

OPTIMASI PROSES DAN FORMULA PADA PENGOLAHAN MI SAGU KERING (*Metroxylon sagu*)

Process and Formula Optimizations on Dried Sago (*Metroxylon sagu*) Noodle Processing

Adnan Engelen, Sugiyono, Slamet Budijanto

Jurusan Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Darmaga, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Email: adnanengelen@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan melakukan optimasi proses pada pembuatan mi sagu untuk menghasilkan mi sagu dengan karakteristik fisik yang baik. Mi sagu dihasilkan melalui optimasi proses menggunakan *twin screw extruder* dan penambahan *glycerol monostearate* (GMS), serta *isolated soybean protein* (ISP). Optimasi proses dilakukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan tiga variabel proses yaitu: suhu ekstruder (65-80°C), konsentrasi GMS (0-5%), dan ISP (0-10%). Kondisi proses optimum diperoleh pada suhu 80°C, GMS (4,5%), dan ISP (3,7%). Kondisi optimum menghasilkan mi yang memiliki kekerasan 2499,62 gf, kelengketan 235,12gf, elongasi 168,96% dan *cooking loss* 6,23%,

Kata kunci: Mi, sagu, pati, optimasi

ABSTRACT

The aim of this research was to optimize the processing of dried sago noodle. Sago noodle was made through a process using twin screw extruder with the addition of GMS (Glycerol Monostearate) and ISP (Isolated Soybean Protein). Process optimization was performed with RSM (response surface methodology) using three process variables, i.e. extruder temperature (65-80°C), GMS concentration (0-5%), and ISP concentration (0-10%). The optimum process condition was temperature of 80°C, GMS of 4.5%, and ISP of 3.7%. The optimum condition produced dried noodle having a hardness of 2499.62 gf, stickiness of 235.12 gf, elongation of 168.96% and cooking loss of 6.23%.

Keywords: Noodle, sago, starch, optimization

PENDAHULUAN

Ditjenbun Kementan (2013) menyatakan bahwa lahan sagu dunia seluas 2,5 juta Ha, sekitar 50% terdapat di Indonesia (1,25 juta Ha). Dari luas tersebut 1,2 juta Ha terdapat di Papua dan Papua Barat. Salah satu produk hasil olahan sagu adalah pati sagu (Mohamed dkk., 2008; Adawiyah dkk., 2013; Budijanto dan Yulianti, 2012). Menurut Sumaryono (2007), produksi pati sagu dapat mencapai 25 ton pati kering/ha/tahun. Wiraguna dkk. (2009); Syakir dan Karmawati (2013) menyatakan bahwa pati sagu dapat digunakan untuk bahan baku penyedap masakan *monosodium glutamat* (MSG) gula cair.

Konsumsi mi umumnya sudah diterima masyarakat Indonesia, khususnya mi berbahan baku terigu. Namun untuk

memenuhi kebutuhan terigu, Indonesia harus mengimpor gandum. Hal ini menjadi alasan untuk mengembangkan produk mi berbahan baku lokal. Salah satu pemanfaatan bahan lokal adalah pati sagu yang diolah untuk produksi mi pati (Singhal dkk., 2008; Haryanto dkk., 2011; Sugiyono dkk., 2009; Purwani dkk., 2006). Mi berbahan dasar pati sagu mengandung *resistant starch* dan memiliki indeks glikemik (28) rendah sehingga baik dikonsumsi bagi penderita diabetes maupun orang dengan diet khusus (Alfons dan Rivaie, 2011; Haliza dkk., 2006; Prabawati dan Suismono, 2005).

Menurut Tan dkk. (2009), karakteristik mi pati berbeda dengan mi berbahan gandum karena mi pati mengalami satu atau dua perlakuan panas selama proses. Perlakuan panas dapat dilakukan melalui proses perebusan atau pengukusan yang menggelatinisasi pati dan selanjutnya mengalami

retrogradasi, sehingga terbentuk mi pati. Tan dkk. (2009) membagi teknologi pengolahan mi pati menjadi tiga metode yaitu: *dropping*, *cutting*, dan ekstrusi. Metode *dropping* dan *cutting* merupakan teknologi proses pembuatan mi pati yang tradisional, sedangkan metode ekstrusi adalah teknologi proses pembuatan mi pati yang modern. Metode ekstrusi dapat menghasilkan mi pati yang efisien dan prosedur yang lebih sederhana tanpa mempersiapkan pasta pati secara terpisah. Mi pati yang diperoleh dari metode ini tidak mudah rusak akibat pemasakan.

Mi yang dibuat dari pati sagu memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan-kelemahan mi pati sagu antara lain: mudah putus (menggunakan ekstruder) (Hariyanto dkk., 2011), memiliki kekerasan tinggi dengan perlakuan *Heat Moisture Treatment* (HMT) (Purwani dkk., 2006). Hormdok dkk. (2007) melaporkan mi berbahan pati dengan perlakuan panas memiliki kekerasan yang tinggi. Kelemahan-kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan *Isolated Soybean Protein* (ISP) dan *Glycerol Monostearate* (GMS). Berdasarkan penelitian Takahashi dkk. (1986), penambahan ISP sebanyak 5% pada mi berbahan dasar pati kentang dan pati kacang hijau diketahui dapat meningkatkan elongasi, menurunkan kelengketan, dan kelarutan. Berdasarkan penelitian Kaur dkk. (2005) bahwa penambahan GMS sebanyak 1% pada mi pati jagung dan mi pati kentang dapat menurunkan *cooking loss*. Tujuan penelitian ini adalah melakukan optimasi proses dan formula dalam pembuatan mi sagu kering dengan metode ekstrusi. Parameter proses yang diteliti adalah suhu, sedangkan parameter formula adalah konsentrasi GMS dan ISP.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pati sagu yang telah dikeringkan, *Isolated Soybean Protein* (ISP), *Glycerol Monostearate* (GMS), air dan bahan-bahan untuk analisis. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *dough mixer*, timbangan, *twin screw extruder* (Berto BEX-DS-2256), pengering rak (*tray drier*), desikator berisi bahan pengering, *oven*, *Texture Analyzer* (TA-XT2), penangas, dan alat-alat pendukung lainnya.

Metode

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu: 1) penetapan kisaran variabel proses dan formula, 2) optimasi proses dan formula, dan 3) verifikasi hasil optimasi.

Penetapan Kisaran Variabel Proses dan Formula

Penetapan kisaran variabel proses dan formula dilakukan dengan *trial and error* untuk mengetahui suhu, kadar air adonan dan jumlah konsentrasi GMS dan ISP. Sebelum menentukan formula dilakukan uji coba pencetakan dan pemasakan dari bahan dasar yang akan dijadikan mi sagu kering. Uji coba dilakukan dengan membuat variasi perlakuan yang merupakan parameter pemasakan dan pencetakan yang terdiri dari dua tahapan, yaitu: 1) pemilihan kisaran suhu proses ekstruder dan kadar air adonan dan 2) pemilihan suhu dan waktu pengeringan pada alat pengering rak. Pada tahap pertama, kisaran suhu proses ekstruder dan kadar air adonan yang digunakan adalah 60-85°C dan 40-70% dari berat pati sagu. Pemilihan kisaran suhu proses ekstruder dan kadar air adonan didasarkan pada karakteristik fisik mi pati sagu yang dihasilkan dari ekstruder. Proses pembuatan mi pada tahap ini adalah pati sagu sebanyak 2 kg kemudian ditambahkan dengan air sesuai perlakuan (40, 50, 60 dan 70%), setelah itu diaduk dengan menggunakan *dough mixer* selama ±20 menit, adonan dimasukkan ke dalam ekstruder dan diproses dengan suhu sesuai perlakuan (60, 65, 80 dan 85°C) untuk menghasilkan mi pati sagu.

Tahap kedua bertujuan untuk mendapatkan kisaran suhu pengeringan mi pati sagu yang diperoleh pada tahap pertama. Proses pengeringan dilakukan menggunakan alat pengering rak. Suhu pengeringan yang digunakan adalah 40-60°C. Suhu pengeringan terpilih merupakan suhu pengeringan dengan lama pengeringan terkecil (secara visual) yang menghasilkan karakteristik fisik mi sagu kering yang baik.

Optimasi Proses dan Formula dengan *Design Expert 7.0*

Model dari masing-masing respon yang diperoleh kemudian dioptimasi. Proses optimasi dipilih dengan nilai *desirability* tertinggi berdasarkan penetapan target dan tingkat kepentingan yang diharapkan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan *D-Optimal Design* model kuadratik dengan menggunakan program *Design Expert 7.0* dengan teknik *Response Surface Methodology* (RSM). Variabel yang digunakan adalah suhu ekstruder (65-80°C), GMS (0-5%) dan ISP (0-10%). Parameter mutu mi sagu kering yang dianalisis adalah profil tekstur (kekerasan dan kelengketan), elongasi dan *cooking loss*. Setelah itu dilakukan analisis respon terhadap parameter mutu tersebut, kemudian ditentukan proses dan formula yang optimal.

Verifikasi Hasil Optimasi

Tahap verifikasi dilakukan setelah tahap optimasi formula dengan menggunakan program *Design Expert 7.0*. Tahap verifikasi bertujuan untuk melakukan pembuktian terhadap prediksi dari nilai respon proses hasil optimasi

yang diberikan oleh program *Design Expert* 7.0. Nilai respon aktual akan didapatkan dari tahapan verifikasi yang kemudian dibandingkan dengan prediksi respon yang dihasilkan oleh program *Design Expert* 7.0.

Prosedur Analisis

Profil tekstur (kekerasan dan kelengketan).

Pengujian menggunakan TA-XT2i. *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 *Texture Profile Analysis* (TPA). 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. Pengujian elongasi menggunakan *Texture Analyzer* TA-XT2i. Satu untai mi dililitkan pada *probe* dengan jarak *probe* sebesar 2 cm dan kecepatan *probe* 0,3 cm/s. Persen elongasi dihitung dengan rumus :

$$\text{Persen elongasi} = \frac{\text{Waktu putus sampel (s)} \times 0,3 \text{ cm/s}}{2 \text{ cm}} \times 100\% \quad (1)$$

Cooking loss (Modifikasi Li dan Vasanthan 2003).

Cooking loss adalah kehilangan padatan akibat pemasakan. Sebanyak 5 gram sampel direbus dalam 150 ml air mendidih selama 10 menit. Setelah 10 menit, mi ditiriskan dan dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah diketahui bobotnya kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 100°C sampai beratnya konstan lalu ditimbang. *Cooking loss* dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Cooking loss}(\%) = \frac{\text{Bobot Kering}}{\text{Bobot Awal}} \times 100\% \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kisaran Variabel Proses dan Formula

Pengaruh suhu ekstruder dan kadar air adonan terhadap sifat fisik mi pati sagu disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, perlakuan suhu ekstruder dan kadar air adonan mempengaruhi karakteristik mi. Kadar air merupakan salah satu parameter kritis dalam pembuatan mi pati menggunakan ekstruder. Peningkatan kadar air pada proses prekondisi pada unit pemasak untuk proses gelatinisasi menyebabkan

viskositas adonan menurun. Penambahan air untuk mencapai kadar air yang diinginkan dilakukan pada awal proses pada saat pencampuran adonan setelah penimbangan bahan utama. Adanya panas selama pemasakan dan pengadukan akibatnya terjadi peningkatan energi panas yang masuk dan terjadi pelelehan partikel pati, sehingga adonan menjadi lebih lunak serta terjadinya gelatinisasi pati. Dari percobaan ini, kisaran suhu ekstruder untuk proses optimasi yang dipilih adalah 65-80°C dan kadar air adonan 60% karena menghasilkan sifat fisik mi pati sagu yang terbaik (tidak mudah putus dan tidak lengket).

Tabel 1. Sifat fisik mi pati sagu akibat suhu ekstruder dan kadar air adonan

Suhu (°C)	Kadar air (%)	Sifat fisik mi pati sagu
60	40	Lunak, mudah putus
	50	Lunak, mudah putus
	60	Lunak, mudah putus
	70	Tidak diproses ekstrusi karena adonan cair
65	40	Lunak, mudah putus
	50	Lunak, mudah putus
	60	Agak lunak, tidak mudah putus
	70	Tidak diproses ekstrusi karena adonan cair
80	40	Keras, lengket
	50	Agak keras, tidak lengket
	60	Agak keras, tidak lengket
	70	Tidak diproses ekstrusi karena adonan cair
85	40	Sangat keras, lengket
	50	Keras, lengket
	60	Keras, lengket
	70	Tidak diproses ekstrusi karena adonan cair

Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap sifat fisik mi sagu kering disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, perlakuan suhu dan lama pengeringan pada alat pengering rak mempengaruhi karakteristik mi. Penggunaan suhu 50°C selama 3 jam adalah suhu dan lama pengeringan yang dipilih pada tahapan proses optimasi pembuatan mi sagu kering karena dilihat secara visual menghasilkan sifat fisik mi yang tidak mudah patah dibandingkan penggunaan suhu 40°C dan 60°C.

Tabel 2. Sifat fisik mi sagu kering akibat suhu dan lama pengeringan

Suhu (°C)	Lama pengeringan (jam)	Sifat fisik mi sagu kering
40	3,50	Agak keras, mudah patah
50	3,00	Agak keras, tidak mudah patah
60	2,75	Keras, mudah patah

Optimasi Proses dan Formula dengan Design Expert 7.0

Berdasarkan teknik RSM dengan rancangan *D-Optimal Design* model kuadratik, dari tiga variabel (suhu, GMS, dan ISP) diperoleh 20 satuan percobaan. Tabel 3 menunjukkan total percobaan dan hasil pengukuran optimasi proses

pembuatan mi sagu kering menggunakan RSM. Pengaruh *range* suhu (65-80°C) dan penambahan GMS (0-5%), serta ISP (0-10%) menghasilkan nilai kekerasan (1153,6-19365,2 gf), kelengketan (27,53-425,33 gf), elongasi (2,893-284,853 %), dan *cooking loss* (4,84-30,45%).

Rekapitulasi hasil analisis untuk semua respon terukur disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, model prediksi dari berbagai respon untuk mi sagu kering adalah interaksi 2 faktor (kekerasan), linier (kelengketan), linier (elongasi), dan kuadratik (*cooking loss*). Berdasarkan nilai koefisien determinasi nilai $R^2=0,7766$ untuk kekerasan, $R^2=0,4029$ untuk kelengketan, $R^2=0,5140$ untuk elongasi, dan $R^2=0,8012$ untuk respon *cooking loss*. Nilai hasil R^2 dengan masing-masing model menunjukkan variabel yang digunakan menjelaskan respon terukur.

Tabel 3. Hasil pengukuran mi sagu kering pada proses optimasi menggunakan RSM

No.	Suhu ekstruder (°C)	GMS (%)	ISP (%)	Kekerasan (gf)	Kelengketan (gf)	Elongasi (%)	<i>Cooking loss</i> (%)
1	65	0,0	10,0	2541,2	268,63	64,393	10,8
2	71	2,0	0,0	2030,3	275,83	2,893	10,21
3	80	5,0	0,0	2705,7	289,03	161,443	7,54
4	75	0,0	3,8	8725,1	27,53	82,323	16,48
5	75	0,0	10,0	4547,8	221,63	105,003	14,85
6	80	0,0	0,0	6839,4	146,63	2,893	24,83
7	80	0,0	0,0	19365,2	157,93	2,893	17,68
8	65	0,0	3,5	1871,4	295,33	92,103	17,21
9	65	3,2	10,0	2281,8	254,13	66,683	14,82
10	71	5,0	6,0	2368,3	272,63	110,673	12,07
11	71	1,9	6,1	5229,5	202,93	98,973	13,91
12	74	3,1	10,0	5248,6	425,33	174,533	9,76
13	80	5,0	10,0	3482,0	230,93	251,593	10,2
14	80	2,0	6,0	6837,1	51,43	183,193	9,03
15	80	2,0	6,0	6686,8	81,93	115,353	4,84
16	80	5,0	10,0	1395,1	284,43	153,493	14,11
17	80	5,0	0,0	1228,2	290,23	284,853	8,11
18	65	5,0	0,0	2156,2	294,53	139,023	19,74
19	78	4,5	5,0	2544,9	286,23	104,823	7,64
20	65	5,0	0,0	1153,6	291,13	163,053	30,45

Tabel 4. Rekapitulasi hasil analisis regresi untuk respon terukur pada optimasi pembuatan mi sagu kering

Parameter	Kekerasan	Kelengketan	Elongasi	Cooking loss
Prediksi model	Interaksi 2 faktor	Linier	Linier	Kuadratik
Signifikansi model	0,0012*	0,0369*	0,0078*	0,0142*
A-Suhu	0,0053*	0,0605	0,2549	0,0316*
B-GMS	0,0070*	0,0160*	0,0019*	0,5588
C-ISP	0,2323	0,6171	0,2563	0,4031
AB	0,0089*			0,0153*
AC	0,5438			0,3118
BC	0,6057			0,1981
R ²	0,7766	0,4029	0,5140	0,8012

Keterangan: *signifikan pada taraf 0,05

Analisis Respon

Kekerasan. Model prediksi interaksi 2 faktor untuk respon kekerasan mi sagu kering menunjukkan nilai R² mendapatkan 0,7766, yang berarti variabel yang digunakan dapat menjelaskan respon sebesar 77,66%. Tabel 4 menunjukkan nilai interaksi antara suhu dan GMS berpengaruh nyata terhadap respon yang diamati (p<5%), sedangkan interaksi antara suhu dan ISP (p>5%), dan interaksi antara GMS dan ISP (p>5%) menunjukkan interaksi tidak berpengaruh nyata terhadap respon yang diamati. Persamaan model matematik untuk respon kekerasan mi sagu kering adalah:

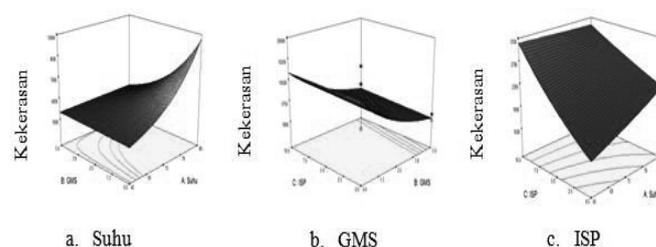
$$\text{Kekerasan (gf)} = -1,14967 + 0,13223A + 1,56764B + 0,19803C - 0,024383AB - 2,49123 \times 10^{-3}AC + 6,35811 \times 10^{-3}BC \quad (3)$$

Keterangan : A=Suhu; B=GMS; C=ISP

Berdasarkan persamaan 3, terlihat bahwa kekerasan dipengaruhi oleh suhu, GMS dan interaksi antara kedua komponen tersebut. Respon kekerasan meningkat seiring peningkatan suhu dan konsentrasi GMS. Hal ini ditunjukkan dengan konstanta yang bernilai positif. Selain itu, kekerasan menurun karena adanya interaksi suhu dan penambahan GMS. Hal ini ditunjukkan dengan konstanta yang bernilai negatif.

Berdasarkan Gambar 1, suhu ekstruder berpengaruh terhadap kekerasan pada produk mi sagu kering. Peningkatan suhu ekstruder dapat meningkatkan kekerasan mi sagu kering karena semakin tinggi suhu ekstruder menyebabkan tingkat gelatinisasi pati sagu semakin meningkat, sehingga amilosa yang keluar dari granula pati menyebabkan viskositas semakin tinggi. Hal ini didukung oleh pernyataan Wang dkk. (2012) bahwa semakin tinggi tingkat gelatinisasi, semakin banyak amilosa yang keluar dari granula pati dan menyebabkan

viskositas yang semakin tinggi ketika retrogradasi. Terjadinya retrogradasi diduga menyebabkan kekerasan yang semakin tinggi. Hal ini didukung dengan pernyataan Marti dkk. (2011) bahwa kekokohan struktur mi dipengaruhi oleh tingkat gelatinisasi granula pati atau tepung. Semakin tinggi suhu ekstruder, semakin tinggi pula tingkat gelatinisasi dan mi yang dihasilkan memiliki tingkat kekerasan yang semakin tinggi.



Gambar 1. Grafik RSM pada respon kekerasan mi sagu kering

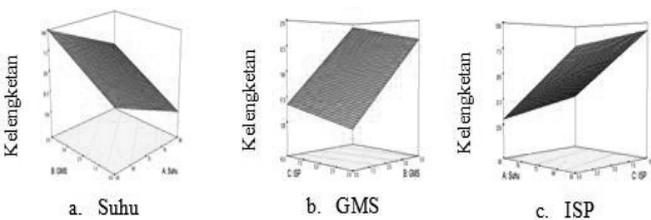
Tabel 4 menunjukkan bahwa penambahan GMS 0-5% berpengaruh nyata terhadap respon kekerasan (p<5%). Penambahan GMS dapat menurunkan nilai kekerasan. Hal ini diduga karena GMS dapat mencegah pergerakan air dan menunjukkan kompleksasi dengan amilosa sehingga menyebabkan kekerasan mi menurun (Gambar 1). Menurut Kaur dkk. (2005) penambahan GMS dapat mencegah terjadinya *swelling* granula pati secara maksimal, selain itu juga dapat mencegah pergerakan air dan menunjukkan kompleksasi dengan amilosa dalam pemasakan mi. Hal ini didukung Richardson dkk. (2003) yang melaporkan bahwa penambahan GMS sebagai *emulsifier* dapat menghambat pelepasan amilosa dari granula pati sampai pada suhu tertentu, namun pada suhu tinggi amilosa keluar diikuti oleh kerusakan granula.

Kelengketan. Kelengketan merupakan daya lengket yang ditunjukkan dengan besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menarik bagian pangan dan memisahkannya dari lempeng kompresi. Nilai kelengketan yang rendah diharapkan dalam pembuatan mi. Model prediksi untuk kelengketan mi sagu kering adalah model linier. Uji ANOVA pada Tabel 4 menunjukkan nilai $R^2=0,4029$ untuk model ini. Variabel linier A (0,0605) dan C (0,6171) tidak berpengaruh nyata terhadap respon kelengketan mi sagu kering ($p>5\%$). Adapun variabel linier B (0,0160) berpengaruh nyata terhadap respon kelengketan ($p<5\%$). Persamaan model matematik untuk respon kelengketan mi sagu kering adalah:

$$\text{Kelengketan (gf)} = 605,56104 - 6,05153A + 23,64548B + 2,27880C \quad (4)$$

Keterangan : A = Suhu; B = GMS; C = ISP

Berdasarkan persamaan 4, terlihat bahwa kelengketan dipengaruhi oleh GMS. Semakin tinggi konsentrasi GMS maka nilai kelengketan semakin meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan konstanta yang bernilai positif. Pengaruh suhu ekstruder dan penambahan GMS dan ISP terhadap kelengketan mi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik RSM pada respon kelengketan mi sagu kering

Berdasarkan hasil uji ANOVA, penambahan GMS berpengaruh nyata terhadap respon kelengketan ($p<5\%$). Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan GMS dapat meningkatkan kelengketan. Menurut Abdorreza dkk. (2012), setiap 100 g pati sagu alami mengandung 30 gr amilosa. Hal ini berarti kandungan amilosa adalah 30%, sedangkan amilopektin adalah 70%. Sesuai dengan yang dilaporkan Mohamed dkk. (2008); Ahmad dkk. (1999) bahwa *range* kandungan amilosa pada pati sagu adalah 24-31%. Semakin besar kandungan amilopektin diduga pati lebih basah, dan lengket. Sebaliknya jika kandungan amilosa tinggi, pati bersifat kering, dan kurang lengket.

Elongasi. Mi dengan persen elongasi tinggi menunjukkan karakteristik mi yang tidak mudah putus. Sifat ini penting karena konsumen tidak menginginkan mi yang hancur saat dimasak atau putus ketika ditarik pada

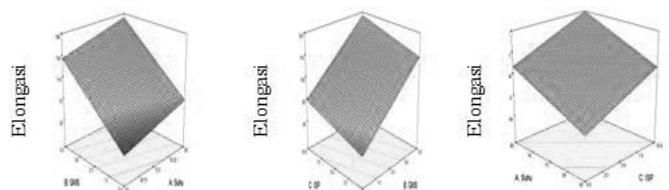
saat dikonsumsi. Model prediksi untuk kelengketan mi sagu kering adalah model linier.

Hasil uji ANOVA untuk model linier menunjukkan nilai $R^2=0,4229$. Variabel linier A (0,2549) dan C (0,2563) tidak berpengaruh nyata terhadap respon kelengketan mi sagu kering ($p>5\%$). Adapun variabel linier B (0,0019) berpengaruh nyata terhadap respon kelengketan ($p<5\%$). Persamaan model matematik untuk responelongasi mi sagu kering adalah:

$$\text{Elongasi (\%)} = -144,52520 + 2,47712A + 22,84960B + 3,68431C \quad (5)$$

Keterangan : A = Suhu; B = GMS; C = ISP

Berdasarkan persamaan 5, terlihat bahwa elongasi dipengaruhi oleh GMS. Respon elongasi meningkat seiring peningkatan konsentrasi GMS. Hal ini ditunjukkan dengan konstanta yang bernilai positif. Pengaruh suhu ekstruder dan penambahan GMS dan ISP terhadap elongasi mi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik RSM pada respon elongasi mi sagu kering

Berdasarkan hasil uji ANOVA pada Tabel 2, penambahan GMS 0-5% berpengaruh nyata terhadap responelongasi ($p<5\%$). Gambar 3 menunjukkan penambahan konsentrasi GMS dapat meningkatkan elongasi mi sagu kering. Hal ini sesuai dengan penelitian Subarna dkk. (2012) yang melaporkan penggunaan 1% GMS dapat meningkatkan elongasi pada mi jagung. Peningkatan elongasi dengan penambahan GMS diduga karena GMS dapat meningkatkan kekompakan mi, sehingga elongasi mi meningkat.

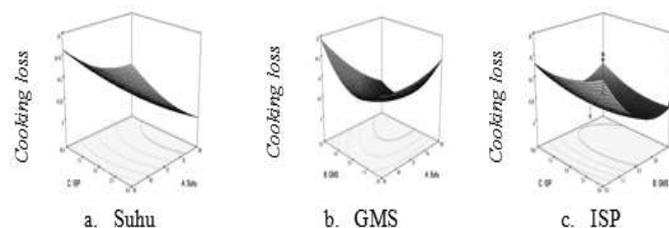
Cooking loss. *Cooking loss* menunjukkan banyaknya padatan dalam mi keluar dalam air selama proses pemasakan. Salah satu parameter yang penting dalam kaitannya dengan kualitas setelah pemasakan adalah *cooking loss*. Nilai *cooking loss* yang semakin kecil adalah yang paling diinginkan. Semakin rendah nilai *cooking loss* menunjukkan bahwa mi tersebut memiliki tekstur yang baik dan homogen. Model prediksi kuadratik untuk respon *cooking loss* mi sagu kering menunjukkan nilai R^2 mendapatkan 0,8012 yang berarti variabel yang digunakan dapat menjelaskan respon sebesar 80,12%.

Tabel 4 menunjukkan nilai interaksi suhu dengan GMS berpengaruh nyata terhadap *cooking loss* ($p < 5\%$) sedangkan interaksi suhu dengan ISP ($p > 5\%$) dan interaksi GMS dengan ISP ($p > 5\%$) menunjukkan tidak berpengaruh nyata terhadap *cooking loss* yang diamati. Persamaan model matematik untuk respon *cooking loss* mi sagu kering adalah :

$$\begin{aligned} \text{Cooking loss (\%)} = & 169,81501 - 0,9040A + 10,62330B - \\ & 4,29081C - 0,22226AB \\ & + 0,040427AC + 0,15285A^2 + \\ & 0,88452B^2 + 0,075114C^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Keterangan : A = Suhu; B = GMS; C = ISP

Berdasarkan persamaan 6, terlihat bahwa *cooking loss* dipengaruhi oleh suhu dan interaksi antara suhu dan GMS. *Cooking loss* menurun seiring peningkatan suhu. Respon *cooking loss* juga menurun dengan adanya interaksi suhu dengan penambahan konsentrasi GMS. Hal ini ditunjukkan dengan konstanta yang bernilai negatif.



Gambar 4. Grafik RSM pada respon *cooking loss* mi sagu kering

Suhu proses yang semakin tinggi menyebabkan *cooking loss* mi semakin rendah. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses menyebabkan *cooking loss* semakin rendah karena suhu yang meningkat menyebabkan tingkat gelatinisasi meningkat. Hal ini sesuai dengan Mestres dkk. (1993) yang menyatakan bahwa proses gelatinisasi dan retrogradasi amilosa menyebabkan *cooking loss* mi semakin rendah.

Proses dan Formula Optimum

Proses optimasi dilakukan untuk mendapatkan suatu proses dengan respon-respon yang optimal. Respon yang

paling optimal diperoleh jika nilai *desirability* mendekati 1. Setiap komponen yang dioptimasi diberikan pembobotan kepentingan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pembobotan kepentingan ini dinamakan kepentingan (*importance*) yang dapat dipilih mulai dari 1 (+) hingga 5 (+++++) sesuai kepentingan variabel respon. Semakin banyak tanda positif yang diberikan menunjukkan tingkat kepentingan variabel respon yang semakin tinggi. Berikut ini komponen yang dioptimasi, nilai target, batas, dan kepentingan (*importance*) pada tahapan optimasi proses dengan menggunakan program *Design Expert 7.0* yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pembatas (*constraint*) pada penetapan proses optimum dengan RSM

Parameter	Tujuan	Batas atas	Batas bawah	Kepentingan
Kekerasan	<i>In range</i>	2500gf	2000gf	3
Kelengketan	Minimum	425,33gf	27,53gf	3
	Elongasi	Maksimum	284,853%	
<i>Cooking loss</i>	Minimum	30,45%	4,84%	3

Berdasarkan tahap optimasi yang dilakukan, program *Design Expert 7.0* memberikan nilai *desirability* untuk berbagai kondisi proses. Nilai *desirability* untuk berbagai kondisi proses dapat dilihat pada Tabel 6.

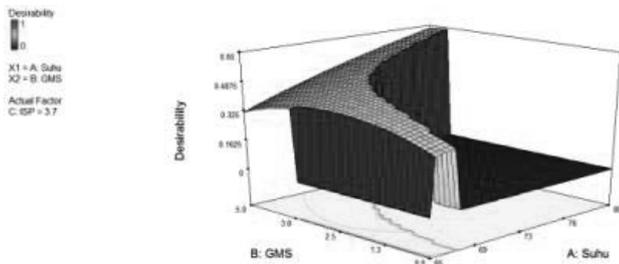
Nilai *desirability* ini didapatkan dari program *Design Expert 7.0* terhadap 20 proses perlakuan yang memberikan hasil optimum. Dari 3 kondisi proses, dipilih perlakuan yang memberikan nilai *desirability* mendekati 1 yang kemudian direkomendasikan oleh program *Design Expert 7.0* sebagai proses hasil optimasi. Nilai *desirability* yang paling mendekati nilai 1 menunjukkan semakin tingginya kesesuaian proses optimasi yang optimal dengan variabel respon yang dikehendaki. Berdasarkan Tabel 6, titik optimum diperoleh pada perlakuan perlakuan suhu 80°C, konsentrasi GMS 4,5% dan konsentrasi ISP 3,7% yang memberikan nilai *desirability* sebesar 0,643 atau 64,3%.

Berdasarkan grafik tiga dimensi pada Gambar 5, area yang rendah menunjukkan nilai *desirability* yang rendah, sedangkan area yang tinggi menunjukkan nilai *desirability* yang tinggi. Kondisi proses ini memiliki tingkat yang diinginkan (*desirability*) paling tinggi yaitu: 0,643.

Tabel 6. Nilai *desirability* untuk berbagai kondisi proses

No.	Suhu	GMS	ISP	Kekerasan	Kelengketan	Elongasi	<i>Cooking loss</i>	<i>Desirability</i>
1	80	4,5	3,7	2499,99	235,101	168,96	6,23398	0,643
2	80	4,4	3,6	2499,96	235,472	168,139	6,26984	0,642
3	80	4,6	4,1	2373,46	240,102	174,362	6,57441	0,641

Berdasarkan hasil proses optimasi yang diambil dari nilai *desirability* yang terpilih (*selected*), mi sagu kering memiliki karakteristik kekerasan 2499,99gf, kelengketan 235,101gf, elongasi 168,96%, dan *cooking loss* 6,23%.



Gambar 5. Grafik optimasi proses berdasarkan nilai *desirability*

Verifikasi Hasil Optimasi

Poin prediksi dari RSM menampilkan nilai prediksi terhadap nilai respon yang diberikan pada proses terpilih. Nilai tersebut diverifikasi untuk mengetahui apakah model dapat memprediksi nilai respon dengan baik. Nilai respon aktual didapatkan dari tahapan verifikasi yang kemudian dibandingkan dengan prediksi respon yang dihasilkan oleh program *Design Expert 7.0*. Program ini juga memberikan *confident interval* dan *prediction interval* untuk setiap nilai prediksi respon pada taraf signifikansi 5%. *Confident interval* adalah rentang yang menunjukkan ekspektasi rata-rata hasil pengukuran berikutnya. *Prediction interval* adalah rentang yang menunjukkan ekspektasi hasil pengukuran respon berikutnya dengan kondisi sama.

Hasil verifikasi yang dilakukan beserta prediksi dari setiap respon dapat dilihat pada Tabel 7. Hasil prediksi nilai respon aktual memiliki karakteristik kekerasan 3044,4 gf, kelengketan 277,83 gf, elongasi 138,30%, dan *cooking loss* 3,65%. Berdasarkan hasil perbandingan data hasil verifikasi dengan prediksi yang dibuat oleh program *Design Expert 7.0*, nilai yang diperoleh dari keempat uji respon proses optimasi mi sagu kering hasil verifikasi yang didapatkan masih memenuhi 95% *confident interval* dan 95% *prediction interval* yang telah diprediksikan. Oleh karena itu, persamaan

yang didapatkan dianggap cukup baik untuk menentukan proses optimum dan respon yang didapatkan.

KESIMPULAN

Penambahan GMS memperbaiki karakteristik mi sagu kering yaitu: meningkatkan elongasi, menurunkan kekerasan dan *cooking loss*. Namun, penambahan ISP tidak berpengaruh nyata terhadap respon kekerasan, kelengketan, elongasi, dan *cooking loss*. Adapun penggunaan suhu ekstruder 80°C menurunkan kekerasan dan *cooking loss* mi sagu kering. Produk yang optimum menggunakan RSM diperoleh pada kondisi proses suhu 80°C, penambahan GMS 4,5%, dan ISP 3,7%. Mi sagu kering pada kondisi ini memiliki kekerasan 2499,62 gf, kelengketan 2235,12 gf, elongasi 168,96%, dan *cooking loss* 6,23%.

DAFTAR PUSTAKA

Abdorreza, M.N., Robal, M., Cheng, L.H., Tajul, A.Y. dan Karim, A.A. (2012). Physicochemical, thermal, and rheological properties of acid-hydrolyzed sago (*Metroxylon sagu*) starch. *Food Science and Technology* **46**: 135-141.

Adawiyah, D.R., Sasaki, T. dan Kohyama K. (2013). Characterization of arenga starch incomparison with sago starch. *Carbohydrate Polymers* **92**: 2306-2313.

Ahmad, F.B., Williams, P.A., Doublierb, J.L., Durand, S. dan Buleon, A. (1999). Physico-chemical characterisation of sago starch. *Carbohydrate Polymers* **38**: 361-370.

Alfons, J.B. dan Rivaie, A.A. (2011). Sagu mendukung ketahanan pangan dalam menghadapi dampak perubahan iklim. *Perspektif* **10**(2): 81-91.

Budijanto, S. dan Yuliyanti (2012). Studi persiapan tepung sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) dan aplikasinya pada pembuatan beras analog. *Jurnal Teknologi Pertanian* **13**(3): 177-186.

Tabel 7. Prediksi dan hasil verifikasi nilai respon proses hasil optimasi dengan program *Design Expert 7.0*

Respon	Prediction	95% CI low	95% CI high	95% PI low	95% PI high	Verification result
Kekerasan	2499,98	1722,87	3627,60	942,26	6632,87	304,4
Kelengketan	235,094	172,88	297,31	51,82	418,37	277,83
Elongasi	168,951	125,51	212,51	40,64	297,26	138,30
<i>Cooking loss</i>	6,23351	1,50	10,97	-3,52	15,99	3,65

- Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian (2013). *Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Tanaman Tahunan Tentang Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Sagu*. Jakarta.
- Haliza, W., Purwani, E.Y. dan Yuliani, S. (2006). Evaluasi kadar pati tahan cerna dan nilai indeks glikemik mi sagu. *Jurnal Teknologi Industri Pangan* **17**(2): 149-152.
- Haryanto, B., Anggraeni, D. dan Cahyana, P.T. (2011). Kajian pengembangan mie sagu dengan metode ekstruder. *Seminar Nasional Perhimpunan Teknologi Pangan Indonesia*; 2011 Sept 15-17; Manado, Indonesia. Patpi. Manado (ID). Hal. 34-37.
- Horndok, R. dan Noomhorn, A. (2007). Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT-Food Science and Technology* **40**: 1723-1731.
- Kaur, L., Singh, J. dan Singh, N. (2005). Effect of glycerol monostearate on the physicochemical, thermal, rheological and noodle making properties of corn and potato starches. *Food Hydrocolloids* **19**: 839-849.
- Marti, A., Pagani, M.A. dan Seetharaman, K. (2011). Understanding starch organization in gluten-free pasta from rice flour. *Carbohydrate Polymers* **84**: 1069-1074.
- Mestres, C., Colona, P., Alexandre, M.C. dan Matencio, F. (1993). Comparison of various processes for making maize pasta. *Journal of Cereal Science* **17**: 277-290.
- Mohamed, A., Jamilah, B., Abbas, K.A., Abdul-Rahman, R. dan Roselina, K. (2008). A review on physicochemical and thermorheological properties of sago starch. *American Journal of Agricultural and Biological Science* **3**(4): 639-646.
- Prabawati, S. dan Suismono (2005). Mendongkrak pemanfaatan sumber pangan dengan sentuhan teknologi. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* **27**: 6.
- Purwani, E.Y., Widaningrum., Thahir, R. dan Muslich. (2006). Effect of heat moisture treatment of sago starch on its noodle quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science* **7**(1): 8-14.
- Richardson, G., Langton, M., Bark, A. dan Anne-Marie, H. (2003). Wheat starch gelatinization - the effects of sucrose, emulsifier and the physical state of the emulsifier. *Starch/Stärke* **55**: 150-161.
- Singhal, R.S., Kennedy, J.F., Gopalakrishnan, S.M., Kaczmarek, A., Knill, C.J. dan Akmar, P.F. (2008). Industrial production, processing, and utilization of sago palm-derived products. *Carbohydrate Polymers* **72**: 1-20.
- Subarna., Muhandri, T., Nurtama, B. dan Firlieyanti, A.S. (2012). Peningkatan mutu mi kering jagung dengan penerapan kondisi optimum proses dan penambahan monogliserida. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* **23**: 2.
- Sugiyono., Thahir, R., Kusnandar, F., Purwani, E.Y. dan Herawati, D. (2009). Peningkatan kualitas mi instan sagu melalui modifikasi *heat moisture treatment*. *Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian Institut Pertanian Bogor Tahun 2009*.
- Sumaryono (2007). Tanaman sagu sebagai sumber energi alternatif. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* **29**: 4.
- Syakir, M. dan Karmawati, E. (2013). Potensi tanaman sagu (*Metroxylon spp*) sebagai bahan baku bioenergi. *Perspektif* **12**(2): 57-64.
- Takahashi, S., Hirao, K. dan Watanabe, T. (1986). Effect of added soybean protein on physico-chemical properties of starch noodles (Harusame). *Journal of the Japanese Society of Starch Science* **33**(1): 15-24.
- Tan, H.Z., Li, Z.G. dan Tan, B. (2009). Starch noodles: history, classification, materials, processing, structure, nutrition, quality evaluating and improving. *Food Research International* **42**: 551-576.
- Li, J.H. dan Vasanthan, T. (2003). Hypochlorite oxidation of field pea starch and its suitability for noodle making using an extrusion cooker. *Food Research International* **36**: 381-386.
- Wang, N., Maximiuk, L. dan Toews, R. 2012. Pea starch noodles: Effect of processing variables on characteristics and optimisation of twin-screw extrusion process. *Food Chemistry* **133**: 742-753.
- Wiraguna, E., Bintoro, H.M.H. dan Wahid, P. (2009). Taksasi Produksi Tanaman Sagu (*Metroxylon Spp.*) di PT National Timber and Forest Product Unit Hti Murni Sagu, Selat Panjang, Riau. *Makalah Seminar Departemen Agronomi dan Hortikultura Institut Pertanian Bogor*.