

## OPTIMASI PROSES EKSTRUSI MI JAGUNG DENGAN METODE PERMUKAAN RESPON

[Optimization of Corn Noodle Extrusion Using Response Surface Methodology]

Tjahja Muhandri<sup>1)\*</sup>, Adil Basuki Ahza<sup>1)</sup>, Rizal Syarif<sup>1)</sup>, dan Sutrisno<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

<sup>2)</sup> Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Diterima 20 September 2010 / Disetujui 30 September 2011

### ABSTRACT

*Cooking loss and elongation are primary noodle quality parameters that depend on microstructure of the noodle. The noodle microstructure is strongly influenced by degree of gelatinization, moisture content, and shear force experienced by the dough. These parameters are controlled by temperature and screw speed of the extruder. The objective of this research was to optimize three processing variables i.e., corn flour moisture (70, 75, 80% dry basis), extruder temperature (80, 85, 90°C), and screw speed (110, 120, 130 rpm). Corn noodles were processed using Scientific Laboratory Single Screw Extruder type LE25-30/C. Optimizations Using Response Surface Methodology were based on four parameters, i.e., hardness, stickiness, elongation, and cooking loss characteristics. Results showed that the optimum processing condition was obtained at moisture of 70% (dry basis), extruder temperature 90°C, and screw speed 130 rpm. Under this condition, corn noodles has hardness of 3039.79 gf, stickiness of -116.2 gf, elongation of 318.68%, and cooking loss of 4.56%.*

**Key words:** corn noodle, optimization proses, response surface methodology

### PENDAHULUAN

Pembuatan mi non terigu telah dilakukan masyarakat, namun prosesnya memakan waktu lama, menghasilkan limbah cair dan tidak efisien. Charutigon *et al.* (2007) menyatakan bahwa secara tradisional pembuatan mi beras meliputi perendaman semalam, penggilingan, penyaringan, pengendapan dan pengurangan kadar air hingga 40%, ekstrusi menjadi pelet ukuran kecil, pengukusan, penggantungan, pengukusan kedua dan pengeringan. Penggunaan bahan tepung jagung dan proses ekstruder ulir dalam pembuatan mi jagung dapat mengurangi waktu proses dan limbah.

Pembuatan mi jagung menggunakan sistem ekstrusi jenis piston diteliti oleh Waniska *et al.* (1999). Faktor yang diteliti adalah pengaruh penambahan natrium metabisulfid, ukuran tepung dan pemanasan awal tepung terhadap karakteristik mi. Proses pembuatan mi jagung menurut Waniska *et al.* (1999) diawali dengan pencampuran tepung jagung, garam, natrium metabisulfid, dan air untuk membuat pasta. Penambahan natrium metabisulfid dapat meningkatkan viskositas pasta tapi tidak berpengaruh terhadap kualitas mi. Mi terbaik diperoleh dari tepung jagung yang diberi perlakuan pemanasan awal 95°C, baik yang diberi sulfid maupun tidak. Namun dari hasil penelitian yang dilaporkan, mi dari tepung jagung masih memiliki *cooking loss* yang terlalu tinggi (> 47%).

Charutigon *et al.* (2007) meneliti pembuatan mi beras dari bahan baku tepung beras dan menggunakan ekstruder ulir. Peningkatan suhu barel dari 70°C ke 90°C dapat menurunkan *cooking loss* dari 14,2±1,6% menjadi 7,2±1,2%. Kehilangan selama pemasakan disebabkan oleh kelarutan pati tergelatinisasi yang ikatannya lemah di permukaan mi.

Charutigon *et al.* (2007) menggunakan tepung beras dengan kadar air 65% berat kering, sedangkan Waniska *et al.*, (1999) menggunakan tepung jagung dengan kadar air 83% berat kering. Derby *et al.* (1975) meneliti gelatinisasi tepung terigu dan menemukan bahwa pada kadar air 33% mulai terjadi pembengkakan granula, pada kadar air di atas 50% dapat terjadi gelatinisasi sempurna. Menurut Mercier (1977) pada ekstrusi pati kentang dengan kadar air 22%, sedikit sekali terjadi dekstrinasi. Proses ekstrusi memecah ikatan  $\alpha - 1:4$  tapi tidak mengubah rantai amilopektin. Sejalan dengan pernyataan Mercier (1977), Williams *et al.* (1977) menyatakan bahwa dekstrinasi pada pati terjadi pada kadar air di bawah 22%. Pada kondisi ini, 20 -25% pati akan mengalami dekstrinasi.

Salah satu cara untuk menurunkan *cooking loss* mi jagung adalah penggunaan teknologi ekstrusi ulir (*screw extruder*) yang mampu memberikan efek tekanan dan pengadonan (*pressing and kneading*) yang lebih baik dibandingkan ekstrusi piston maupun kalendering. Penelitian tentang pembuatan mi jagung menggunakan ekstruder jenis *screw* belum dilaporkan, sehingga belum diperoleh data-data proses pembuatan mi jagung.

*Response Surface Methodology* (RSM) merupakan teknik statistik dan matematik yang digunakan untuk pengembangan, perbaikan dan optimasi proses dalam respon utama yang diakibatkan oleh beberapa variabel dan tujuannya adalah optimasi respon tersebut (Bas dan Boyaci, 2007). RSM merupakan teknik yang populer untuk studi optimasi pada akhir-akhir ini. Beberapa contoh aplikasi diantaranya adalah pengaruh kondisi reaksi dalam sifat-sifat fisikokimia pati kationik (Kuo *et al.*, 2009), evaluasi pati beras termodifikasi dengan pemasakan ekstrusi (Hagenimana *et al.*, 2006), dan perilaku ekstrusi dari grit jagung *flint* dan jagung manis (Gujral *et al.*, 2001).

Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan kisaran variabel kadar air tepung jagung, suhu ekstruder dan kecepatan *screw*

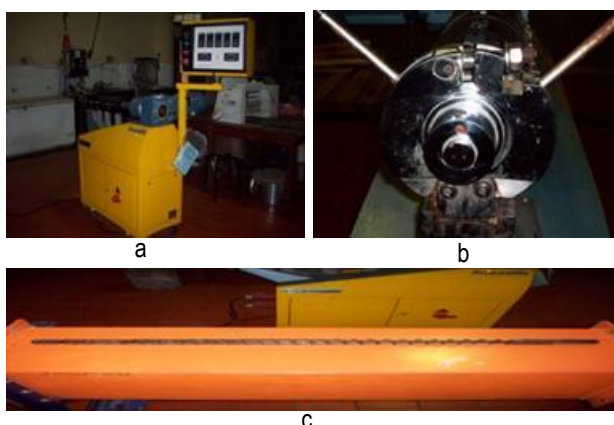
\*Korespondensi Penulis :  
Email : cahyomuhandri@ipb.ac.id

ekstruder. Tujuan selanjutnya adalah memperoleh kondisi proses yang optimum dalam pembuatan mi jagung, menggunakan ekstrusi ulir tunggal dengan rancangan percobaan menggunakan RSM. Optimasi proses pembuatan mi jagung dilakukan terhadap variabel kadar air, suhu ekstruder dan kecepatan screw ekstruder. Parameter utama yang digunakan untuk menentukan optimasi adalah *cooking loss* yang minimum dan elongasi yang maksimum. Parameter kekerasan dan kelengketan mi tidak ditetapkan minimum atau maksimum. Hasil penelitian ini spesifik untuk bahan baku tepung jagung yang diperoleh dengan teknik penggilingan yang disajikan pada metodologi.

## METODOLOGI

### Bahan dan alat

Bahan utama penelitian ini adalah jagung kuning varietas BISI-2 yang diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Ponorogo. Peralatan utama yang digunakan adalah timbangan, penggiling tepung (*pindisc mill*), ayakan 100 mesh, mixer, oven, ekstruder pengolah mi (*forming-cooking extruder model Scientific Laboratory Single Screw Extruder type LE25-30/C dari Labtech Engineering Co. Ltd., Thailand*), pemasak, dan *texture analyzer TA-XT2i*.



Gambar 1. Ekstruder yang digunakan dalam penelitian (a) ekstruder yang digunakan, (b) die ekstruder, (c) screw ekstruder

Tabel 1. Spesifikasi ekstruder yang digunakan dalam penelitian

No.	Bagian Alat	Spesifikasi
1	Screw	Single screw, increasing root diameter, constant pitch, rasio screw L/D 30, speed 0-300 rpm
2	Barrel	Diameter dalam barrel konstan 2,52 cm, permukaan dalam barrel halus
3	Die	Terdiri dari 2 buah lubang dengan diameter masing-masing 2,50 mm
4	Breaker Plate	Memiliki 49 lubang dengan diameter masing-masing 2,50 mm
5	Motor penggerak screw	Motor listrik dengan daya 4 kW
6	Heater system	Empat buah heater

### Penyiapan tepung jagung

Tepung jagung varietas BISI-2 lolos ayakan 100 mesh dibuat dengan metode penggilingan kering. Jagung digiling dengan *disc mill* menggunakan saringan 9 mesh di kompar-

temen alat. Proses pengambangan dilakukan untuk membuang kulit ari dan lembaga. Grits yang diperoleh direndam selama 1 jam, dikering anginkan sampai kadar air  $\pm 35\%$ , kemudian digiling dengan *pindisc mill*, saringan 48 mesh. Hasil penggilingan dikeringkan dengan oven (suhu  $50^\circ\text{C}$ ) selama 14 jam, kemudian diayak pada ukuran ayakan 100 mesh. Tepung diseragamkan dengan mixer, dikeringkan kembali dengan oven (suhu  $50^\circ\text{C}$ ) selama 14 jam. Tepung dikemas dengan plastik PP (polipropilen) dan disimpan dalam freezer.

### Penetapan kisaran variabel proses

Pada tahap penelitian pendahuluan untuk menetapkan kisaran kadar air tepung adalah 60, 70, 80, 90 dan 100% (basis kering), suhu proses dalam ekstruder  $90^\circ\text{C}$  dan kecepatan screw ekstruder 110 RPM. Untuk menetapkan kecepatan screw ekstruder, digunakan kondisi proses kadar air tepung 80% (basis kering), suhu proses  $85^\circ\text{C}$  dan kecepatan screw ekstruder 70, 90, 110, 130 dan 150 rpm. Parameter yang diukur adalah *cooking loss* mi. Proses pembuatan mi dilakukan dua ulangan dan tiap ulangan dilakukan dua kali pengukuran. Mi yang dihasilkan dianalisa *cooking loss* (dimasak selama 3 menit). Kondisi *steady state* untuk pengambilan sampel ditetapkan berdasarkan kecepatan yang konstan dan bentuk yang seragam dari mi, ketika keluar dari die ekstruder.

### Optimasi pembuatan mi jagung menggunakan RSM

Pada percobaan ini ditetapkan tiga variabel ( $X_1$  – kadar air tepung,  $X_2$  – suhu ekstruder, dan  $X_3$  – kecepatan screw ekstruder) yang masing-masing terdiri dari tiga taraf dan ulangan sebanyak tiga kali. Kisaran nilai masing-masing variabel ditetapkan berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian pendahuluan. Penetapan model untuk respon yang diukur yaitu kekerasan, kelengketan, elongasi dan *cooking loss* menggunakan *Central Composite Design (CCD)* dengan model kuadratik. Metode optimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Response Surface Methodology D-optimal Combine (Design Expert version 7)*.

Pada penelitian ini proses optimasi dipilih untuk komposisi yang paling optimal yaitu dengan *desirability* yang tertinggi berdasarkan penetapan target (sasaran) dan *importance* setiap parameter yang diukur. Kadar air tepung jagung, suhu ekstruder dan kecepatan screw dioptimalkan komposisinya pada *in range*. Untuk skor kekerasan dioptimalkan komposisinya yaitu *in range* dengan *importance* 3, skor kelengketan terhadap tekstur *in range* dan *importance* 3. Untuk skor elongasi dimaksimalkan dengan tingkat ranking yaitu 5, dan untuk skor *cooking loss* diminimalkan dengan *importance* 5. Nilai *desirability* pada pemilihan proses optimum dihitung dengan rumus:

$$D = (d_1^r \times d_2^r \times \dots \times d_n^r) \frac{1}{\sum_j} = (\prod_{j=1}^n d_j^r) \frac{1}{\sum_j}$$

Keterangan :

D : *Desirability* pada optimasi

r : *Importance*

d : *Desirability* masing-masing respon

### Analisis mi jagung

#### Kekerasan dan kelengketan

*Probe* yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 35 mm. Pengaturan TAXT – 2 yang digunakan adalah sebagai

berikut : *pre test speed* 2,0 mm/s, *test speed* 0,1 mm/s, *rupture test distance* 75%, mode TPA (*Texture Profile Analysis*). Seuntai sampel mi dengan panjang yang melebihi diameter *probe* diletakkan di atas landasan lalu ditekan oleh *probe*. Nilai kekerasan ditunjukkan dengan *absolute (+) peak* yaitu gaya maksimal, dan nilai kelengketan ditunjukkan dengan *absolute (-) peak*. Satuan kedua parameter ini adalah *gram force (gf)*.

**Elongasi**

Satu untai mi dililitkan pada *probe* dengan jarak antar *probe* sebesar 2 cm dan kecepatan *probe* 0,3 cm/s. Persen elongasi dihitung dengan rumus :

$$\text{Persen elongasi} = \frac{\text{waktu putus sampel (s)} \times 0,3 \text{ cm/s}}{2 \text{ cm}} \times 100\%$$

**Cooking Loss**

Penentuan *cooking loss* dilakukan dengan cara merebus sekitar 5 gram mi dalam 150 ml air selama 3 menit lalu mi ditiriskan. Mi kemudian dikeringkan pada suhu 100°C sampai beratnya konstan, lalu ditimbang kembali. Mi yang lain sebanyak kira-kira 5 gram diukur kadar airnya (data kadar air digunakan untuk menghitung berat kering sampel). *Cooking loss* dinyatakan sebagai :

$$\text{Cooking loss} = \frac{\text{Berat sampel sebelum direbus} - \text{berat sampel sesudah direbus}}{\text{Berat sampel sebelum direbus}} \times 100\%$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Kisaran variabel proses**

Rendemen yang diperoleh dengan proses penepungan seperti yang dijelaskan di atas adalah ±30%. Proses penepungan dengan teknik tersebut tidak mampu memecah bagian keras dari endosperma jagung, sehingga tepung lebih banyak diperoleh dari bagian lunak endosperma jagung.

Kondisi *steady state* pada proses ekstrusi mi jagung ditetapkan dengan pengamatan visual berdasarkan kecepatan mi keluar ekstruder yang konstan dan bentuk fisik mi yang seragam. Sampai panjang mi sekitar 70 cm, kecepatan belum konstan dan bentuk mi tidak sama. Setelah panjang mi mencapai 70 cm, kecepatan relatif konstan dan bentuk mi sudah seragam. Kondisi ini dianggap sudah *steady state*. Sampel diambil setelah mi yang keluar sepanjang kira-kira 1 meter.

Pada kadar air 60% (basis kering), produk mi yang dihasilkan bersifat keras, kasar dan patah-patah, sedangkan pada kadar air 90 dan 100% (basis kering), adonan bersifat lengket sehingga sulit untuk dimasukkan ke dalam ekstruder dan mi yang dihasilkan terlalu lembek. Kisaran kadar air tepung untuk penelitian utama yang dipilih adalah 70, 75 dan 80% (basis kering). Data pengamatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik mi jagung pada seleksi kadar air tepung

Kadar Air Tepung	Sifat Mi Jagung
60	Keras, kasar dan patah-patah
70	Agak keras, permukaan halus, elastis
80	Lunak, permukaan halus, elastis
90	Lembek, mudah putus
100	Lembek, mudah putus

Dari hasil analisa suhu gelatinisasi menggunakan Brabender Amylograph, tepung jagung varietas BIS12 yang lolos ayakan ukuran 100 mesh mulai tergelatinisasi pada suhu 71,0±0,0°C dan gelatinisasi maksimum terjadi pada suhu 93,0±0,0°C. Waktu tinggal bahan di dalam ekstruder sekitar 50,0±1,0 detik (pada kecepatan *screw* ekstruder 130 rpm), sehingga ditetapkan suhu proses adalah 80, 85 dan 90°C.

Untuk penelitian pendahuluan kecepatan *screw* ekstruder, digunakan kondisi proses kadar air tepung 80%, suhu proses 85°C dan kecepatan *screw* ekstruder 70, 90, 110, 130 dan 150 rpm. Parameter yang diukur adalah *cooking loss* mi. Proses pembuatan mi dilakukan dua ulangan dan tiap ulangan dilakukan dua kali pengukuran. Mi yang dihasilkan dianalisa *cooking loss* (dimasak selama 3 menit). Parameter hasil pengukuran *cooking loss* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data *cooking loss* pada proses seleksi kecepatan *screw* ekstruder

Kecepatan Screw (RPM)	Cooking Loss (%) <sup>*</sup>
70	5,50±0,00
90	4,75±0,05
110	4,15±0,05
130	2,85±0,05
150	4,55±0,05

Keterangan :

\*): Nilai dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada uji Duncan (p<0,05)

Proses terbaik dipilih dari nilai *cooking loss* yang paling kecil. Mi yang diproses dengan kecepatan *screw* ekstruder 130 rpm memiliki *cooking loss* yang terkecil, diikuti oleh 110 rpm. Pada kecepatan 150 terlihat bahwa nilai *cooking loss* naik kembali. Hal ini terjadi karena pada kecepatan *screw* yang rendah, tekanan yang dialami adonan tepung jagung belum cukup untuk membentuk massa yang elastis. Pati yang tergelatinisasi belum menyatu dengan yang lainnya, sehingga adonan luruh ketika direbus. Pada kecepatan *screw* 150 rpm, adonan terlalu cepat melewati ekstruder sehingga gelatinisasi pati belum optimum. Dari hasil tahap ini ditetapkan kisaran kecepatan *screw* ekstruder adalah 110, 120 dan 130 rpm.

**Optimasi pembuatan mi jagung menggunakan RSM**

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, pada penelitian utama yaitu optimasi pembuatan mi jagung, kisaran suhu ekstruder adalah 80, 85 dan 90°C, kecepatan *screw* ekstruder adalah 110, 120 dan 130 rpm serta kadar air tepung adalah 70, 75 dan 80% (basis kering). Untuk kisaran suhu ekstruder ditetapkan suhu proses adalah 80, 85 dan 90°C karena dari hasil analisa suhu gelatinisasi menggunakan Brabender Amylograph, tepung jagung varietas BIS12 yang lolos ayakan ukuran 100 mesh mulai tergelatinisasi pada suhu 71,0±0,0°C dan gelatinisasi maksimum terjadi pada suhu 93,0±0,0°C. Variabel bebas dan taraf masing-masing variabel disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Independen variabel dan level masing-masing variabel

Variabel Bebas	Faktor Level		
	-1	0	1
Kadar air tepung (%)	70	75	80
Suhu ekstruder (°C)	80	85	90
Kec. Screw ekstruder (rpm)	110	120	130

Optimasi menggunakan metode respon permukaan (RSM) memberikan keuntungan karena dapat menghemat biaya dan waktu. Sebagai ilustrasi, pada penelitian ini jika menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap Faktorial diperlukan 81 percobaan, sedangkan dengan RSM, proses dilakukan sebanyak 35 percobaan. Total percobaan dan hasil pengukuran (metode RSM) disajikan pada Tabel 4.

Data dianalisa dengan menggunakan *multiple regression* untuk menetapkan model, dengan mengikuti persamaan polinomial kuadrat. Model yang diambil didasarkan pada rekomendasi yang diberikan oleh RSM. Selanjutnya, rekapitulasi hasil analisa regresi untuk keempat respon terukur disajikan pada Tabel 5.

**Respon kekerasan produk**

Berdasarkan Tabel 5, model prediksi untuk kekerasan mi jagung adalah Model Kuadrat. Analisis ANOVA menunjukkan nilai R<sup>2</sup>=0,886 untuk model ini. Model matematik untuk respon kekerasan mi jagung adalah :

$$Y = -30265,24 - (630,00 X_1) + (1120,93 X_2) + (138,09 X_3) + (3,24 X_1^2) - (6,30 X_2^2) - (0,71 X_3^2) + (0,35 X_1X_2) + (0,62 X_1X_3) - (0,17 X_2X_3)$$

Tabel 5. Rekapitulasi hasil analisis regresi untuk keempat respon terukur

Parameter	Kekerasan	Kelengketan	Elongasi	Cooking Loss
Prediksi Model	Kuadrat	Kuadrat	Interaksi 2 faktor	Linier
Model	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***	< 0,0001***
X <sub>1</sub>	< 0,0001***	< 0,0001***	0,0968	0,0001***
X <sub>2</sub>	< 0,0001***	0,0012**	< 0,0001***	< 0,0001***
X <sub>3</sub>	0,5615	< 0,0001***	0,1689	
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0,0809	0,0972		
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	0,0012**	0,3467		
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0,0986	0,0001***		
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0,7772	0,0680	0,0002***	
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,3318	< 0,0001***	0,5506	
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	0,7806	0,0045**	0,2968	
Standar Dev.	116,50	15,93	23,42	1,89
Mean	2665,77	-67,65	236,97	4,70
C.V.	4,37	-23,54	9,88	40,15
R <sup>2</sup>	0,8860	0,9251	0,8130	0,6011

Keterangan :

\*\* signifikan pada taraf 0,01

\*\*\* signifikan pada taraf 0,001

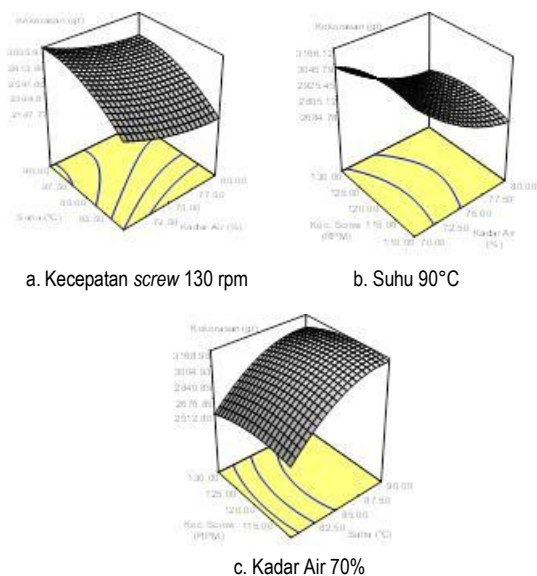
Tabel 4. Hasil analisis kekerasan, kelengketan, elongasi dan cooking loss mi jagung

Formula	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Kekerasan (gf)	Kelengketan (gf)	Elongasi (%)	Cooking Loss (%)
1	72,5	90	130	2779,70	-82,90	281,37	1,81
2	80	90	130	2543,60	-43,35	254,89	0,59
3	75	80	110	2385,70	-17,90	197,37	4,88
4	72,5	80	120	2625,50	-108,95	194,64	6,81
5	72,5	80	110	2451,40	-26,50	177,15	5,54
6	80	85	110	2368,75	-16,65	246,00	3,45
7	70	85	110	2919,15	-27,60	192,57	5,78
8	75	80	130	2277,65	-123,90	169,95	5,93
9	75	85	110	2660,15	-21,25	219,23	4,97
10	70	80	130	2404,15	-178,05	157,28	8,31
11	70	80	120	2658,50	-154,20	188,25	8,14
12	80	80	120	2022,10	-62,65	227,81	2,21
13	70	80	110	2642,50	-28,65	170,48	5,54
14	80	80	110	2123,70	-46,40	219,75	4,56
15	70	90	120	3141,15	-88,70	308,25	2,33
16	75	85	130	2755,70	-107,10	280,20	7,80
17	80	80	130	2215,75	-69,40	201,15	5,30
18	70	85	130	3027,10	-126,70	251,29	7,87
19	72,5	85	120	2933,70	-83,65	207,75	5,16
20	75	90	120	2827,80	-58,00	278,37	1,74
21	80	90	110	2753,05	-20,20	246,00	0,56
22	80	90	120	2798,15	-55,15	272,33	1,23
23	80	90	130	2543,60	-43,35	254,89	0,59
24	70	85	120	3014,80	-151,55	202,31	5,59
25	75	90	110	2918,10	-28,80	290,74	6,98
26	70	90	130	3199,10	-108,90	351,60	2,28
27	70	90	120	3141,15	-88,70	308,25	2,33
28	75	90	130	2693,90	-78,20	272,18	0,84
29	80	85	130	2712,25	-37,35	288,60	4,47
30	80	85	120	2749,60	-54,20	295,88	1,78
31	70	80	130	2404,15	-178,05	157,28	8,31
32	72,5	85	110	2726,40	-26,50	202,95	5,28
33	75	85	120	2759,40	-63,15	259,99	7,80
34	70	90	110	3126,05	-32,10	308,06	7,13
35	75	80	120	2157,60	-69,65	200,70	4,85

Keterangan : X<sub>1</sub> = kadar air tepung jagung, X<sub>2</sub> = suhu ekstruder, X<sub>3</sub> = kecepatan screw ekstruder

Variabel linier  $X_1$ ,  $X_2$  dan variabel kuadratik  $X_2^2$  berpengaruh nyata terhadap kekerasan mi jagung ( $\alpha=0,05$ ). Variabel yang lain ( $X_3$ ,  $X_1^2$ ,  $X_3^2$ ,  $X_1X_2$ ,  $X_1X_3$  dan  $X_2X_3$ ) tidak berpengaruh nyata pada taraf  $\alpha=0,05$ .

Untuk tujuan visualisasi, respon permukaan untuk kekerasan mi jagung disajikan pada Gambar 2. Pola respon permukaan mirip pada semua tingkat kecepatan screw (Gambar 2a), suhu ekstruder (Gambar 2b.) dan kadar air tepung jagung (Gambar 2c.).



Gambar 2. Grafik RSM pada respon kekerasan mi jagung

Kekerasan mi disebabkan oleh mekanisme retrogradasi pati ketika mi didinginkan (Waniska *et al.*, 1999). Kekerasan mi meningkat dengan adanya peningkatan suhu ekstruder dan penurunan kadar air tepung. Semakin tinggi suhu ekstruder, tingkat gelatinisasi adonan semakin tinggi. Menurut Srichuwong (2006) semakin tinggi tingkat gelatinisasi, semakin banyak amilosa yang keluar dari granula pati dan menyebabkan viskositas yang semakin tinggi ketika retrogradasi. Kekerasan mi meningkat dengan adanya peningkatan suhu ekstruder dan penurunan kadar air tepung.

Tan *et al.* (2009) menyatakan bahwa tekanan dan suhu yang semakin tinggi menyebabkan kemampuan tepung menyerap air semakin tinggi. Pada kadar air yang sama, semakin banyak air yang diserap tepung dan semakin tinggi suhu proses, derajat gelatinisasi semakin tinggi sehingga mi yang dihasilkan semakin keras.

Kadar air yang semakin tinggi dapat berfungsi dalam meningkatkan proses pengadukan sehingga gelatinisasi semakin meningkat. Sedangkan perputaran screw ekstruder yang semakin cepat menyebabkan adonan semakin cepat melewati ekstruder sehingga gelatinisasi menurun (Lawton *et al.*, 1972).

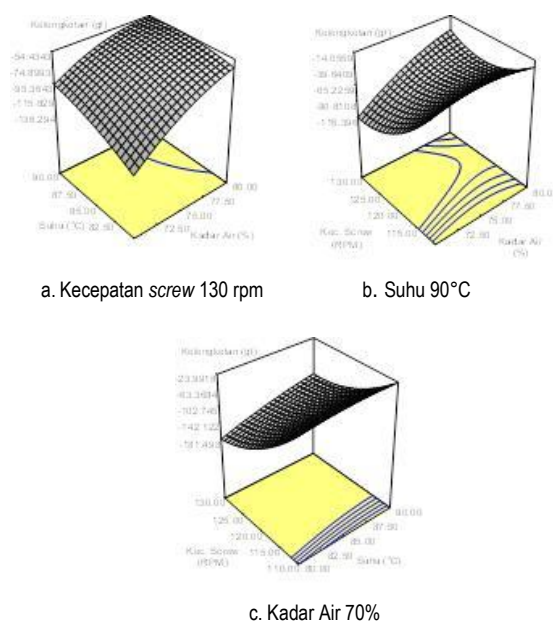
**Respon kelengketan produk**

Model prediksi untuk kelengketan mi jagung adalah Model Kuadratik. Model matematik untuk respon kelengketan adalah :

$$Y = 3643,27 + (48,11 X_1) + 33,87 X_2 - (117,29 X_3) - (0,42 X_1^2) - (0,23 X_2^2 + 0,26 X_3^2) - (0,32 X_1X_2) + (0,39 X_1X_3) + (0,25 X_2X_3)$$

Analisis ANOVA menunjukkan nilai  $R^2=0,925$  untuk model ini. Variabel linier  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ; variabel kuadratik  $X_3^2$  dan interaksi antar variabel  $X_1X_3$  dan  $X_2X_3$  berpengaruh nyata terhadap kekerasan mi jagung ( $\alpha=0,05$ ). Variabel yang lain ( $X_1^2$ ,  $X_2^2$  dan  $X_1X_2$ ) tidak berpengaruh nyata pada taraf  $\alpha=0,05$ .

Kelengketan mi menurun dengan meningkatnya suhu proses. Hal ini diduga terjadi karena air yang diserap tepung semakin banyak, sehingga air yang tidak terserap semakin sedikit dan mengakibatkan mi semakin tidak lengket. Selain itu, suhu tinggi menyebabkan air cepat menguap ketika mi keluar dari die yang menyebabkan permukaan mi menjadi kering. Hal ini didukung oleh adanya hubungan antara kekerasan mi dengan kelengketan mi, dimana semakin keras mi semakin tidak lengket. Grafik RSM untuk kelengketan mi jagung ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik RSM pada respon kelengketan mi jagung

Eliasson dan Gudmundson (1996) mengatakan bahwa kelengketan mi disebabkan oleh amilosa yang berada di permukaan miterlepas. Semakin tinggi suhu ekstruder dan semakin tinggi kadar air, gelatinisasi semakin meningkat dan mi semakin tidak lengket.

Chaudary *et al.* (2008) meneliti tentang pengaruh kecepatan screw ekstruder terhadap tekanan di die ekstruder pada proses ekstrusi pati jagung. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan screw, tekanan di die ekstruder semakin rendah. Hal ini menyebabkan tingkat gelatinisasi semakin turun dengan peningkatan kecepatan screw ekstruder. Tingkat gelatinisasi yang rendah menyebabkan lemahnya ikatan struktur di permukaanmi, lebih banyak amilosa yang lepas ketika mi dimasak dan kelengketan mi semakin meningkat.

**Respon elongasi produk**

Model prediksi untuk elongasi mi jagung adalah Model 2FI (interaksi antar 2 faktor).

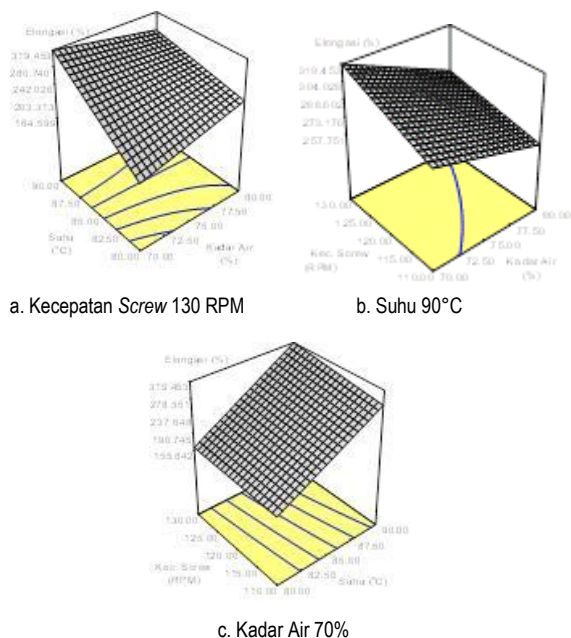


Model matematik untuk respon elongasi mi jagung adalah sebagai berikut:

$$Y = -6815,52 + (100,01 X_1) + (72,54 X_2) - (4,43 X_3) - (1,05 X_1X_2) - (0,08 X_1X_3) + 0,13 X_2X_3$$

Analisis ANOVA menunjukkan nilai R<sup>2</sup>=0,813 untuk model ini. Variabel linier X<sub>2</sub> dan interaksi antar variabel X<sub>1</sub>X<sub>2</sub> berpengaruh nyata terhadap elongasi mi jagung (α=0,05). Variabel yang lain (X<sub>1</sub>, X<sub>3</sub>, X<sub>1</sub>X<sub>3</sub> dan X<sub>2</sub>X<sub>3</sub>) tidak berpengaruh nyata pada taraf α=0,05. Grafik RSM untuk elongasi mi jagung ditunjukkan pada Gambar 4.

Tekanan yang diterima adonan selama proses ekstrusi sangat berpengaruh terhadap kekuatan struktur gel. Charutigon *et al.* (2007) menyatakan bahwa pada ekstrusi mi beras dengan kecepatan aliran adonan 400-700 g/jam, produk tidak diterima oleh panelis. Produk diterima oleh panelis pada kecepatan 750 g/jam.



Gambar 4. Grafik RSM pada respon elongasi mi jagung

Kenaikan suhu ekstruder dan kecepatan screw ekstruder dapat meningkatkan elongasi mi. Hal ini disebabkan granula pati lebih banyak tergelatinisasi, terdispersi dan teretrogradasi. Pati yang teretrogradasi merupakan faktor utama yang menghasilkan struktur mi yang kuat (Mestres *et al.*, 1993).

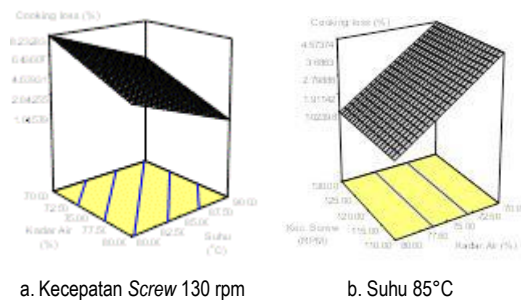
**Respon cooking loss**

Model prediksi untuk cooking loss mi jagung adalah Model Linier. Model matematik untuk respon cooking loss mi jagung adalah sebagai berikut:

$$Cooking\ loss = 62,20 - (0,35 X_1) - (0,37 X_2)$$

Analisis ANOVA menunjukkan nilai R<sup>2</sup>=0,601 untuk model ini. Variabel linier X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> berpengaruh nyata terhadap elongasi mi jagung (α=0,05). Grafik RSM untuk cooking loss mi jagung ditunjukkan pada Gambar 5.

Semakin tinggi suhu proses dan semakin rendah kadar air, menyebabkan cooking loss mi semakin rendah. Hasil ini sesuai dengan Mestres *et al.* (1993) yang menyatakan bahwa proses gelatinisasi sebagian dan retrogradasi amilosa menyebabkan cooking loss mi semakin rendah. Penelitian oleh Mestres *et al.* (1993) menunjukkan bahwa tepung jagung yang dikukus pada suhu 85°C selama 15 menit menghasilkan cooking loss yang lebih rendah dibandingkan dengan yang dikukus pada suhu 75°C dan 100°C.



Gambar 5. Grafik RSM pada respon cooking loss mi jagung

Menurut Wang *et al.* (1999) tingkat cooking loss tergantung pada tingkat gelatinisasi dan kekuatan struktur gel dari mi. Namun, Charutigon *et al.* (2007) menyatakan bahwa kehilangan selama pemasakan terutama disebabkan oleh kelarutan pati tergelatinisasi yang ikatannya lemah di permukaan mi. Pada tingkat tertentu, perbedaan tekanan lebih berpengaruh terhadap elastisitas mi daripada cooking loss.

**Optimasi produk**

Menurut Oh *et al.* (1986) mutu pemasakan mi yang utama adalah waktu pemasakan, kekerasan, cooking loss, derajat pengembangan, kehalusan permukaan dan elastisitas. Namun, Waniska *et al.* (1999) menyebutkan bahwa permasalahan yang ditemui dalam pembuatan mi jagung adalah cooking loss yang terlalu tinggi dan mi patah-patah ketika direbus. Karena itu, pada penelitian ini, mutu mi dianggap baik apabila mi memiliki sifat elongasi tinggi dan cooking loss rendah. Kriteria yang digunakan untuk menetapkan kondisi proses yang mampu menghasilkan produk mi jagung yang optimum disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria yang digunakan untuk menetapkan mi jagung yang optimum

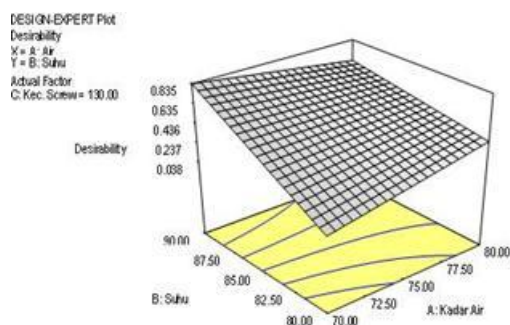
Parameter	Sasaran	Batas bawah	Batas atas	Importance
Kekerasan	In range	2022,10 gf	3199,10 gf	3
Kelengketan	In range	-178,05 gf	-26,50 gf	3
Elongasi	Maksimum	157,28 %	351,60 %	5
Cooking loss	Minimum	0,56 %	11,14 %	5

Produk yang terpilih dari proses optimasi yaitu produk dengan kadar air 70% (basis kering) dan diolah pada suhu 90°C dengan kecepatan screw ekstruder 130 rpm. Kondisi proses ini memiliki tingkat yang diinginkan (*desirability*) paling tinggi yaitu 0,835. Nilai *desirability* untuk formula yang direkomendasikan oleh program RSM disajikan pada Tabel 7. Grafik RSM untuk kondisi optimum disajikan pada Gambar 6.

Tabel 6. Nilai *desirability* untuk berbagai kondisi proses

No	Kadar Air Tepung	Suhu (°C)	Kec. Screw (rpm)	Kekerasan	Kelengketan	Elongasi	Cooking loss	Desirability
1	70,00	90,00	130,00	3039,79	-116,26	318,68	4,56	0,835
2	70,05	89,95	130,00	3028,52	-115,69	318,48	4,57	0,830
3	70,00	90,00	127,70	3072,38	-116,09	315,54	4,56	0,814
4	70,00	90,00	125,78	3101,16	-114,04	312,27	4,56	0,798
5	72,07	90,00	130,00	2909,53	-92,81	310,63	3,83	0,789
6	70,00	90,00	123,17	3131,95	-108,17	307,81	4,56	0,775
7	73,25	90,00	130,00	2852,67	-81,18	305,60	3,42	0,763
8	70,00	88,86	130,00	3035,65	-121,2	301,77	4,98	0,744
9	70,00	90,00	119,24	3159,74	-92,70	301,13	4,56	0,740
10	77,55	90,00	130,00	2721,73	-48,65	287,26	1,90	0,669

Menurut prediksi program RSM, mi jagung memiliki karakteristik skor kekerasan untuk tekstur 3039,79 gf, skor kelengketan -116,26 gf, skor persen elongasi 318,68% dan skor *cooking loss* 4,56%. Hasil prediksi ini sedikit berbeda dengan aktual proses yang menunjukkan bahwa mi jagung memiliki karakteristik kekerasan 3199,10gf, kelengketan -108,90gf, elongasi 351,60% dan *cooking loss* 2,28%.



Gambar 6. Grafik optimasi proses berdasarkan nilai *Desirability*



Gambar 7. Mi jagung yang dihasilkan dari kondisi optimum

Mi jagung yang dihasilkan pada kondisi optimum memiliki karakteristik yang berbeda dengan dengan *spaghetti*. Perbedaan antara mi jagung dengan *spaghetti* disajikan pada Tabel 7. Perbedaan yang mencolok terlihat pada karakteristik kekerasan mi. Mi jagung jauh lebih keras dibandingkan dengan *spaghetti*.

Tabel 7. Perbandingan karakteristik mi jagung dan *spaghetti*

Karakter	Mi Jagung	Spaghetti
Kekerasan ( <i>gram force</i> )	3039,79	987,70
Kelengketan ( <i>gram force</i> )	-116,26	-140,60
Elongasi (%)	318,68	237,00
Cooking loss (%)	4,56	6,72
Diameter (mm)	4,50	3,24

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Produk yang optimum diperoleh pada kondisi proses kadar air tepung 70%, suhu ekstruder 90°C dan kecepatan screw ekstruder 130 rpm. Pada kondisi ini mi jagung memiliki karakteristik kekerasan 3039,79 gf, skor kelengketan -116,26 gf, skor persen elongasi 318,68% dan skor *cooking loss* 4,56%. Mi jagung memiliki kekerasan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *spaghetti*.

### Saran

Perlu diteliti lebih lanjut optimasi proses untuk menghasilkan mi jagung dengan kekerasan yang mendekati *spaghetti*. Selain itu, perlu diteliti besarnya tekanan yang diterima adonan dan derajat gelatinisasi adonan yang mampu menghasilkan mi jagung dengan karakteristik yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bas D, Boyaci IH. 2007. Modeling and optimization I : usability of response surface methodology. *J Food Eng* 78: 836–845.
- Chen Z. 2003. Physicochemical properties of sweet potato starches and their application in noodle products. Ph. D. Thesis Wageningen University, The Netherlands.
- Charutigon C, Jintana J, Pimjai N, Vilai R. 2007. Effects of processing conditions and the use of modified starch and monoglyceride on some properties of extruded rice vermicelli. *Swiss Society of Food Science and Technology LWT* 41: 642-651.
- Chaudary AL, Miler M, Torley PJ, Sopade PA, Halley PJ. 2008. Amylose content and chemical modification effects on the extrusion of thermoplastic starch from maize. *Carbo-hydrate Polimers* 74: 907-913.
- Derby RI, Miller BS, Miller BF, Trimbo HB 1975. Visual observation of wheat-starch gelatinization in limited water systems. *Cereal Chem* 52(5): 702-709.
- Eliasson AC, Gudmundsson M. 1996. Starch : Physicochemical and functional aspects. Ann-Charlotte Eliasson (Ed.). *Carbohydrates in Food*. Marcell Dekker Inc., New York.
- Gujral HS, Singh N, Singh B. 2001. Extrusion behavior of grits from flint and sweet corn. *Food Chem* 74: 303–308.

- Hagenimana A, Ding X, Fang T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *J Cereal Sci* 43: 38–46.
- Kuo WY, Lai HM. 2009. Effects of reaction condition on the physicochemical properties of cationic starch studied by RSM. *Carbohydrate Polymers* 75: 627–635.
- Lawton BT, Henderson GA, Derlatka EJ. 1972. The effects of extruder variables on gelatinization of corn starch. *J Chem Eng* 50(4): 168-177.
- Mercier C. 1977. Effect of extrusion cooking on potato starch using twin screw french extruder. *Staerke* 29(12): 48.
- Mestres C, Colona P, Alexandre MC, Matencio F. 1993. Comparison of various processes for making maize pasta. *J Cereal Sci* 17:277-290.
- Oh NH, Seib PA, Finney KF, Pomeranz Y. 1986. Noodles. V. Determination of Optimum Water Absorption of Flour to Prepare Oriental Noodles. *Cereal Chem* 74(6): 814-820.
- Srichuwong S. 2006. *Starches from Different Plant Origins : from Structure to Physicochemical Properties (Disertasi)*. Mi University. Japan.
- Suhendro EL, McDonough CM, Rooney LW, Waniska RD. 2000. Cooking characteristic and quality of noodles from food sorghum. *American Association of Cereal Chem* 77(2): 96-100.
- 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.
- Wang N, Bhirud PR, Sosulski, FW, Tyler RT. 1999. Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. *J Food Sci* 64(4): 671-677.
- Waniska RD, Yi T, Lu J, Xue Ping L, Xu W, Lin H. 1999. Effects of preheating temperature, moisture, and sodium metabisulfite content on quality of noodles prepared from maize flour or meal. *J Food Sci Technol* 5: 339–346.
- Williams MA, Hom RE, Rugula RP. 1977. Extrusion an in depth look at a versatile process. *J Food Eng* 49(9): 99.