yang diperoleh dari kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Bahan lain yang digunakan adalah bahan untuk pembuatan cookies dan bahan kimia untuk analisis. Bahan pembuatan cookies yaitu tepung jagung, gula halus, margarin, susu skim, kuning telur, baking soda dan vanili. Bahan kimia untuk analisis amilosa murni, NaOH 1N, asam asetat 1N, larutan iod, HCl 0,02N, K₂SO₄, HgO, H₂SO₄ pekat, H₃BO₃, methylene red, methylene blue, dan NaOH-Na₂S₂O₃.

Alat yang digunakan yaitu seperangkat alat pembuatan tepung jagung dan tepung jagung prigelatinisasi diantaranya *hammer mill, disc mill, cabinet dryer* (H.ORTH.GmbH D-6700, tipe ITHU, West Germany), pengayak 100 mesh, dan retort (Korimat tipe KA 120/1,6 Christian Wagner, Germany).

Alat-alat analisis meliputi *Differential Scanning Calorimetry* (DSC-60, Shimadzu, Japan), Brabender Amilograph (Brabender® OHG Duisburg 1 Amylograph, Kulturstraße 51-55.D-4100, Germany), spektrofotometer (UV-Visible Recording Spectrophotometer, UV-160, Shimadzu, Japan), alat sentrifugasi (Hettich Zentrifugen D-7200 Tuttlingen, Hettich Universal), tabung setrifugasi, pipet mikro, tanur, oven, desikator, *waterbath*, cawan porselin, timbangan, dan alat gelas. Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan cookies dan uji organoleptik diantaranya oven, loyang, *mixer*, timbangan, alat cetak cookies, mangkok, piring, sendok, nampan saji, plastik, dan lainnya.

Penelitian dilakukan melalui tiga tahap yaitu tahap pertama proses pembuatan tepung jagung, tahap kedua kajian pengaruh pengukusan bertekanan terhadap sifat fisikokimia tepung jagung, dan tahap ketiga aplikasi tepung jagung dalam pembuatan cookies.

Pembuatan tepung jagung

Proses pembuatan tepung jagung mengacu pada Suarni (2009) dengan modifikasi yaitu biji jagung pipilan kering disortasi, biji jagung digiling menggunakan *hammer mill* sehingga diperoleh grits jagung, kemudian dilakukan pemisahan lembaga, perikarp dan pangkal biji dengan pencucian. Grits jagung direndam selama 4 jam lalu dicuci, ditiriskan, kemudian ditepungkan dengan mesin penepung (*disc mill*). Tepung kemudian dikeringkan dengan *cabinet dryer* sampai kadar air kurang dari 10%, lalu diayak dengan ayakan 100 mesh sehingga diperoleh tepung jagung yang mempunyai ukuran partikel seragam, lolos ayakan 100 mesh.

Analisis yang dilakukan pada tepung jagung adalah sifat termal dengan menggunakan DSC (Yu dan Christie, 2001; Wang *et al.*, 2008), sifat amilografi dengan menggunakan Brabender Amilograph, *swelling volume* dan kelarutan (Collado dan Corke, 1999), kapasitas penyerapan air (Sathe dan Salunke, 1981), pati (SNI 01-2891-1992), amilosa dan amilopektin dengan metode IRRI (AOAC, 1995), rendemen, proksimat dan kadar air dengan metode oven (AOAC, 1995).

Pengaruh pengukusan bertekanan terhadap sifat fisikokimia tepung jagung prigelatinisasi

Tujuan dari proses ini adalah mendapatkan tepung jagung prigelatinisasi dengan beberapa tingkat gelatinisasi. Perlakuan yang dilakukan pada tahap ini adalah tepung jagung dikukus dengan retort suhu 121°C (tekanan 1,3 bar) selama 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Penghitungan lama pengukusan bertekanan dimulai ketika tekanan telah mencapai 1,3 bar kemudian tekanan dipertahankan sesuai lama perlakuan pengukusan bertekanan. Analisis yang dilakukan pada tepung jagung prigelatinisasi adalah analisis termal, sifat amilografi, *swelling volume*, kelarutan, kapasitas penyerapan air, amilosa, amilopektin dan kadar air.

Evaluasi tepung jagung prigelatinisasi untuk bahan pembuatan cookies

Pada penelitian ini digunakan tepung jagung 100%. Tepung jagung yang digunakan adalah tepung jagung yang telah mendapat perlakuan pengukusan bertekanan selama 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit dan tepung jagung kontrol. Formulasi cookies dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bahan-bahan pembuatan cookies per 100 g tepung

Bahan	Jumlah (g)
Tepung jagung	100
Margarin	60
Gula halus	40
Kuning telur	20
Susu skim	15
Baking soda	0,2
Vanili	0,2

Tahapan proses pembuatan cookies adalah gula halus, margarin, vanili dicampur dengan *mixer* dengan kecepatan tinggi (10 menit) sehingga diperoleh krim. Krim ditambahkan kuning telur kemudian dicampur dengan kecepatan tinggi (1 menit). Tepung jagung, susu skim, baking soda ditambahkan dalam campuran krim dan kuning telur kemudian dicampur dengan kecepatan rendah (5 menit) sehingga dihasilkan adonan cookies. Adonan cookies dicetak kemudian dipanggang dalam oven pada suhu 125°C selama 25 menit sehingga diperoleh cookies jagung matang. Analisis yang dilakukan adalah uji organoleptik karakteristik berpasir cookies. Cookies yang dihasilkan diujikan kepada panel semi terlatih (50 orang). Uji organoleptik yang digunakan adalah uji skoring dengan 5 skor (5 sangat tidak berpasir, 4 tidak berpasir, 3 agak berpasir, 2 berpasir, 1 sangat berpasir).

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada tahap kedua adalah RAL satu faktor dengan dua kali ulangan duplo. Data dianalisis dengan analisis ragam, apabila berbeda nyata (P<0,05) dilanjutkan dengan uji Duncan menggunakan program SPSS versi 15. Data yang dihasilkan dari tahap ketiga dianalisis dengan statistik nonparametrik menggunakan uji Kruskal-Wallis H, apabila berbeda nyata (P<0,05) dilanjutkan dengan uji lanjut *multiple comparisons* dengan uji LSD (*Least Square Differences*) menggunakan program SPSS versi 15. Analisis

korelasi (r) antara dua parameter dilakukan dengan program Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tepung jagung NK 33

Jagung NK 33 merupakan jagung hibrida yang mempunyai bentuk biji semi mutiara. Jagung semi mutiara lebih mudah dibuat tepung daripada jagung bentuk mutiara karena mengandung endosperma lunak yang lebih banyak. Pembuatan tepung jagung NK 33 pada penelitian ini menghasilkan rendemen 31,20% dari jagung pipilan kering. Rendemen yang dihasilkan kecil karena penyaringan digunakan ayakan 100 mesh tetapi apabila digunakan ayakan dengan mesh yang lebih kecil (60 mesh dan 80 mesh) akan dihasilkan rendemen yang lebih tinggi. Penggunaan ayakan 100 mesh disesuaikan dengan pemanfaatan tepung jagung terhadap produk. Proses pembuatan tepung jagung dengan metode basah jika dibandingkan dengan metode kering menghasilkan rendemen yang lebih tinggi (Suarni, 2008). Merdiyanti (2008) melaporkan rendemen tepung jagung yang dihasilkan dengan metode kering dengan ayakan 100 mesh 24,80% sedangkan jika digunakan ayakan 60 mesh rendemen tepung jagung 64% (Kalsum dan Nirmagustina, 2009). Sifat kimia tepung jagung NK 33 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat kimia tepung jagung NK 33

Sifat Kimia	Jumlah
Air (% bb)	8,62
Abu (% bk)	0,48
Lemak (% bk)	2,56
Protein (% bk)	9,50
Karbohidrat (% bk)	87,46
Pati (% bk)	75,31

Kadar air dan kadar abu tepung jagung sesuai dengan standar mutu tepung jagung berdasarkan Standar Nasional Indonesia. Kadar karbohidrat tepung jagung NK 33 tidak jauh berbeda jika dibandingkan jagung hibrida lain seperti Srikandi Kuning 88,59% bk, Arjuna 88,46% bk dan Bisma 88,23% bk (Zulkhair, 2009). Berdasarkan kandungan amilosa dan amilopektin, jagung NK 33 termasuk dalam golongan jagung normal.

Sifat termal tepung jagung prigelatinisasi

Hasil analisis termal tepung jagung prigelatinisasi disajikan pada Tabel 3. Suhu awal gelatinisasi (T_o), suhu puncak gelatinisasi (T_p) dan suhu akhir gelatinisasi (T_c) tepung jagung prigelatinisasi lebih tinggi jika dibandingkan tepung jagung kontrol (T_o 69,51°C, T_p 75,08°C, T_c 80,09°C). Peningkatan T_o , T_p dan T_c tepung jagung prigelatinisasi seiring dengan peningkatan lama waktu pengukusan bertekanan. Maache-Rezzoug *et al.* (2009) menyatakan peningkatan suhu gelatinisasi pada pati jagung setelah pengukusan bertekanan karena granula pati lebih resisten terhadap panas disebabkan peningkatan stabilitas interaksi molekul di dalam granula pati. Suhu awal gelatinisasi (T_o), T_p dan T_c berkorelasi positif dengan

kadar air. Suhu awal gelatinisasi (T_o) dan T_p memiliki korelasi yang tinggi dengan kadar air ($r_{T_o} = 0,77$ dan $r_{T_p} = 0,72$). Suhu akhir gelatinisasi (T_c) dan kadar air memiliki korelasi yang cukup berarti ($r_{T_c} = 0,65$). Zavareze dan Dias (2010) juga melaporkan peningkatan T_o , T_p dan T_c dipengaruhi oleh kadar air pati pada proses hidrotermal.

Entalpi gelatinisasi (ΔH) adalah energi panas yang dibutuhkan melepas ikatan *double* heliks amilosa dan merusak bagian kristalin selama proses gelatinisasi. ΔH tepung jagung prigelatinisasi (4,45-4,24 J/g) lebih rendah jika dibandingkan tepung jagung kontrol (5,18 J/g). Entalpi gelatinisasi (ΔH) semakin menurun dengan semakin lama proses pengukusan bertekanan yang diterapkan. Studi lain yang mendukung adalah ΔH nol ketika proses pengukusan bertekanan dilakukan pada tekanan 5 bar (Zarguili *et al.*, 2006). Miyoshi (2002) menyatakan penurunan ΔH mengindikasikan kristalin amilopektin didegradasi selama proses pemanasan. Degradasi molekul amilopektin pada rantai linier bagian luar menghasilkan molekul-molekul yang lebih kecil seperti molekul amilosa dan kompleks amilosa-lipid. Hal ini menyebabkan terbentuknya kristalin amilopektin baru yang lebih lemah sehingga lebih mudah didegradasi.

Tabel 3. Karakteristik gelatinisasi tepung jagung dengan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

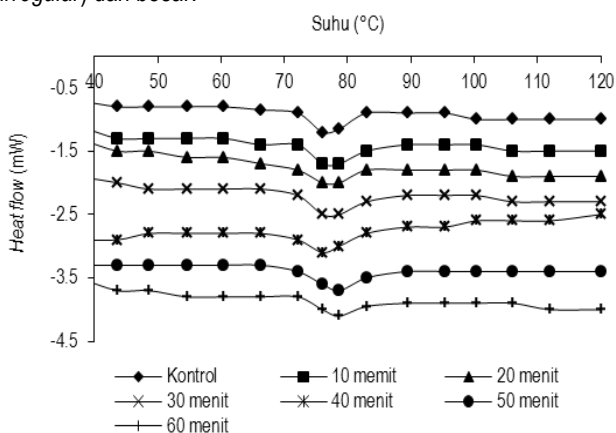
Lama pengukusan (menit)	T_o (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)	TG (%)	R
Kontrol	69,51	75,08	80,09	5,18	-	11,14
10	72,61	77,68	82,99	4,45	14,09	10,14
20	72,16	77,03	81,97	4,36	15,83	9,74
30	73,40	78,42	84,11	4,34	16,22	10,04
40	73,29	78,25	83,43	4,32	16,60	9,92
50	74,13	78,85	84,57	4,28	17,37	9,44
60	74,78	79,67	90,84	4,24	18,15	9,78

Tingkat gelatinisasi (TG) adalah rasio antara pati yang tergelatinisasi terhadap total pati. TG tergantung pada kondisi perlakuan pengukusan bertekanan yang diterapkan. TG tepung jagung prigelatinisasi semakin meningkat seiring dengan peningkatan lama pengukusan bertekanan. Hasil penelitian Loisel *et al.* (2006) menunjukkan pada tekanan 1,3 bar selama 2,5 menit TG pati jagung 3,5%, jika waktu proses ditingkatkan menjadi 5 menit TG pati jagung meningkat menjadi 5,1%. Beberapa studi lain yang mendukung adalah pengukusan tepung beras (Lai, 2000), pengukusan bertekanan pada pati jagung (Zarguili *et al.*, 2006), dan *heat-moisture treatment* (HMT) pati kentang (Varatharajan *et al.*, 2010).

Range suhu gelatinisasi (R) mencerminkan kualitas dan homogenitas bagian kristalin, dimana mencakup keseragaman ukuran dan stabilitas kristal (Gunaratne dan Hoover, 2002). *Range* suhu gelatinisasi (R) tepung jagung prigelatinisasi (9,44-10,14) lebih rendah jika dibandingkan R tepung jagung kontrol (11,14). Penurunan R tepung jagung prigelatinisasi secara umum seiring dengan peningkatan lama waktu pengukusan bertekanan. Penurunan R mencerminkan bahwa bagian kristal yang terbentuk lebih homogen setelah proses pengukusan bertekanan sehingga memerlukan energi atau entalpi yang lebih rendah untuk mencair. Hal ini karena penyatuan kristal yang

terbentuk setelah proses pengukusan bertekanan memiliki daya kohesi yang rendah (Maache-Rezzoug *et al.*, 2009).

Thermogram hasil analisis DSC disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan thermogram dapat dilihat bahwa puncak yang dihasilkan pada tepung jagung prigelatinisasi adalah puncak tunggal (*single endotherm peak*), ini mengindikasikan kristal yang terbentuk memiliki bentuk dan kestabilan panas yang hampir sama. Hal ini sesuai dengan pernyataan Varatharajan *et al.* (2010) dimana puncak tunggal pada pati kentang normal menunjukkan bentuk dan stabilitas panas yang hampir sama sedangkan puncak ganda pada pati kentang waxy mengindikasikan kristal yang terbentuk setelah HMT lebih heterogen, baik ketebalan kristal maupun stabilitas panasnya. Singh *et al.* (2003) menyatakan suhu gelatinisasi yang lebih rendah, ΔH yang tinggi dan R yang luas mengindikasikan bahwa granula pati memiliki bentuk tidak seragam atau tidak beraturan (*irregular*) dan besar.



Gambar 1. Thermogram hasil analisis DSC tepung jagung dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

Profil gelatinisasi tepung jagung prigelatinisasi

Hasil analisis profil gelatinisasi tepung jagung prigelatinisasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Profil gelatinisasi tepung jagung dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

Lama pengukusan (menit)	SAG (°C)	VP (BU)	VPP (BU)	VB (BU)	VPD (BU)	VS (BU)
Kontrol	73,5	571	494	75	1406	900
10	75,0 ^a	174,0 ^c	233,0 ^d	59,0 ^b	325,0 ^c	92,0 ^{ab}
20	75,0 ^a	174,0 ^c	208,0 ^c	34,0 ^a	314,0 ^c	106,0 ^b
30	76,3 ^{ab}	124,0 ^b	174,0 ^b	50,0 ^b	239,5 ^b	65,5 ^a
40	76,4 ^{ab}	115,0 ^b	165,0 ^b	50,0 ^b	225,0 ^{ab}	60,0 ^a
50	77,5 ^b	95,0 ^a	155,0 ^b	55,0 ^b	220,0 ^{ab}	65,0 ^a
60	77,7 ^b	99,0 ^a	132,0 ^a	33,0 ^a	201,5 ^a	69,5 ^a

Keterangan : Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($\alpha=0,05$).

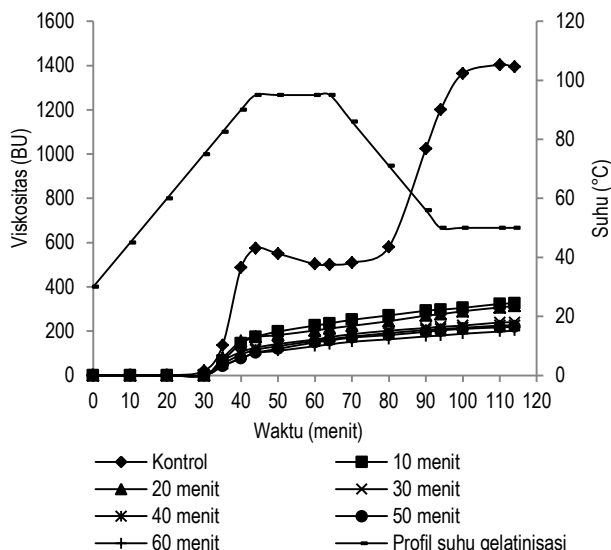
Suhu awal gelatinisasi (SAG) tepung jagung prigelatinisasi semakin meningkat dengan semakin meningkatnya lama pengukusan bertekanan. SAG tepung jagung prigelatinisasi lebih tinggi jika dibandingkan SAG tepung jagung kontrol (73,5°C). Hasil analisis ragam menunjukkan lama pengukusan bertekanan memberikan pengaruh yang nyata terhadap SAG

tepung jagung prigelatinisasi. Adanya peningkatan SAG mengindikasikan tepung jagung prigelatinisasi mengalami pengaturan kembali molekul amilosa dan amilopektin membentuk ikatan baru yang lebih kompleks, lebih kuat dan lebih rapat yang mengarah pada peningkatan stabilitas interaksi molekul di dalam granula pati (Maache-Rezzoug *et al.*, 2009). SAG berkorelasi positif dengan TG dengan koefisien korelasi yang sangat tinggi ($r = 0,91$).

Perlakuan pengukusan bertekanan menurunkan viskositas maksimum tepung jagung prigelatinisasi hingga enam kali lebih rendah jika dibandingkan viskositas puncak tepung jagung kontrol (571,0 BU). Penurunan viskositas maksimum pasta tepung jagung prigelatinisasi seiring dengan peningkatan lama pengukusan bertekanan. Hasil analisis ragam menunjukkan lama pengukusan bertekanan memberikan pengaruh yang nyata terhadap viskositas maksimum tepung jagung prigelatinisasi. Menurut Malumba *et al.* (2010) *pretreatment* suhu tinggi mengakibatkan granula pati lebih resisten terhadap panas akibat peningkatan ikatan inter dan intra molekul amilosa sehingga menurunkan kemampuan mengembang granula dan menyebabkan terjadinya penurunan viskositas maksimum tepung jagung prigelatinisasi. Viskositas maksimum tepung jagung prigelatinisasi berkorelasi positif dengan *swelling volume* dengan koefisien korelasi yang tinggi ($r = 0,77$) tetapi berkorelasi negatif dengan TG dengan koefisien korelasi yang tinggi ($r = -0,87$). Perlakuan pengukusan bertekanan menghasilkan viskositas pasta panas (VPP) tepung jagung prigelatinisasi hingga empat kali lebih rendah jika dibandingkan viskositas pasta panas tepung jagung kontrol (494 BU) dan menghasilkan viskositas *breakdown* (VB) hingga dua kali lebih rendah jika dibandingkan tepung jagung kontrol (75 BU). Hasil analisis ragam menunjukkan lama pengukusan bertekanan berpengaruh nyata terhadap VPP dan VB tepung jagung prigelatinisasi. Rendahnya VPP dan VB tepung jagung prigelatinisasi menunjukkan bahwa tepung jagung prigelatinisasi lebih stabil terhadap pemanasan jika dibandingkan tepung jagung kontrol. Tingkat gelatinisasi (TG) berkorelasi negatif dengan VPP tepung jagung prigelatinisasi dengan koefisien korelasi yang sangat tinggi ($r = -0,97$) dan berkorelasi negatif dengan VB tepung jagung prigelatinisasi dengan koefisien korelasi yang cukup berarti ($r = -0,50$).

Perlakuan pengukusan bertekanan menghasilkan viskositas pasta dingin (VPD) tepung jagung prigelatinisasi hingga tujuh kali lebih rendah dari viskositas pasta dingin tepung jagung kontrol (1406 BU) dan viskositas *setback* (VS) tepung jagung prigelatinisasi hingga lima belas kali lebih rendah dari viskositas *setback* tepung jagung kontrol (900 BU). Viskositas pasta dingin (VPD) dan VS yang semakin menurun seiring dengan peningkatan lama pengukusan bertekanan berhubungan dengan kerusakan granula selama proses pengukusan bertekanan dan adanya kompleks amilosa-lipid yang terbentuk setelah proses pengukusan bertekanan (Pukkahuta *et al.*, 2008). Viskositas pasta dingin (VPD) dan VS yang rendah mengindikasikan tepung tidak mudah mengalami retrogradasi. Tingkat gelatinisasi (TG) berkorelasi negatif dengan VPD dengan koefisien korelasi yang tinggi ($r = -0,90$) dan berkorelasi negatif dengan VS dengan koefisien korelasi yang cukup berarti ($r = -0,60$). Perlakuan pengukusan bertekanan menyebabkan

profil gelatinisasi tepung jagung bergeser dari tipe B menjadi tipe C ditandai dengan tidak adanya viskositas puncak dan viskositas meningkat selama pemanasan. Viscoamilograph dari profil gelatinisasi tepung jagung disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Viscoamilograph tepung jagung dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

Swelling volume, kelarutan dan kapasitas penyerapan air (KPA)

Hasil analisis *swelling volume* dan kelarutan tepung jagung prigelatinisasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. *Swelling volume*, kelarutan dan kapasitas penyerapan air (KPA) tepung jagung dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

Lama pengukusan (menit)	Swelling volume (ml/g bk)	Kelarutan (%)	KPA (g/g bk)
Kontrol	8,77	11,2	1,25
10	5,56 ^d	19,50 ^a	1,75 ^a
20	5,43 ^{cd}	20,52 ^{ab}	1,81 ^a
30	5,32 ^{cd}	20,88 ^{ab}	1,89 ^a
40	4,98 ^{bc}	21,31 ^b	1,92 ^a
50	4,78 ^b	23,70 ^c	1,95 ^a
60	3,90 ^a	23,87 ^c	2,07 ^a

Keterangan : Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($\alpha=0,05$).

Analisis ragam menunjukkan lama pengukusan bertekanan berpengaruh nyata terhadap *swelling volume* tepung jagung prigelatinisasi. Perlakuan pengukusan bertekanan menurunkan *swelling volume* tepung jagung prigelatinisasi (3,90-5,56 ml/g bk) hingga dua kali lebih rendah dari *swelling volume* tepung jagung kontrol (8,77 ml/g bk). Penurunan *swelling volume* tepung jagung prigelatinisasi karena degradasi amilopektin menghasilkan fraksi pati yang mempunyai kemampuan mengembang terbatas (Vermeylen *et al.*, 2006; Varatharajan *et al.*, 2010). *Swelling volume* berkorelasi negatif dengan TG ($r = -0,88$). Peningkatan TG diikuti oleh penurunan *swelling volume*

tepung jagung prigelatinisasi. Peningkatan tingkat gelatinisasi tepung jagung prigelatinisasi mencerminkan granula pati yang tergelatinisasi selama proses pengukusan bertekanan semakin banyak sehingga proses reasosiasi molekul amilosa setelah pengukusan bertekanan juga semakin banyak. Reasosiasi molekul amilosa setelah proses pengukusan bertekanan menyebabkan granula pati semakin kokoh sehingga susah mengembang (Maache-Rezzoug *et al.*, 2009). Hal ini mengakibatkan penurunan *swelling volume* tepung jagung prigelatinisasi.

Perlakuan pengukusan bertekanan meningkatkan kelarutan tepung jagung prigelatinisasi (19,50-23,87%) hingga dua kali lebih tinggi dari kelarutan tepung jagung kontrol (11,20%). Analisis ragam menunjukkan lama pengukusan bertekanan berpengaruh nyata terhadap kelarutan tepung jagung prigelatinisasi. Peningkatan kelarutan tepung jagung seiring dengan peningkatan lama pengukusan bertekanan. Studi lain yang mendukung hasil penelitian ini adalah kelarutan pati jagung dengan *osmotic pressure treatment* (OPT) menggunakan autoklav suhu 120°C (Pukkahuta *et al.*, 2008). Perlakuan OPT pada pati jagung menghambat pati untuk mengembang dan mengijinkan amilosa keluar dari granula pati sehingga persentase kelarutan meningkat. Kelarutan berkorelasi positif dengan TG ($r = 0,93$) tetapi kelarutan berkorelasi negatif dengan ΔH ($r = -0,93$).

Perlakuan pengukusan bertekanan meningkatkan kapasitas penyerapan air (KPA) tepung jagung prigelatinisasi dibandingkan kapasitas penyerapan air tepung jagung kontrol (1,25 g/g bk). Studi lain yang mendukung adalah peningkatan KPA sorgum merah setelah perlakuan HMT (Adebowale *et al.*, 2009). Peningkatan KPA sorgum merah setelah perlakuan HMT menunjukkan kecenderungan sifat hidrofilik pati sorgum merah meningkat seiring dengan peningkatan proses HMT, dimana bagian amorphous menjadi lebih luas dan beberapa ikatan hidrogen diantara bagian amorphous dan kristalin dapat rusak sehingga KPA meningkat. Analisis ragam menunjukkan perlakuan pengukusan bertekanan tidak berpengaruh nyata terhadap KPA tepung jagung prigelatinisasi. KPA berkorelasi positif dengan TG dengan koefisien korelasi yang sangat tinggi ($r = 0,96$).

Kadar air tepung jagung prigelatinisasi

Data kadar air tepung jagung setelah pengukusan bertekanan disajikan pada Tabel 6. Kadar air tepung jagung setelah pengukusan bertekanan (11,42-12,73%) lebih tinggi jika dibandingkan tepung jagung kontrol (8,62%). Ketika tepung kontak dengan uap air panas, tepung menyerap uap air tersebut.

Hasil analisis ragam menunjukkan lama pengukusan bertekanan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air tepung prigelatinisasi. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan air ke dalam granula tepung jagung sedikit karena dipengaruhi oleh tekanan dalam retort dan kondisi retort yang jenuh. Kadar air dalam granula dan luar granula telah mencapai kesetimbangan sehingga meskipun lama pengukusan bertekanan meningkat tetapi kadar air setiap perlakuan tidak berbeda nyata. Kadar air berkorelasi positif dengan TG ($r = 0,99$).

Tabel 6. Kadar air tepung jagung prigelatinisasi setelah pengukusan bertekanan dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

Lama Pengukusan (menit)	Kadar Air (% bb)
Kontrol	8,62
10	11,42 ^a
20	12,09 ^a
30	12,12 ^a
40	12,37 ^a
50	12,50 ^a
60	12,73 ^a

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan ($\alpha=0,05$).

Amilosa dan amilopektin

Hasil analisis kadar amilosa dan amilopektin tepung jagung prigelatinisasi disajikan pada Tabel 7. Perlakuan pengukusan bertekanan meningkatkan amilosa dan menurunkan amilopektin tepung jagung prigelatinisasi hingga 13% dari amilosa dan amilopektin tepung jagung kontrol. Kadar amilosa tepung jagung kontrol 18,74% bk dan amilopektin tepung jagung kontrol 56,57% bk. Penelitian lain yang mendukung adalah pada pati kentang termodifikasi HMT kadar air 23% suhu 130°C mempunyai lebih banyak molekul dengan derajat polimerisasi yang lebih kecil dibandingkan pati tanpa perlakuan HMT (Vermeylen *et al.*, 2006). Miyoshi (2002) menyatakan selama proses HMT terjadi degradasi molekul amilopektin pada rantai linier bagian luar sehingga jumlah molekul besar menurun tetapi jumlah molekul-molekul yang lebih kecil meningkat seperti molekul amilosa atau kompleks amilosa-lipid. Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan lama pengukusan bertekanan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa dan amilopektin tepung jagung prigelatinisasi pada taraf $\alpha=0,05$.

Tabel 7. Kadar amilosa dan amilopektin tepung jagung dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan yang berbeda

Lama Pengukusan (menit)	Amilosa (%bk)	Amilopektin (%bk)	Proporsi Amilosa: Amilopektin
Kontrol	18,74	56,57	24,88 : 75,12
10	20,73 ^a	54,58 ^a	27,53 : 72,47
20	19,35 ^a	55,96 ^a	25,69 : 74,31
30	19,42 ^a	55,89 ^a	25,79 : 74,21
40	19,68 ^a	55,63 ^a	26,13 : 73,87
50	19,89 ^a	55,42 ^a	26,41 : 73,59
60	21,20 ^a	54,11 ^a	28,15 : 71,85

Keterangan : Huruf yang sama dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan ($\alpha=0,05$).

Karakteristik berpasir (sandiness) cookies

Karakteristik berpasir pada cookies jagung merupakan salah satu komponen penting yang mempengaruhi tekstur cookies jagung. Karakteristik berpasir adalah kesan kasar seperti pasir ketika cookies dimakan dan kesan tersebut terasa sampai akhir rasa di mulut. Rata-rata skor cookies jagung disajikan pada Tabel 8. Hasil uji Kruskal-Wallis H menunjukkan lama pengukusan bertekanan tepung jagung berpengaruh nyata terhadap karakteristik berpasir cookies jagung yang dihasilkan.

Berdasarkan uji LSD (*Least Square Differences*), cookies yang berbahan baku tepung jagung prigelatinisasi perlakuan lama pengukusan bertekanan 20, 30, 40, 50 dan 60 menit (agak berpasir) tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan cookies berbahan baku tepung jagung prigelatinisasi perlakuan lama pengukusan bertekanan 10 menit (berpasir).

Pembentukan tekstur cookies ditentukan oleh karakteristik reologi adonan dimana reologi tergantung pada interaksi dan tingkah laku komponen penyusun serta kelarutan gas selama pemanggangan. Lara *et al.* (2010) melaporkan gelatinisasi pati yang terjadi pada biskuit jagung hanya terjadi pada sebagian pati sehingga kerusakan struktur granula pun terjadi hanya pada sebagian pati. Pati yang tergelatinisasi menempel pada matriks amorphous. Tidak adanya gluten pada tepung jagung berpengaruh terhadap kestabilan gelembung gas, sehingga stabilisasi gelembung gas yang seharusnya dilakukan oleh gluten akhirnya diperantarai oleh lemak. Hal ini mengakibatkan struktur cookies yang terbentuk kurang bagus yaitu permukaan kasar dengan lubang kecil yang sangat banyak dan beberapa bagian hancur sehingga tekstur seperti ini kurang disukai oleh konsumen. Struktur bagian dalam biskuit jagung jika dilihat secara mikroskopik tampak bahwa protein dan hidrokoloid menempel pada granula pati, dimana keduanya utuh karena gelatinisasi pati terjadi dengan kadar air yang terbatas, kemudian membran mengeras. Beberapa granula pati yang menempel pada jaringan protein masih berbentuk oval polyhedral sama dengan pati alami (diameter granula pati berkisar 5-30 μ m). Fenomena ini diduga juga terjadi pada cookies jagung.

Tabel 8. Hasil rata-rata skor mutu cookies jagung dengan perlakuan lama pengukusan bertekanan tepung jagung yang berbeda

Lama Pengukusan Bertekanan (menit)	Skor	Skala Mutu
Kontrol	1,74	Berpasir
10	2,08 ^a	Berpasir
20	2,72 ^b	Agak berpasir
30	2,84 ^b	Agak berpasir
40	2,90 ^b	Agak berpasir
50	2,60 ^b	Agak berpasir
60	2,78 ^b	Agak berpasir

Keterangan : Huruf yang berbeda dibelakang angka pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji Duncan ($\alpha=0,05$).

Cookies yang berbahan baku tepung jagung prigelatinisasi memiliki kisaran skor 2,08 hingga 2,90 (berpasir hingga agak berpasir) sedangkan cookies jagung yang berbahan baku tepung jagung kontrol memiliki skor 1,74 dengan skala mutu berpasir Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa penggunaan tepung jagung prigelatinisasi sebagai bahan baku cookies dapat menurunkan karakteristik berpasir cookies.

KESIMPULAN

Perlakuan pengukusan bertekanan menghasilkan tepung jagung prigelatinisasi yang memiliki karakteristik gelatinisasi yang berbeda dibandingkan tepung jagung kontrol yaitu tipe profil gelatinisasi bergeser dari tipe B menjadi tipe C. Suhu gelatinisasi (T_0, T_p, T_c) dan TG meningkat sedangkan ΔH dan R

menurun seiring dengan peningkatan lama pengukusan bertekanan. VP, VPP, VB, VPD dan VS tepung jagung prigelatinisasi lebih rendah jika dibandingkan tepung jagung kontrol. VP berkorelasi positif dengan *swelling volume*. VP, VPP, VB, VPD dan VS berkorelasi negatif dengan TG. Perlakuan pengukusan bertekanan meningkatkan kelarutan dan menurunkan *swelling volume* tepung jagung prigelatinisasi. Perlakuan pengukusan bertekanan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap KPA, kadar amilosa dan amilopektin serta kadar air tepung jagung prigelatinisasi. TG berkorelasi positif dengan KPA dan kelarutan tetapi berkorelasi negatif dengan *swelling volume*. Kelarutan berkorelasi negatif dengan ΔH .

Perlakuan pengukusan bertekanan pada tepung jagung berpengaruh terhadap karakteristik berpasir *cookies* jagung yang dihasilkan. *Cookies* yang berbahan baku tepung jagung prigelatinisasi memiliki kisaran skor 2,08 hingga 2,90 (berpasir hingga agak berpasir) sedangkan *cookies* jagung yang berbahan baku tepung jagung kontrol memiliki skor 1,74 dengan skala mutu berpasir. Penggunaan tepung jagung prigelatinisasi sebagai bahan baku *cookies* dapat menurunkan karakteristik berpasir *cookies*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale KO, Henle T, Schwarzenbolz U, Doert T. 2009. Modification and properties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa Hochst. Ex. A. Rich.*) Harms starch. I: Heat moisture treatment and annealing. *Food Hydrocolloids* 23: 1947-1957.
- AOAC [Association of official Analytical Chemist]. 1995. Official Methods of Analysis. Ed ke-16. Association of official Analytical Chemist. International, Gaithersburg, Maryland.
- Brummer T, Meuser F, Van Lengerich B, Niemann C. 2002. Effect of extrusion cooking on molecular parameters of corn starch. *Starch* 54: 1-8.
- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. 1992. SNI 01-2891-1992. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Collado LS, Corke H. 1999. Heat-moisture treatment effect on sweet potato starch in differing on amylose content. *Food Chem* 65: 339-346.
- Gunaratne A, Hoover R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starch. *Carbohydrate Polym* 49: 425-437.
- Kalsum N, Nirmagustina DE. 2009. Optimasi proses pengolahan mi jagung instan berbahan baku tepung jagung tinggi protein. *J Penelitian Pertanian Terapan* 9: 47-54.
- Kusnandar F, Prangdimurti E, Widowati S, Ahmad L. 2008. Modifikasi sifat fungsional pati jagung (*Zea Mays*) dan aplikasinya untuk perbaikan kualitas mi jagung. *Laporan Hasil Penelitian*. Bogor: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat IPB, Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Lai Hsi-Mei. 2001. Effects of hydrothermal treatment on the physicochemical properties of pregelatinized rice flour. *Food Chem* 72: 455-463.
- Lara E, Cortes P, Briones V, Perez M. 2010. Structural and physical modifications of corn biscuits during baking process. *LWT-Food Sci Technol* 1-34.
- Loisel C, Maache-Rezzoug Z, Esneault C, Doublier JL. 2006. Effect of hydrothermal treatment on the physical and rheological properties of maize starches. *J Food Eng* 73: 45-54.
- Lopulalan CGC, Sugiyono, Haryanto B. 2009. Kajian formulasi biskuit jagung dalam rangka substitusi tepung terigu. *J Teknol Industri Pangan* 20: 32-40.
- Maache-Rezzoug Z, Maugard T, Zarguili I, Bezzine E, El Marzouki MN, Loisel C. 2009. Effect of instantaneous controlled pressure drop (DIC) on physicochemical properties of wheat, waxy and standard maize starches. *J Cereal Sci* 49: 346-353.
- Malumba P, Janas S, Roiseux O, Sinnaeve G, Masimango T, Sindic M, Deroanne C, Béra F. 2010. Comparative study of the effect of drying temperature and heat-moisture treatment on the physicochemical and functional properties of corn starch. *Carbohydrate Polym* 79: 633-641.
- Merdiyanti A. 2008. Paket teknologi pembuatan mi kering dengan memanfaatkan bahan baku tepung jagung [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Miyoshi E. 2001. Effects of heat-moisture treatment and lipids on gelatinization and retrogradation of maize and potato starches. *Cereal Chem* 79: 72-77.
- Pratiwi MA. 2008. Pemanfaatan tepung hotong (*Setaria italica* (L) Beauv.) dan pati sagu dalam pembuatan *cookies* [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Pukkahuta C, Suwannawat B, Shobsngob S, Varavinit S. 2008. Comparative study of pasting and thermal transition characteristics of osmotic pressure and heat-moisture treated corn starch. *Carbohydrate Polym* 72: 527-536.
- Sathe SK, Salunke DK. 1981. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulagris* L.) proteins: emulsion, foaming, viscosity and gealtion properties. *J Food Sci* 46: 71-81. Di dalam: Chatziantoniou S, Triantafillou D, Thomaries AS, editor. *Functional properties of enzymatically hydrolysed soy proteins, using actinidin. International Symposium on "Functional foods in Europe – Internatioanal Developments in Science and Health Claims"*, Malta, 9-11 May 2007.
- Singh N, Singh J, Kaur L, Sodhi NS, Gill BS. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem* 81: 219-231.
- Suami. 2008. Serangan hama gudang terhadap perubahan kandungan nutrisi tepung jagung dan tepung sorgum selama penyimpanan. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI PFI XIX Komisariat daerah Sulawesi Selatan*.
- Suami. 2009. Prospek pemanfaatan tepung jagung untuk kue kering (*cookies*). *J Penelitian Pertanian* 28: 63-71.

- Tester RF, Debon SJJ, Somerville MD. 2000. Annealing of maize starch. *Carbohydrate Polym* 42: 287-299.
- Vallous NA, Gavrielidou MA, Karapantsios TD, Kostoglou M. 2002. Performance of the double drum dryer for producing pregelatinized maize starches. *J Food Eng* 51: 171-183.
- Varatharajan V, Hoover R, Liu Q, Seetharaman K. 2010. The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physicochemical properties of normal and waxy potato starches. *Carbohydrate Polym* 81: 466-475.
- Vermeylen RB, Goderis, Delcour JA. 2006. An X-ray study of hydrothermally treated potato starch. *Carbohydrate Polym* 64: 364-375.
- Wang B, Li D, Wang Li-Jun, Chiu YL, Chen XD, Mao Zhi-Huai. 2008. Effect of high pressure homogenization on the structure and thermal properties of maize starch. *J Food Eng* 87: 436-444.
- Yu L, Christie G. 2001. Measurement of starch thermal transition using differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Polym* 46: 179-184.
- Zarguili I, Maache-Rezzoug Z, Loisel C, Doublier JL. 2006. Influence of DIC hydrothermal process conditions on the gelatinization properties of standard maize starch. *J Food Eng* 77: 454-461.
- Zavareze E da R, Dias ARG. 2010. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starch: a review. *Carbohydrate Polym* 30: 1-12.
- Zulkhair H. 2009. Karakterisasi tepung jagung lokal dan mi basah jagung yang dihasilkan [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.