

OPTIMASI PROSES MI JAGUNG VARIETAS LOKAL DENGAN TEKNOLOGI EKSTRUSI

[Optimization of Local Maize Noodles Processing using Extrusion Technology]

Atiqatul Maula¹⁾, Didah Nur Faridah^{2,3)*}, dan Tjahja Muhandri^{2,3)}

¹⁾ Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor

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

³⁾ Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFASST) Center, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Diterima 25 Agustus 2018 / Disetujui 26 April 2019

ABSTRACT

Maize noodles processing is different from that of conventional noodles made of wheat flour. In producing non wheat (gluten free) noodles, engineering is needed in the manufacturing process to obtain noodles with good quality and similar to the physical quality of wheat noodles. Processing of maize noodles requires particular treatment, such as heating, shearing, and maize noodles processing with sheeting techniques had previously been reported. Maize noodles processing using extrusion technology has also been done, but in previous studies, the maize used was of the hybrid varieties. This study aims to identify the pasting properties of maize flour and optimize the processing of dried maize noodles from local variety obtained from Madura Island named Elos. Extrusion technology was used to produce maize noodles with good physical characteristics. This study used a cooking-forming single screw extruder and formula consisting of 100% maize flour (db), 70% moisture content, and 2% NaCl. The experimental design was a complete randomized factorial design with two process variables, i.e. extruder temperature setting (75, 90, and 105°C) and extruder screw speed setting (100, 130, and 160 rpm). Response surface methodology (RSM) was used for process optimization to obtain the best process conditions based on several physical characteristics as the responses, i.e. cooking loss, elongation, hardness and degree of gelatinization. The optimum process conditions resulted from the Design Expert 7.0 program were extruder temperature of 95°C and screw speed of 100 rpm. The optimum condition produced maize noodles with cooking loss of 10.11%, elongation of 156.73%, hardness of 6252 gf and degree of gelatinization of 92.26%, with a desirability value of 0.954.

Keywords: Elos maize, extrusion, noodles, optimization

ABSTRAK

Pembuatan mi jagung berbeda dengan pembuatan mi dari tepung terigu. Pada pembuatan mi berbasah baku non terigu diperlukan rekayasa pada proses pembuatannya untuk mendapatkan hasil mi yang baik dan mendekati mutu fisik mi terigu. Pembuatan mi jagung membutuhkan proses pemanasan, *shearing* dan air yang cukup untuk memperoleh mi dengan mutu fisik yang baik. Pembuatan mi jagung dengan teknik *sheeting* sebelumnya pernah dilakukan. Pembuatan mi jagung dengan teknologi ekstrusi juga pernah dilakukan tetapi menggunakan jagung varietas hibrida. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *pasting properties* dan melakukan optimasi proses dengan dua faktor yaitu suhu dan kecepatan screw ekstruder pada pembuatan mi dari tepung jagung varietas lokal Madura (Elos) dengan teknologi ekstrusi untuk menghasilkan mi jagung dengan karakteristik fisik yang baik. Ekstruder yang digunakan adalah *cooking-forming single screw extruder* dengan formula 100% tepung jagung, 70% air dan 2% garam. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua variabel proses yaitu: suhu ekstruder (75, 90, dan 105°C) dan kecepatan screw ekstruder (100, 130 dan 160 rpm). Mi jagung dikeringkan menggunakan *tray drier* pada suhu ruang selama 24 jam. Sifat fisik mi yang digunakan sebagai respon antara lain: *cooking loss*, elongasi, kekerasan dan derajat gelatinisasi. Kondisi proses optimum yang diperoleh menggunakan *software Design Expert 7.0* adalah pada suhu 95°C dan kecepatan screw ekstruder 100 rpm. Kondisi optimum menghasilkan mi jagung dengan sifat fisik *cooking loss* 10,11%, elongasi 156,73%, kekerasan 6252 gf dan derajat gelatinisasi 92,26%, serta nilai *desirability* sebesar 0,954.

Kata kunci: ekstrusi, jagung Elos, mi, optimasi

*Penulis Korespondensi:
Email: didah_nf@apps.ac.id

PENDAHULUAN

Pembuatan mi berbahan dasar tepung jagung berbeda dengan mi berbahan dasar tepung terigu karena perbedaan karakteristik kedua tepung tersebut. Pembuatan mi berbahan jagung sebelumnya telah dilakukan menggunakan teknik *sheeting* oleh Kusnandar *et al.* (2009) dengan substitusi tepung jagung modifikasi *heat moisture treatment* (HMT) 40% dan menghasilkan mi jagung dengan mutu fisik yang baik, dan dilakukan oleh Indrianti *et al.* (2014) menggunakan teknik *sheeting-slitting* berbahan baku tepung jagung 60 mesh. Pada pembuatan mi berbahan baku non terigu diperlukan rekayasa pada proses pembuatannya dikarenakan tidak adanya gluten yang dapat membentuk adonan mi menjadi elastis. Penambahan bahan juga dapat dilakukan untuk mendapatkan hasil mi dengan mutu fisik yang mendekati mi terigu. Salah satu teknologi yang dapat digunakan dalam pembuatan mi non gluten adalah teknologi ekstrusi karena telah menggabungkan beberapa proses sekaligus seperti pencampuran, *shearing*, pemanasan dan pembentukan atau pencetakan sehingga lebih efektif. Muhandri *et al.* (2009) menyatakan bahwa pembuatan mi jagung dipengaruhi oleh adanya pemanasan, *shearing* dan kadar air yang cukup untuk mendapatkan mutu fisik mi yang baik.

Pembuatan mi non terigu dengan bahan baku tepung jagung telah dilakukan sebelumnya dengan teknologi ekstrusi menggunakan *cooking-forming single screw extruder* dengan kondisi optimum hasil optimasi menggunakan *response surface methodology* (RSM) pada suhu ekstruder 90°C, kadar air 70% dan kecepatan *screw* 130 rpm. Mi jagung basah varietas hibrida Pioneer 21 (P21) yang dihasilkan memiliki karakteristik yang baik secara fisik (elongasi, *cooking loss*, kekerasan dan kelengketan) (Muhandri *et al.*, 2011). Mi jagung kering dengan teknologi ekstrusi dan formula penambahan *glycerol mono-stearate* (GMS) yang dapat diterima secara organoleptik (Subarna *et al.*, 2012).

Kondisi optimum proses pada penelitian Muhandri *et al.* (2011) tidak secara langsung dapat diterapkan pada tepung jagung varietas lain termasuk varietas lokal karena kondisi proses seperti suhu dan kecepatan *screw* ekstrusi pembuatan mi jagung dipengaruhi oleh *pasting properties* tepung yang digunakan. Informasi mengenai *pasting properties* suatu bahan yang akan digunakan dalam proses pembuatan mi dengan teknologi ekstrusi perlu diketahui. Tam *et al.* (2004) mengelompokkan jenis-jenis pati jagung yang dapat diproses menjadi mi bihun dengan teknologi ekstrusi berdasarkan *pasting properties*. Jenis pati yang baik digunakan sebagai bahan mi bihun dengan teknologi ekstrusi adalah pati normal. Pati normal memiliki viskositas pasta dingin yang tinggi dan menunjukkan kecenderungan

retrogradasi yang cepat sehingga cocok sebagai bahan mi bihun dengan teknologi ekstrusi.

Muhandri *et al.* (2012) telah meneliti penggunaan jagung varietas lokal (Bisma, Sukamaraga, Lamuru, Srikandi, Arjuna) untuk pembuatan mi jagung dengan menggunakan ekstruder pasta (yang tidak dilengkapi pemanas). Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas dengan kisaran kadar amilosa 23,06-27,26% mampu menghasilkan mi dengan karakteristik elongasi cukup tinggi berkisar 58,70-95,43%. Penggunaan ekstruder pemasak-pencetak (dilengkapi pemanas) untuk pembuatan mi jagung berbahan tepung varietas lokal Elos (asal Madura) belum dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik (*pasting properties*) tepung jagung varietas lokal Elos, mengetahui pengaruh suhu dan kecepatan *screw* ekstruder terhadap mutu fisik mi jagung dengan teknologi ekstrusi pemasak-pencetak ulir tunggal, serta menentukan perlakuan ekstrusi terbaik pada pembuatan mi jagung Elos dengan optimasi proses menggunakan RSM.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah jagung kuning pipil varietas lokal Elos dari Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur, air, garam dapur (NaCl), dan akuades.

Persiapan tepung jagung

Jagung Elos yang sudah dipipil digiling hingga menjadi grits menggunakan *Pin Disc Mill* (Multi-mill Gansons Limited Bombay-55, SR.NO. 1452, India) dengan saringan 7 mesh. Bagian luar jagung seperti tip cap, lembaga dan kulit air dipisahkan dengan cara pengambangan dan pencucian sebanyak 5 kali lalu ditiriskan. Grits jagung dikeringkan selama ±1 jam hingga mencapai kadar air sekitar 35±2%. Grits jagung digiling lagi menggunakan *Pin Disc Mill* (Multi mill Gansons Limited Bombay-55, India) dengan saringan 48 mesh. Tepung jagung yang masih kasar dikeringkan di dalam *cabinet dryer* (Pilot Plant Engineering & Equipment GmbH 6072 Dreieich, type ITHU, West Germany) pada suhu 50°C selama ±16 jam kemudian diayak menggunakan *vibrating screen machine* (Dalal Engineering PVT. LTD. Thana, under licence from William Boulton LTD. model GGCMS. 107 Dry, England) saringan 80 mesh. Tepung jagung dihomogenisasi menggunakan *dough mixer* (Planetary mixer Gansons Limited Bombay-55, PLM 50 serial no. 172, India) selama 15 menit kemudian dikemas dalam *aluminium foil* per 1 kg dan disimpan dalam *Freezer* (-4°C) hingga tepung jagung digunakan.

Pembuatan mi jagung

Tahap ini dilakukan dengan membuat mi jagung yang mengacu pada Muhandri *et al.* (2011), yaitu dengan tahapan pencampuran tepung jagung (100%), air (70%) dan garam (2%) menggunakan *hand mixer* (Philips Hand Mixer HR-1538, Malaysia) selama 5 menit, adonan dimasukkan ke dalam ekstruder (cooking-forming extruder model Scientific Laboratory Single Screw Extruder type LE25-30/C dari Labtech Engineering Co. Ltd., Thailand), untaian mi dipotong ±50 cm kemudian mi dikeringkan menggunakan *tray dryer* pada suhu ruang selama 24 jam.

Sifat fisikokimia jagung

Analisis tepung jagung meliputi analisis proksimat (AOAC, 2005), analisis kadar amilosa (Faridah *et al.*, 2014), dan analisis profil gelatinisasi (*pasting properties*) menggunakan *rapid visco analyzer* (RVA) (Kesarwani *et al.*, 2016).

Analisis kehilangan padatan selama pemasakan (Kongkiattisak dan Songsermpong 2012, dengan modifikasi)

Penentuan kehilangan selama pemasakan (*cooking loss*) dilakukan mengikuti Kongkiattisak dan Songsermpong (2012), Pada penelitian ini dilakukan sedikit modifikasi yaitu mi ditimbang ±5 g mi kering (tanpa dipotong-potong) dalam 150 mL air. Mi jagung direbus selama 10 menit, ditiriskan dan disiram air, kemudian ditiriskan kembali selama 5 menit. Mi kemudian ditimbang dan dikeringkan pada suhu 100°C sampai beratnya konstan, kemudian ditimbang kembali. Disamping itu dilakukan juga pengukuran kadar air pada sampel sebanyak 5 g. Pengukuran kadar air dilakukan untuk menghitung berat kering sampel. *Cooking loss* dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Cooking Loss} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

dimana, A adalah berat kering sampel sebelum direbus (g) dan B adalah berat kering sampel sesudah direbus (g).

Analisis elongasi menggunakan *texture analyzer* (Subarna *et al.*, 2012)

Analisis elongasi dilakukan menggunakan instrumen *Texture Analyzer Stable Micro-System TA-XT2i*, England. Analisis dilakukan terhadap sampel mi jagung yang telah dimasak selama 10 menit. Analisis dilakukan dengan melilitkan satu untaian mi pada *probe* dengan jarak antar *probe* 2 cm dan kecepatan *probe* 0,3 cm/s. Presentase elongasi dapat dihitung dengan cara:

Percentage of Elongation=

$$\frac{\text{time of sampel broken off (s)} \times 0,3 \text{ cm/s}}{2 \text{ cm}} \times 100\% \dots(2)$$

Analisis kekerasan menggunakan *texture analyzer* (Muhandri *et al.*, 2011)

Analisis untuk memperoleh data kekerasan mi digunakan *probe* berbentuk silinder dengan diameter 35 mm. *Probe* silinder dipilih karena sesuai dengan produk yang dianalisis yaitu agar dapat menekan seluruh permukaan mi secara merata. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan dua untaian mi di atas papan kompresi lalu ditekan oleh *probe*. Pengaturan *mode* untuk pengukuran TPA adalah *pre test speed 2.0 mm/s*, *test speed 1.0 mm/s*, *post test speed 2.0 mm/s* dan *rupture test distance 75%*.

Analisis derajat gelatinisasi (Budi *et al.*, 2015)

Derajat gelatinisasi mi jagung dianalisis dengan menggunakan metode mikroskop cahaya terpolarisasi. Langkah pertama adalah pembuatan kurva standar hubungan derajat gelatinisasi dan konsentrasi granula. Suspensi pati atau tepung *native* 1% dan suspensi pati 1% yang tergelatinisasi sempurna dibuat dan dicampur untuk memperoleh suspensi standar dengan derajat gelatinisasi 0, 20, 40, 60, 80 dan 100%. Kemudian suspensi standar ini ditetaskan ke atas hemocytometer dengan *micropipette* dan diamati di bawah cahaya terpolarisasi dengan perbesaran 200x pada mikroskop Olympus B071, Japan. Jumlah granula pati yang masih sempurna dihitung untuk memperoleh konsentrasi granula yang masih sempurna dengan persamaan berikut:

$$\text{Konsentrasi Granula} = \frac{\text{jumlah granula}}{\text{volume (mL)}} \dots\dots\dots (3)$$

Volume yang dimaksud dalam persamaan tersebut merupakan volume satu bidang kotak pada kaca hemocytometer yang mempunyai luas 0,0625 mm² dan kedalaman 0,1 mm. Sehingga volume satu bidang kotak tersebut adalah (0,0625 x 0,1) m³ atau 0,00625 mL.

Langkah kedua adalah menganalisis konsentrasi granula di dalam sampel. Sampel yang telah dihaluskan disuspensikan ke dalam air untuk mendapatkan konsentrasi 1% dan ditetaskan ke atas kaca hemocytometer untuk dilihat di bawah cahaya terpolarisasi dengan perbesaran 200x pada mikroskop Olympus. Konsentrasi granula yang masih sempurna dihitung dan diplotkan ke kurva standar untuk memperoleh derajat gelatinisasi.

Rancangan percobaan dan analisis data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari dua faktor dan tiga taraf pada masing-masing faktor.

Faktor yang digunakan adalah faktor suhu ekstruder (75, 90 dan 105°C) dan faktor kecepatan screw ekstruder (100, 130 dan 160 rpm). Berdasarkan rancangan percobaan tersebut terdapat sembilan perlakuan yang dilakukan masing-masing dua kali ulangan (batch) yang kemudian dianalisis dengan dua kali ulangan (duplo) pada setiap analisis. Delapan belas sampel tersebut dianalisis berdasarkan parameter *cooking loss*, elongasi, kekerasan dan derajat gelatinisasi. Data hasil analisis dihitung menggunakan *microsoft excel*, sedangkan analisis pengaruh suhu ekstruder dan kecepatan ulir terhadap mutu fisik mi jagung dilakukan dengan menggunakan *software XLSTAT 2016 ANOVA* dengan uji lanjut Duncan pada taraf uji $P < 0,05$ dan *microsoft excel*.

Hasil rata-rata dari kedelapan belas sampel dari keempat parameter kemudian dianalisis menggunakan *response surface methodology* (RSM) untuk memperoleh perlakuan yang paling optimum (optimal) berdasarkan empat parameter yang telah disebutkan. Analisis optimasi proses menggunakan *RSM Historical Data* dengan *Design Expert 7.0*. Respon yang paling optimum diperoleh jika nilai desirability mendekati 1. Setiap respon yang dioptimasi diberikan bobot kepentingan berdasarkan tujuan yang ingin dicapai. Pemilihan pembobotan kepentingan (*importance*) ini dapat dilakukan mulai dari 1 (+) hingga 5 (+++++) sesuai kepentingan variabel respon. Semakin banyak tanda positif yang diberikan berarti bahwa tingkat kepentingan respon tersebut semakin tinggi. Analisis dengan RSM ini untuk menentukan proses optimum dalam pembuatan mi jagung varietas Elos yaitu dengan nilai *cooking loss* yang rendah, tekstur mi yang baik dan tidak mudah putus. Hasil kondisi proses optimum diverifikasi dengan perlakuan pembuatan mi jagung dan analisis fisik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tepung jagung Elos

Hasil analisis proksimat dan kadar amilosa tepung jagung varietas lokal Elos (80 mesh) dibandingkan dengan tepung jagung varietas hibrida Pioneer 21 (Muhandri *et al.*, 2009) dan nilai pati jagung (Budi *et al.*, 2015) pada Tabel 1. Kandungan amilosa tepung jagung Elos diketahui lebih rendah yaitu 27,89% dibandingkan dengan kadar amilosa jagung hibrida P21 yang sebesar 30,09% (Muhandri *et al.*, 2009) dan kadar amilosa pati jagung yang sebesar 38,29% (Budi *et al.*, 2015). Tam *et al.* (2004) menggolongkan pati jagung berdasarkan kadar amilosanya menjadi tiga kelompok yaitu kadar amilosa sedang (normal) (27,6-28,8%), amilosa rendah (0,2-3,8%) dan amilosa tinggi (40-60,8%). Jika berdasarkan klasifikasi tersebut, kadar amilosa tepung jagung Elos lebih mendekati kadar amilosa se-

dang (normal), kemudian Tam *et al.* (2004) juga menyatakan bahwa pati jagung dengan kadar amilosa normal memiliki karakteristik yang baik sebagai bahan pembuatan mi dengan teknologi ekstrusi.

Tabel 1. Analisis proksimat dan kadar amilosa tepung jagung dan pati jagung

Parameter (%)	Tepung Jagung Elos	Tepung Jagung Hibrida P21*	Pati Jagung**
Air	9,40±0,18	5,46	12,03±0,05
Abu	0,66±0,03	0,31	0,09±0,01
Lemak	1,97±0,18	1,73	0,19±0,02
Protein	6,98±0,08	6,32	0,45±0,02
Karbohidrat	80,97±0,44	86,18	87,22±0,03
Amilosa	27,89±0,25	30,09	38,29±0,34

Keterangan: *Sumber: Muhandri *et al.*, 2009; **Sumber: Budi *et al.*, 2015

Karakteristik sifat gelatinisasi (*pasting properties*) tepung jagung Elos menggunakan RVA ditunjukkan pada Tabel 2. Suhu awal gelatinisasi tepung jagung Elos pada suhu 73,55°C. Suhu awal gelatinisasi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan suhu awal gelatinisasi tepung jagung (80 mesh) varietas hibrida P21 yaitu 72°C, dan memiliki suhu gelatinisasi maksimum 91,05°C yang lebih rendah dari suhu awal gelatinisasi maksimum tepung jagung hibrida P21 yang sebesar 93°C (Muhandri *et al.*, 2011).

Tabel 2. Karakteristik gelatinisasi tepung jagung Elos

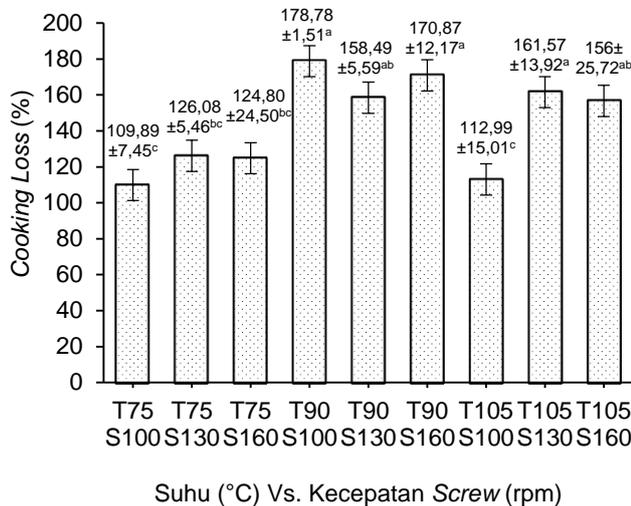
Parameter	Nilai
Suhu awal gelatinisasi (°C)	73,55±0,14
Suhu gelatinisasi maksimum (°C)	91,05±0,57
Viskositas maksimum (cP)	3062,50±74,25
Viskositas breakdown (cP)	1380,00±1,41
Viskositas setback (cP)	2776,50±3,54
Viskositas akhir (cP)	4459,00±2,12

Suhu awal gelatinisasi adalah suhu ketika perubahan fisik pada granula pati mulai terdeteksi yaitu granula pati mulai mengembang dan amilosa mulai keluar dari granula (Liu, 2005). Informasi suhu awal gelatinisasi ini penting untuk diketahui dalam penentuan rancangan percobaan dengan faktor suhu. Penentuan level terendah pada faktor suhu ekstruder harus lebih tinggi dari suhu awal gelatinisasi (Wang *et al.*, 2014), sehingga panas yang dibutuhkan adonan mi jagung (tepung jagung, air dan garam) cukup untuk dapat tergelatinisasi yang juga dipengaruhi oleh adanya *shearing* di dalam ekstruder.

Cooking loss mi jagung Elos

Cooking loss atau biasa juga disebut kehilangan padatan akibat pemasakan (KPAP) didefinisikan sebagai padatan dalam mi yang luruh atau terlarut ke dalam air selama proses pemasakan. Nilai *cook-*

ing loss dinyatakan dalam satuan persen (%) yang merupakan perbandingan berat padatan yang terlepas per berat kering sampel. *Cooking loss* adalah parameter terpenting untuk produk mi. Semakin rendah nilai *cooking loss* menunjukkan kualitas mi yang semakin baik. Nilai *cooking loss* pada mi jagung Elos ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$)

Gambar 1. Diagram *cooking loss* mi jagung Elos

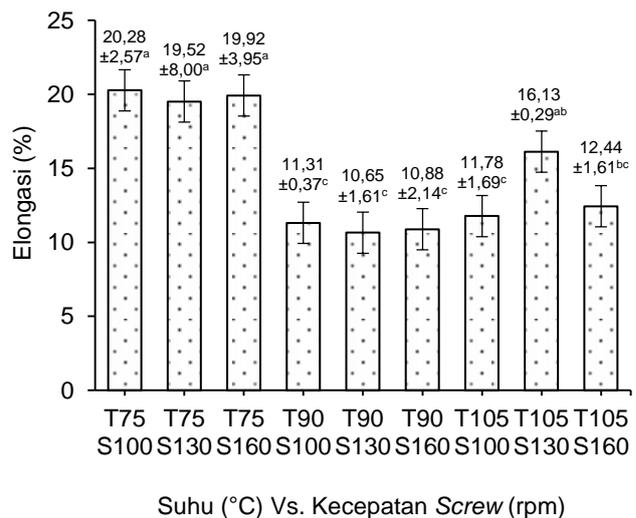
Variabel suhu ekstruder berpengaruh terhadap respon *cooking loss* secara signifikan. Suhu yang menunjukkan perbedaan yang nyata adalah suhu 75°C ($P < 0,05$), sedangkan variabel kecepatan *screw* tidak menunjukkan pengaruh yang nyata. Hasil uji lanjut Duncan ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang nyata dari interaksi antara variabel suhu dan kecepatan *screw* ekstruder terhadap nilai respon *cooking loss*.

Nilai *cooking loss* paling tinggi adalah pada suhu 75°C, hal ini diduga karena suhu 75°C tidak jauh dari suhu awal gelatinisasi tepung jagung sehingga menyebabkan granula tepung jagung belum tergelatinisasi secara optimum pada suhu tersebut, karena derajat gelatinisasi pada suhu 75°C memiliki nilai sekitar 84-87% dengan adanya *shearing stress* oleh *screw* ekstruder pada kecepatan 100-160 rpm. Seiring dengan peningkatan suhu ekstruder pada 90°C, nilai *cooking loss* menurun secara signifikan, tetapi peningkatan suhu ekstruder hingga suhu 105°C tidak menunjukkan penurunan yang signifikan.

Cooking loss disebabkan oleh pati yang tidak tergelatinisasi sempurna sehingga ikatan di permukaan mi lemah dan menjadi larut ketika dimasak (Aydin dan Gocmen, 2011). Hal ini didukung oleh pernyataan Wang *et al.* (2012) bahwa *cooking loss* dipengaruhi kekuatan ikatan pati yang tergelatinisasi dan persentase dari pati yang tergelatinisasi.

Elongasi mi jagung Elos

Elongasi merupakan pertambahan panjang mi karena adanya gaya tarik dan dinyatakan dalam persen. Sifat elongasi juga merupakan parameter mutu mi yang penting karena menunjukkan karakter mi saat di dalam mulut. Nilai persen elongasi yang tinggi menunjukkan bahwa mi tidak mudah putus. Pengaruh suhu dan kecepatan *screw* ekstruder terhadap elongasi mi jagung Elos ditunjukkan pada Gambar 2.



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$)

Gambar 2. Diagram elongasi pada mi jagung Elos

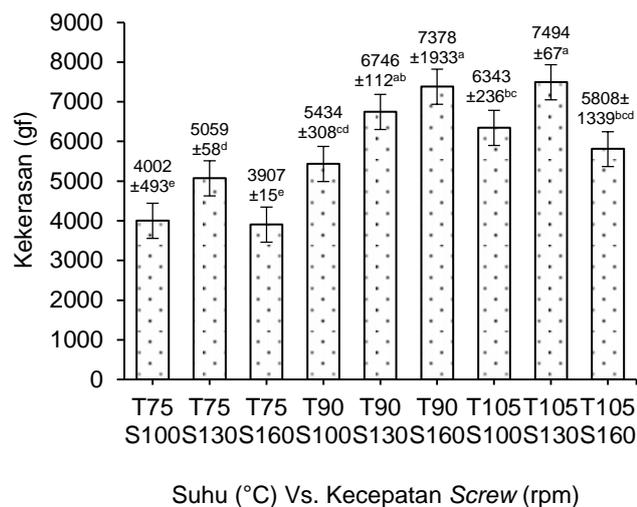
Diagram pada Gambar 2 menunjukkan bahwa baik variabel suhu maupun variabel kecepatan *screw* ekstruder memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon elongasi, serta terdapat interaksi antara kedua variabel tersebut. Hasil uji lanjut Duncan ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa suhu ekstruder 90°C menunjukkan perbedaan nyata terhadap respon elongasi, sedangkan kecepatan *screw* ekstruder yang menunjukkan perbedaan nyata adalah pada kecepatan *screw* 100 rpm. Interaksi antara suhu 90°C dan kecepatan *screw* ekstruder 100 rpm memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon elongasi.

Nilai elongasi tertinggi adalah pada suhu 90°C, seiring dengan menurunnya suhu ekstruder pada suhu 75°C, nilai elongasi juga menurun secara signifikan. Nilai elongasi lebih rendah terjadi pada kecepatan *screw* ekstruder 100 rpm, seiring dengan peningkatan *screw* ekstruder, nilai elongasi juga cenderung meningkat. Kualitas pemasakan mi terutama dipengaruhi oleh kekuatan ikatan pati yang teretrogradasi. Retrogradasi pati merupakan faktor utama yang dapat membuat tekstur mi yang kuat dan kokoh (Wu *et al.*, 2015). Semakin tinggi suhu dan kecepatan *screw* ekstruder dapat meningkatkan tekan-

an dan gelatinisasi pada adonan saat proses ekstrusi yang menyebabkan kekuatan struktur gel semakin tinggi (Tan *et al.*, 2009).

Kekerasan mi jagung Elos

Kekerasan merupakan sifat suatu makanan yang diukur secara objektif menggunakan alat *Texture Analyzer TAXT-2*. Nilainya merupakan besar gaya maksimum yang dibutuhkan untuk menekan sampel makanan hingga ketebalan tertentu. Hasil analisis kekerasan mi jagung Elos ditunjukkan pada Gambar 3.



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$)

Gambar 3. Diagram kekerasan pada mi jagung Elos

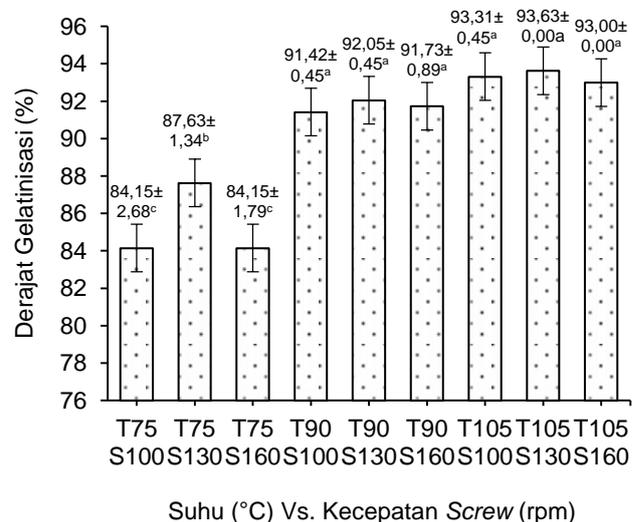
Hasil analisis kekerasan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kedua variabel berpengaruh nyata terhadap respon kekerasan, serta terdapat pengaruh yang signifikan dari interaksi antara variabel suhu dan kecepatan *screw* ekstruder terhadap respon kekerasan. Hasil uji lanjut Duncan ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa variabel suhu ekstruder yang berbeda nyata adalah suhu 75°C, sedangkan variabel kecepatan *screw* ekstruder menunjukkan perbedaan nyata adalah kecepatan *screw* 130 rpm.

Interaksi dua variabel yang menunjukkan nilai kekerasan paling tinggi adalah interaksi antara suhu 90°C dan kecepatan *screw* 160 rpm, serta interaksi antara suhu 105°C dan kecepatan *screw* 130 rpm, sedangkan nilai kekerasan yang paling rendah terjadi pada suhu 75°C. Tren ini menunjukkan bahwa seiring peningkatan suhu, nilai kekerasan juga cenderung meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian pada mi basah dari tepung jagung (Muhandri *et al.*, 2011), mi kering dari sagu (Engelen *et al.*, 2015) dan mi kering dari pati kacang kapri (Wang *et al.*, 2012). Wang *et al.* (2012) juga menyatakan bahwa kekerasan mi semakin tinggi pada suhu *barel* ekstruder,

kecepatan *screw* dan kadar air adonan mi yang semakin tinggi.

Derajat gelatinisasi mi jagung Elos

Derajat gelatinisasi diukur menggunakan mikroskop cahaya terpolarisasi yang dilakukan berdasarkan penurunan jumlah granula pati pada bidang hemocytometer dengan empat sudut pandang. Hasil foto mikroskop pada tepung jagung menunjukkan gambar granula pati yang masih terlihat jelas dengan bentuk *birefringence* yang masih sempurna, sedangkan pada tepung mi jagung yang telah mengalami proses ekstrusi menunjukkan bahwa terjadi perubahan pada bentuk granula patinya, seperti terjadi pembengkakan, pembengkakan dan nampak berlubang-lubang, serta jumlah *birefringence* yang berkurang atau bahkan tidak nampak. Perubahan bentuk granula pati tersebut mengindikasikan bahwa pati jagung telah tergelatinisasi. Hasil analisis derajat gelatinisasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0,05$)

Gambar 4. Diagram derajat gelatinisasi mi jagung Elos

Variabel suhu dan kecepatan *screw* ekstruder memberikan pengaruh signifikan terhadap derajat gelatinisasi, sedangkan interaksi antara kedua variabel suhu dan kecepatan *screw* tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap respon derajat gelatinisasi. Hasil uji lanjut Duncan ($P < 0,05$) menunjukkan bahwa suhu 75°C memiliki perbedaan yang signifikan pada respon derajat gelatinisasi, sedangkan kecepatan *screw* ekstruder yang menunjukkan perbedaan nyata adalah kecepatan *screw* 130 rpm. Nilai derajat gelatinisasi terendah adalah pada suhu ekstruder 75°C, hal ini karena suhu 75°C hanya sedikit lebih tinggi dari suhu awal gelatinisasi

tepung jagung Elos sehingga granula pati dalam tepung jagung Elos belum tergelatinisasi dengan baik pada suhu tersebut.

Faktor utama dalam gelatinisasi pati adalah pengembangan granula yang bergantung pada kekuatan, sifat dan jenis ikatan dalam granula. Semakin tinggi suhu ekstruder, nilai derajat gelatinisasi cenderung semakin tinggi. Hal ini didukung oleh pernyataan bahwa energi panas dan mekanik yang ditransfer ke adonan pati selama proses ekstrusi akan memengaruhi perusakan ikatan primer dan sekunder (ikatan hidrogen) antara molekul-molekul pati yang berdekatan di dalam struktur granula pati (Liu *et al.*, 2009).

Optimasi proses ekstrusi mi jagung

Optimasi proses dilakukan untuk mendapatkan suatu proses optimum dari respon-respon yang dikehendaki. Kriteria atau parameter yang dipilih sebagai respon dalam optimasi proses mengikuti mutu utama dari pemasakan mi yaitu *cooking loss*, kekerasan waktu pemasakan, derajat pengembangan dan kehalusan atau elastisitas serta elongasi. Kriteria utama yang penting dimiliki oleh produk mi kering adalah *cooking loss* dan elongasi karena berkaitan dengan penerimaan atau tingkat kesukaan produk oleh konsumen. Sedangkan respon derajat gelatinisasi dipilih karena selain pengaruhnya terhadap sifat atau mutu fisik mi, tetapi juga berpengaruh terhadap sifat fungsional produk setelah proses ekstrusi yaitu kecepatan daya cerna pati (Mahasukhonthachat *et al.*, 2010).

Penentuan proses optimum dengan RSM pada *Design Expert 7.0* dilakukan dengan menetapkan parameter dengan nilai batas serta kepentingan (*importance*) berdasarkan kriteria produk yang dikehendaki. Parameter yang dioptimasi dengan nilai batas, dan kepentingan yang diproses menggunakan *Design Expert 7.0* ditunjukkan pada Tabel 3. Program *Design Expert 7.0* memberikan solusi berupa beberapa kondisi proses terpilih yang dianggap sesuai dengan kriteria dan pembatas yang telah ditentukan. Nilai *desirability* yang diberikan oleh *Design Expert 7.0* pada proses optimasi ini ditunjukkan pada Tabel 4.

Terdapat empat kondisi proses yang diurutkan berdasarkan nilai *desirability* masing-masing kondisi proses. Nilai *desirability* yang mendekati 1 berada pada peringkat pertama sebagai kondisi proses yang direkomendasikan oleh program sebagai hasil

optimasi. Nilai *desirability* yang semakin mendekati 1 berarti semakin tingginya kesesuaian proses optimasi dengan variabel respon untuk menghasilkan kondisi proses yang optimal. Tabel 4 menunjukkan kondisi proses optimum yang terpilih (*selected*) adalah kondisi proses dengan suhu 95°C dan kecepatan *screw* 100 rpm dengan prediksi nilai pada setiap respon antara lain *cooking loss* 10,11%, elongasi 156,73%, kekerasan 6252 gf dan derajat gelatinisasi 92,26%, serta nilai *desirability* sebesar 0,954 atau 95,4%.

Hasil verifikasi proses optimum

Salah satu keluaran dari proses optimasi dengan RSM adalah tabel prediksi yang menampilkan nilai respon dari kondisi proses yang terpilih. Prediksi nilai respon tersebut kemudian diverifikasi untuk mengetahui model dari program dapat memprediksi dengan baik. Nilai respon prediksi dari *Design Expert 7.0* dibandingkan dengan nilai respon aktual yang diperoleh dari hasil analisis verifikasi.

Hasil verifikasi yang dilakukan beserta prediksi dan prediksi setiap respon dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil prediksi nilai respon aktual memiliki karakteristik *cooking loss* 10,37%, elongasi 143,78%, kekerasan 60,43% dan derajat gelatinisasi 91,39%. Nilai *cooking loss* dan kekerasan mi jagung Elos lebih tinggi dan memiliki nilai elongasi yang lebih rendah dari mi jagung hibrida Bisi-2 pada penelitian Muhandri *et al.* (2011).

Hal ini berarti bahwa mi jagung hibrida Bisi-2 dengan teknologi ekstrusi pada kondisi optimum suhu ekstruder 90°C dan kecepatan *screw* ekstruder 130 rpm lebih baik secara kualitas fisik dibandingkan mi jagung Elos pada kondisi optimum suhu ekstruder 95°C dan kecepatan *screw* ekstruder 100 rpm. Hal ini dikarenakan tepung jagung yang digunakan pada penelitian Muhandri *et al.* (2011) adalah tepung jagung yang lolos ayakan 100 mesh, sedangkan tepung jagung Elos yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung jagung yang lolos ayakan 80 mesh. Muhandri *et al.* (2012) menjelaskan bahwa tepung jagung yang tidak lolos ayakan 100 mesh pada aplikasi pembuatan mi jagung sulit membentuk gel yang kuat jika tanpa adanya tekanan *shear* yang cukup dan berpengaruh terhadap tingkat gelatinisasi pati yang tidak serempak, sedangkan tingkat atau derajat gelatinisasi pati dapat berpengaruh terhadap mutu fisik mi yang dihasilkan.

Tabel 3. Kriteria dan pembatas pada penetapan proses optimasi dengan RSM

Parameter	Tujuan	Batas Bawah	Batas Atas	Kepentingan
<i>Cooking loss</i> (%)	Minimum	9,37	25,17	5
Elongasi (%)	<i>In range</i>	102,37	179,85	4
Kekerasan (gf)	<i>In range</i>	3654,15	8744,60	4
Derajat gelatinisasi (%)	<i>In range</i>	82,25	93,62	3

Tabel 4. Nilai *desirability* pada kondisi proses yang diberikan oleh *Design Expert 7.0*

No	Suhu (°C)	Kecepatan (rpm)	Cooking Loss (%)	Elongasi (%)	Kekerasan (gf)	Derajat Gelatinisasi (%)	<i>Desirability</i>
1	95	100	10,11	156,73	6252	92,26	0,954
2	95	100	10,12	155,76	6276	92,38	0,953
3	94	160	10,21	178,11	6605	92,10	0,947
4	94	160	10,21	178,11	6602	92,08	0,947

Tabel 5. Nilai prediksi dari program *Design Expert 7.0* dan verifikasi hasil optimasi

Response	Prediction	95% CI low	95% CI high	95% PI low	95% PI high	Verification Result
Cooking loss (%)	10,11	6,57	13,64	2,42	17,79	10,37
Elongasi (%)	156,75	135,84	177,66	111,29	202,21	143,78
Kekerasan (gf)	6261	5212	7290	3992	8510	6043
Derajat gelatinisasi (%)	92,26	90,74	93,78	88,95	95,56	91,39

Hasil verifikasi tersebut memenuhi 95% *confident interval* dan 95% *prediction interval* yang disediakan pada tabel prediksi oleh program *Design Expert 7.0*. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan yang diperoleh dianggap cukup baik untuk menentukan proses optimum dan respon yang didapatkan

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) sebagai pemberi dana pada penelitian ini (tahun 2017-2018).

KESIMPULAN

Karakteristik tepung jagung varietas lokal Elos memiliki kadar amilosa sebesar 27,89% dari karbohidrat yang menunjukkan bahwa tepung Elos termasuk jenis pati sedang atau normal. Sifat gelatinisasi tepung Elos memiliki suhu awal gelatinisasi 73,55°C dan suhu gelatinisasi maksimum 91,05°C. Kondisi proses optimum dengan variabel suhu dan kecepatan *screw* ekstruder yang dihasilkan pada optimasi proses menggunakan RSM dengan program *Design Expert 7.0* ini adalah pada suhu 95°C dan kecepatan *screw* ekstruder 100 rpm.

Berdasarkan empat parameter yang digunakan sebagai respon pada mi jagung antara lain *cooking loss*, *elongasi*, *kekerasan* dan *derajat gelatinisasi* diperoleh hasil sebagai berikut: *cooking loss* 10,11%, *elongasi* 156,73%, *kekerasan* 6252 gf dan *derajat gelatinisasi* 92,26%, serta nilai *desirability* sebesar 0,954 atau 95,4%. Hasil tersebut sesuai dengan hasil verifikasi optimasi proses yang dilakukan karena nilai prediksi tidak jauh berbeda dengan nilai aktual hasil verifikasi yaitu berada dalam rentang *confident interval* dan *prediction interval*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hasil optimasi yang diperoleh sesuai dengan model yang diberikan oleh program. Tepung jagung Elos memiliki karakteristik (*pasting properties*) yang baik untuk digunakan sebagai bahan baku mi dengan teknologi ekstrusi sehingga dapat dipertimbangkan sebagai bahan baku mi non terigu (*gluten free*) dalam industri pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist 19th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- Aydin E, Gocmen D. 2011. Cooking quality and sensorial properties of noodle supplemented with oat flour. *Food Sci Biotechnol* 20: 507-511. DOI: 10.1007/s10068-011-0070-1.
- Budi FS, Hariyadi P, Budijanto S, Syah D. 2015. Effect of dough moisture content and extrusion temperature on degree of gelatinization and crystallinity of rice analogues. *J Dev Sustain Agr* 10: 91-100. DOI: 10.11178/jdsa.10.91.
- Engelen A, Sugiyono, Budijanto S. 2015. Optimasi proses dan formula pada pengolahan mi sagu kering (*Metroxylon sagu*). *Agritech* 35: 359-367. DOI: 10.22146/agritech.9319.
- Faridah DN, Ferdiaz D, Andarwulan N, Sunarti TC. 2014. Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Marantha arundinaceae*). *Agritech* 34: 14-21. DOI: 10.22146/agritech.9517.
- Indrianti N, Sholichah E, Darmajana DA. 2014. Proses pembuatan mi jagung dengan bahan baku tepung jagung 60 mesh dan teknik sheeting-slitting. *J Pangan* 23: 256-267.
- Kesarwani A, Chiang PY, Chen SS. 2016. Rapid visco analyzer measurements of *japonica* rice cultivars to study interrelationship between pas-

- ting properties and farming system. *Int J Agron* 2016: 1-6. DOI: 10.1155/2016/3595326.
- Kongkiattisak P, Songsermpong S. 2012. Effect of temperature and velocity of drying air on kinetics, quality and energy consumption in drying process of rice noodles. *Kasetsart J (Nat Sci)* 46: 603-619.
- Kusnandar F, Palupi NS, Lestari OA, Widowati S. 2009. Karakterisasi tepung jagung termodifikasi *heat moisture treatment* (HMT) dan pengaruhnya terhadap mutu pemasakan dan sensori mi jagung kering. *J Pascapanen* 6: 76-84.
- Liu H, Xie F, Yu L, Chen L, Li L. 2009. Thermal processing of starch-based polymers. *Prog Polym Sci* 34: 1348-1368. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2009.07.001.
- Liu Q. 2005. Understanding Starches and their Role in Foods. In: Cui SW, editor. *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications*. 340. CRC Pres, Boca Raton FL.
- Mahasukhonthachat K, Sopade PA, Gidley MJ. 2010. Kinetics of starch digestion and functional properties of twin screw extruded sorghum. *J Cereal Sci* 51: 392-401. DOI: 10.1016/j.jcs.2010.02.008.
- Muhandri T. 2012. Karakteristik Reologi Mi Jagung dengan Proses Ekstrusi Pemasak-Pencetak. [Disertasi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Muhandri T, Ahza AB, Syarief R, Sutrisno. 2011. Optimasi proses ekstrusi mi jagung dengan metode permukaan respon. *J Teknol Industri Pangan* 12: 97-104.
- Muhandri T, Subarna. 2009. Pengaruh kadar air, NaCl dan jumlah passing terhadap karakteristik reologi mi jagung. *J Teknol Industri Pangan* 20: 71-77.
- Muhandri T, Zulkhaiar H, Subarna, Nurtama B. 2012. Komposisi kimia tepung jagung varietas unggul lokal dan potensinya untuk pembuatan mi jagung menggunakan ekstruder pencetak. *J Sains Terapan* 2: 16-27.
- Subarna, Muhandri T, Nurtama B, Firlieyanti AS. 2012. Peningkatan mi kering jagung dengan penerapan kondisi optimum proses dan penambahan monogliserida. *J Teknol Industri Pangan* 13: 146-152. DOI: 10.6066/jtip.2012.23.2.146.
- Tam LM, Corke H, Tan WT, Li J, Collado LS. 2004. Production of bihon-type noodles from maize starch differing in amylose content. *Cereal Chem* 81: 475-480. DOI: 10.1094/CCHEM.2004.81.4.475.
- Tan FJ, Dai WT, Hsu KC. 2009. Changes in gelatinization and rheological characteristics of japonica rice starch induced by pressure/heat combinations. *J Cereal Sci* 49: 285-289. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.11.006.
- Wang N, Maximiuk L, Toews R. 2012. Pea starch noodles: Effect of processing variables on characteristics and optimisation of twin-screw extrusion process. *Food Chem* 133: 742-753. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.01.087.
- Wang N, Warkentin TD, Vandenberg B, Bing DJ. 2014. Physicochemical properties of starches from various pea and lentil varieties, and characteristics of their noodles prepared by high temperature extrusion. *Food Res Int* 55: 119-127. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.01.087.
- Wu F, Meng Y, Yang N, Tao H, Xu X. 2015. Effect of mung bean starch on quality of rice noodles made by direct dry flour extrusion. *LWT-Food Sci Technol* 63: 1199-1205. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.04.063.