

OPTIMASI PROSES GELATINISASI BERDASARKAN RESPON SURFACE METHODOLOGY PADA PENCETAKAN BERAS ANALOG DENGAN MESIN TWIN ROLL

Reni Juliana Gultom¹, Sutrisno², Slamet Budijanto³

¹Mahasiswa Pascasarjana (S2), Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan – Fateta IPB

²Departemen Teknik Mesin dan Biosistem – Fateta IPB, Kampus IPB Darmaga, Bogor.

³Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan – Fateta IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor.

email: renijuliana_2004@yahoo.com

Sumber karbohidrat lokal seperti singkong, jagung dan sagu aren dapat dijadikan beras analog mendukung program diversifikasi pangan. Penelitian ini bertujuan untuk pembuatan formula beras analog dan rekayasa proses untuk mendapatkan kondisi optimum proses gelatinisasi pada pencetakan beras analog menggunakan mesin twin roll. Optimasi proses menggunakan *Respon Surface Methodology* (RSM) dengan tiga variabel proses yaitu suhu (67°C, 72°C, 77°C), kadar air (52%, 54%, 56%) dan waktu proses gelatinisasi (19', 23', 27'). Kondisi proses optimum diperoleh pada suhu 77°C pada kadar air 52% dan lama proses gelatinisasi pada saat pemasakan 20 menit. Mutu kekerasan beras analog masih kurang dari target maksimum yang diinginkan, sedangkan derajat gelatinisasi, kelarutan dalam air dan penyerapan air dan kecerahan telah mencapai target yang diinginkan. Analisis produk akhir menunjukkan bahwa beras analog yang dihasilkan memiliki kekerasan, derajat gelatinisasi, daya serap air, kelarutan dalam air dan kecerahan warna sebesar 2,14 kg, 50,99 %, 1,68 g/ml, 0,006 g/2 ml dan 70,37 dengan *desirability* 0,863.

Kata kunci : pencetakan, gelatinisasi, mesin twin roll, beras analog, *respon surface methodology*

ABSTRACT. Reni Juliana Gultom, Sutrisno, Slamet Budijanto. 2014. **Optimization of gelatinisation process based on Respon Surface Methodology of rice analogues moulding by using Twin Roll machine.** Domestic carbohydrate sources such as cassava, maize and sago could be used as raw material of analogue rice support food diversification program. This research aimed to design analogue rice formula and engineering process to obtain the optimum condition of gelatinization process on analogue rice moulding using a twin roll machine. Optimization of process using Response Surface Methodology (RSM) with three variables, such as temperature (67°C, 72°C, 77°C), water content (52 %, 54 %, 56 %) and time of gelatinization process (19', 23', 27'). Results of the research showed that the optimum condition of process was reached at temperature of 77°C, 52 % water content and gelatinization process during cooking for 20 minutes. Hardness quality of analog rice was found still less than desired maximum target. While the degree of gelatinization, water absorption, water solubility index and brightness have reached desired target. An analysis of final product showed that the produced analog rice has value of hardness, degree of gelatinization, water absorption, water solubility and brightness were 2.14 kg, 50.99%, 1.68 g/ml, 0.006 g/2ml and 70.37, respectively, with desirability of 0.863.

Keywords : moulding, gelatinisation, twin roll machine, analog rice, *respon surface methodology*

PENDAHULUAN

Beras merupakan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Konsumsi terhadap beras semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Konsumsi beras masyarakat Indonesia sekitar 139 kg/per kapita/tahun dan termasuk negara konsumsi beras tertinggi di Asia dan selama tiga tahun sebelumnya sebagai negara konsumsi beras tertinggi di dunia.

Program pemerintah dalam upaya mengurangi konsumsi beras terus dilakukan melalui diversifikasi pangan, dengan target konsumsi beras 70 kg/kapita/tahun seperti halnya Malaysia dan Thailand sebesar 80kg/kapita/tahun. Indonesia mempunyai potensi yang besar

menghasilkan produk pertanian sumber karbohidrat pengganti beras. Namun konsumsi sumber karbohidrat ini masih rendah yaitu 14,4 kg/kapita/tahun. Pemerintah ingin mendorong konsumsi aneka karbohidrat lokal ini meningkat menjadi 36 kg/kapita/tahun.

Ketergantungan terhadap beras menjadi masalah disebabkan oleh tingkat konsumsi beras yang sangat tinggi namun tidak diimbangi dengan peningkatan produksi padi. Padahal produk bahan lokal penghasil tepung dan pati sangat beragam jenisnya dan kandungan gizi tidak kalah dengan beras, diantaranya singkong, sagu, dan jagung dapat dijadikan sebagai pengganti beras berbasis lokal.

Budaya masyarakat Indonesia yang sangat kuat akan anggapan belum makan jika belum mengkonsumsi

nasi. Maka perlu dikembangkan alternatif pangan menyerupai beras namun tidak murni terbuat dari beras. Produk didekati karakter beras asli dari bahan sumber karbohidrat lokal sehingga secara psikologi masyarakat merasa mengonsumsi beras. Diharapkan dapat menjadi produk yang diterima oleh konsumen dalam upaya percepatan diversifikasi makanan pokok di Indonesia.

Produk olahan sumber karbohidrat non padi yang dikembangkan akhir-akhir ini adalah beras tiruan dan beras analog. Hingga saat ini teknologi pembuatan beras analog antara lain metode pembutiran atau granulasi^{1,2,3,4,5,6,7}. Perbedaan metode tersebut menyebabkan perbedaan bentuk produk.

Mesin ekstrusi pencetak beras analog saat ini, masih impor dengan harga relatif mahal dengan tenaga listrik yang cukup tinggi. Sedangkan sumber karbohidrat sebagai bahan baku umumnya spesifik lokasi sehingga perlu teknologi yang sesuai untuk menghasilkan produk baik dari aspek formula yang dapat diterima oleh konsumen. Proses pembuatan beras analog pada prinsipnya adalah membentuk dan dipadatkan dengan tekanan, dengan atau tanpa perlakuan panas terhadap bahan – bahan penyusun sehingga dihasilkan bentuk dan komposisi yang diinginkan.

Teknologi pembuatan beras analog telah dikembangkan oleh Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian yaitu : mesin pencetak beras analog tipe *twin roll* dilengkapi dengan mesin proses gelatinisasi dengan suhu yang dapat dikendalikan untuk pemasak dan pencampur sehingga menghasilkan adonan untuk siap dicetak menjadi beras analog.

Suhu gelatinisasi pati adalah suhu pada saat granula pati pecah dengan penambahan air panas dan berbeda-beda bagi tiap jenis pati dan berpengaruh terhadap lama pemasakan. Beras yang mempunyai suhu gelatinisasi tinggi membutuhkan waktu pemasakan lebih lama dan air yang lebih banyak daripada beras yang mempunyai suhu gelatinisasi rendah. Suhu gelatinisasi ini kemungkinan besar disebabkan oleh keragaman kekompakan granula pati. Selain suhu faktor lain yang mempengaruhi kualitas cetakan adalah air. Jumlah air yang ditambahkan adalah 50% dari jumlah tepung dan pati. Jumlah ini juga mengacu pada pembuatan beras analog metode granulasi yang dipatenkan oleh Kuraci² yang menambahkan air sebanyak 50% dari jumlah tepung dan pati (bahan kering). *Precooking* pada pembuatan beras analog menentukan tercapainya derajat gelatinisasi dari kombinasi suhu, kadar air dan waktu yang mempengaruhi kualitas hasil cetakan. Oleh karena itu dilakukan kajian optimasi pada unit pemanas dan pencampur adonan supaya menghasilkan beras analog menyerupai bulir beras dengan mutu fisik mendekati beras

padi. Kondisi optimal pada proses ini ditentukan dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM), yaitu gabungan teknik matematik dan statistik yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis permasalahan pada respon yang dipengaruhi oleh beberapa variabel dan bertujuan memperoleh optimasi respon⁸.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah singkong varietas Adhira 1 yang diperoleh dari lahan budidaya singkong di Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. Jagung putih pipil varietas Srikandi dari petani dan sagu aren diperoleh dari pabrik Cikarang. Bahan lainnya adalah GMS (*Glyserol Monostearat*), *jelly powder*, minyak sawit dan beberapa bahan untuk analisis kimia.

Alat yang digunakan meliputi alat untuk persiapan, pemasakan dan pencetakan beras dan analisis. Alat untuk persiapan adalah mesin sosis untuk menyosoh jagung, mesin penepung, mesin ayakan tepung TA-517 *Sieve Shaker*, timbangan digital, thermometer digital, *moisturiser tester infra red*, gelas ukur, *petridish*, *stopwatch*, plastik sampel, *tachometer*, *desikator*, baskom, sendok kayu. Alat- alat untuk analisis seperti Chromameter Minolta CR 300, hardness tester, RVA (*Rapid Visco Analyzer*). Alat pemasakan dan pencetakan beras analog disajikan pada Gambar 1.

Persiapan Bahan Baku

Proses penyiapan ketiga bahan utama yaitu singkong dilakukan dengan pengupasan kulit, pencucian, pamarutan dan penyaringan dengan mengurangi cairan singkong parut untuk mempermudah penyesuaian kadar air formula. Proses penepungan jagung putih dilakukan



Gambar 1. Mesin pemasak dan pencetak beras analog *twin roll*

Figure 1. *Precooking and twin roll machine molding of analogues rice*

teknik penepungan kering terdiri atas dua tahap, yaitu proses penggilingan kasar dengan penyosohan, pencucian dan pengambungan. *Grits* yang dihasilkan dipisahkan dari kotoran dan tepung kasar. Selanjutnya *grits* direndam dan dikeringkan. Penggilingan (penepung *multi mill* saringan 80 *mesh*), pengeringan tepung, pengayakan tepung ukuran lolos 60 *mesh*. Sedangkan bahan sagu aren diayak untuk menghasilkan tepung lolos 80 *mesh*.

Karakterisasi bahan baku

Karakterisasi bahan baku meliputi analisis proksimat dan studi literatur berdasarkan data sekunder. Karakterisasi yang dilakukan pada bahan baku meliputi analisis: a). Warna; metode Hunter; b). Penentuan suhu gelatinisasi dan viskositas; metode amilograf c). kadar amilosa; metode IRR1⁹ d). kadar air kadar abu⁹, metode oven⁹ f). kadar lemak, metode ekstraksi soxhlet⁹ g). kadar protein; metode mikro-Kjeldahl h). Analisis kadar karbohidrat (*by difference*).

Proses pembuatan beras analog

Proses pencetakan beras analog dilakukan dengan tahapan penimbangan dan pencampuran tepung dan pati serta bahan pengikat. Komposisi terdiri dari singkong parut, jagung putih dan sagu aren. Bahan utama dicampur dengan air sesuai formula dengan tiga variabel kadar air dengan *hand mixer* selama 5 menit, GMS 2 %. Menurut Budijanto *et al.*,⁷, penggunaan monogliserida dapat memperkokoh keberadaan air di dalam adonan yang berfungsi sebagai *plasticizer*¹⁰. Komponen lain adalah minyak sawit 3 persen¹⁶ dan *jelly powder* 0,05 persen. Pada konsentrasi 3 persen atau lebih lipid tidak mempengaruhi sifat ekspansi adonan tetapi akan mengurangi laju ketika lebih dari 5 persen. Adonan dimasukkan ke *chamber* alat pemasak-pengaduk untuk proses gelatinisasi. Optimasi proses gelatinisasi dengan RSM variabel : suhu (67, 72, 77) °C ; kadar air (52, 54, 56) % ; waktu (19, 23, 27) menit pada putaran pengaduk 116 rpm. Adonan hasil proses gelatinisasi dimasukkan pada mesin pencetak pada putaran *roll* 19 rpm. Adonan dimasukkan ke pengumpan mesin pencetak yaitu *roll* cetakan beras, berbentuk beras (*ellips*) dimensi panjang 6 mm dan tebal 2 mm. Jumlah cetakan beras pada *roll* 2900 butir lima jalur.

Optimasi proses pencetakan beras analog pada tahap proses gelatinisasi

Pada penelitian ini optimasi proses menggunakan teknik RSM dengan rancangan *Box behnken* desain. Variabel yang digunakan adalah suhu pemasakan proses gelatinisasi, kadar air dan waktu gelatinisasi pada alat pemasak. Rancangan percobaan dan analisis data

mengikuti kaidah urutan RSM, dengan perlakuan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan dan kode perlakuan

Table 1. Treatments and code

Perlakuan/ Treatments	Kode Perlakuan (Y)/ Treatment code		
	-1	0	+1
X ₁ (°C)	67	72	77
X ₂ (%)	52	54	56
X ₃ (menit)	19	23	27

Penentuan variabel perlakuan kadar air didasarkan pada paten kisaran kadar air pembuatan beras tiruan adalah 50%², dan perlakuan ini didukung dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan sebelum penentuan perlakuan yang menunjukkan bahwa perlakuan kadar air pada kisaran tersebut menghasilkan beras analog dengan mutu hasil cetakan terbaik. Perhitungan analisis suhu bahan dari suhu *chamber* alat pragelatinisasi (Tabel 2) sedangkan suhu dan waktu pencetakan mengacu pada suhu gelatinisasi adonan dan waktu gelatinisasi hasil analisis *amilograph* tepung (Tabel 3).

Analisis penentuan suhu bahan pada mesin *precooking* proses pragelatinisasi :

Suhu bahan didalam *chamber* pemasak- pengaduk

$$(T_a - T)/(T_a - T_i) = e^{-(h \cdot A)/(p \cdot C_p \cdot v) \cdot t} \quad (1)$$

$$A = 2\pi r^2 \quad (2)$$

$$V = 2/3\pi r^3 \quad (3)$$

dimana :

T_a = suhu permukaan *chamber* pemanas (luar) (°C)

T_i = suhu steam (°C)

T = suhu bahan (°C)

h = koefisien transfer panas (J/s)

A = luas permukaan *chamber* (m²)

ρ = massa jenis adonan /campuran tepung (g/m³)

C_p = panas spesifik (KJ/kg °C)

V = Volume *chamber* (m³)

$$C_p = 4,180X_w + 1,711X_p + 1,928X_f + 1,547X_c \quad (4)$$

+0,908X_a; Choi and Okos²⁶ ; X = mass fraction of component (water, protein, fat, karbohidrat and ash)

Entalphy

$$h = m C_p (T_2 - T_1) \quad (J/s) \quad (5)$$

Dimana : h = entalphi (KJ)

m = massa bahan (g)

Perkiraan model yang digunakan berupa model linier maupun polinomial (kuadrat). Program Minitab 14

Tabel 2. Analisis karakteristik *precooking* proses gelatinisasi
 Table 2. The characteristic *precooking* of gelatinization process

Parameter analisis / Analysis Treatment	Perlakuan /Treatment Kadar air/ Moisture (%)		
	a	b	c
Analisis karakteristik prigelatinisasi			
Luas <i>chamber</i> (m ²)	0.09		
Volume <i>chamber</i> (m ³)	3,61 x 10 ⁻³		
Suhu steam (°C)	90-100		
Massa jenis adonan/p (kg/m ³)	782	791	799
Panas jenis adonan /Cp (KJ/kg°C)	3,19	3,27	3,36
Enthalphi/h (KJ)	197,78	202,74	208,32
Suhu bahan adonan (°C)	67	72	77
Waktu pemanasan <i>chamber</i> (menit)	6,5	8	9,7

Keterangan : a,b dan c = kadar air formula, berturut-turut 52 %,54 % dan 56 %

Remarks: a, b, and c = Formulas moisture, 52%, 54% and 56%

digunakan untuk mendesain dan mengolah data, masing – masing model dinyatakan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \text{ (linier)} \dots \dots \dots (6)$$

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_{0i} X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon \text{ (kuadratik)} \dots \dots \dots (7)$$

Dengan : Y merupakan respon pengamatan, β_0 : intersep, β_i : koefisien linier, β_{ii} : koefisien kuadrat, β_{ij} : koefisien interaksi perlakuan, X_i : kode perlakuan untuk faktor ke- i , X_j : kode perlakuan untuk faktor ke- j dan ϵ : jumlah faktor yang dicobakan.

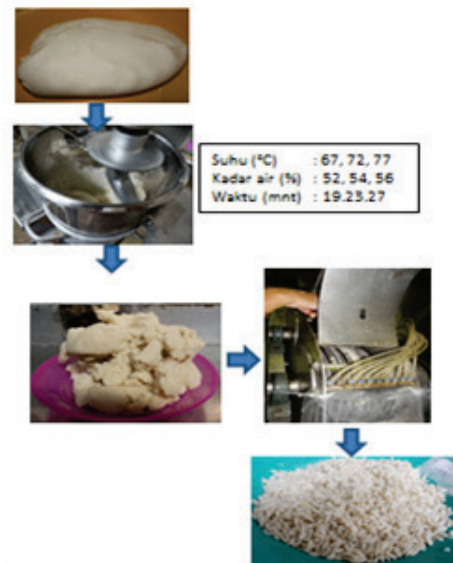
Respon mutu produk yang diukur (Y) adalah mutu fisik beras analog yaitu : kekerasan, derajat gelatinisasi, *Water Absorption Index (WAI)*, *Water Solubility Index (WSI)* dan kecerahan warna (*brightness*) beras analog.

Proses pemasakan dan pencetakan pada pembuatan beras analog dengan mesin *twin roll* meliputi : pembuatan adonan dari formulasi bahan tepung dan pai sebagai bahan utama terdiri dari singkong parut, tepung jagung dan tepung sagu (50 :40:10) dengan ditambahkan dengan air sesuai perlakuan. Adonan dimasukkan ke mesin *precooking* untuk dimasak untuk terjadi proses gelatinisasi pada perlakuan suhu dan waktu. Adonan tergelatinisasi siap dimasukkan ke mesin pencetak *twin roll* untuk dicetak mejadi beras analog. Tahapan proses pencetakan disajikan pada Gambar 2.

Beras analog, setelah dicetak selanjutnya dikeringkan dengan pengering hembus udara (tanpa pemberian panas) selama 1 jam dan selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan pengering *tray* pada suhu 55°C selama 4 jam. Produk beras analog memiliki kadar air akhir sekitar 9 -14 %.

Analisis karakteristik mutu fisik beras analog

Analisis mutu fisik beras analog yang dilakukan adalah kekerasan, derajat gelatinisasi, *Water Absorption Index (WAI)*, *Water Solubility Index (WSI)* dan kecerahan (*brightness*). Beras analog yang dianalisis adalah beras yang telah di keringkan pada suhu 50 - 60 °C selama kurang lebih 4 jam. Analisis ini menggunakan metode sebagai berikut analisis kekerasan (*hardness*), derajat gelatinisasi (Metode *Spektrofotometer*) penyerapan air (*Water Absorption Index*) dan kelarutan air (*Water Solubility Index*)¹⁴ serta kecerahan warna (*brightness*) dengan Chromameter Minolta CR 300.



Gambar 2. Proses pencetakan beras analog
 Figure 2. The rice analogues moulding proceess

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi proses pembuatan beras analog

Berdasarkan teknik RSM dengan rancangan *Box behnken*, desain model dari tiga taraf perlakuan, diperoleh 15 satuan percobaan. Kombinasi variabel suhu, kadar air, dan waktu proses gelatinisasi pada alat pemasak pengaduk. Hasil pengukuran lima parameter mutu fisik proses beras analog, disajikan pada Tabel 4.

Profil gelatinisasi singkong, jagung putih dan sagu aren

Profil gelatinisasi pati bahan dilakukan untuk mengetahui pola gelatinisasi dengan mengukur sifat-sifat amilografi menggunakan alat *Rapid Visco Amylograph* (RVA). Karakter amilografi diindikasikan oleh proses gelatinisasi dan karakteristik sebagai salah satu faktor kualitas bahan baku tepung dan penentuan kondisi proses. Waktu dan suhu awal gelatinisasi setiap varietas berbeda, hal ini berhubungan erat dengan komposisi

kimia setiap bahan. Menurut Charles *et al.*,¹⁵ kandungan amilosa yang berbeda memiliki sifat fungsional seperti suhu gelatinisasi dan viskositas yang berbeda.

Parameter yang diketahui pada profil gelatinisasi meliputi suhu Gelatinisasi (°C), Viskositas Puncak (cP), Viskositas Pasta Panas (cP), Viskositas Breakdown (cP), Viskositas Pasta Dingin (cP), Viskositas Setback (cP) dan Lama Gelatinisasi (m). Suhu gelatinisasi merupakan suhu ketika mulai terdeteksi terjadinya peningkatan viskositas yang disebabkan oleh pengembangan granula pati. Suhu gelatinisasi bahan dapat menentukan suhu yang paling baik digunakan selama proses perlakuan pemanasan karena pada proses tersebut diharapkan terjadi gelatinisasi pati. Jika suhu proses jauh lebih rendah dibandingkan suhu gelatinisasi, maka dapat menghasilkan beras analog yang rapuh dan tidak dapat diolah menjadi nasi. Berdasarkan hasil analisis profil gelatinisasi pati dari adonan beras analog diketahui pola gelatinisasi pati bahan baku beras analog yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Profil gelatinisasi singkong, jagung putih, sagu aren dan adonan

Table 3. Gelatinization profile of casava, white corn, sago and dough

Profil gelatinisasi/ Gelatinisation Profile	Satuan/ unit	Singkong/ casava	J. putih/ w. corn	Sagu aren/ sago	Adonan/ dough
Waktu gelatinisasi (Time pasting, TP)	menit	7,53	8,73	6,13	9,13
Suhu Gelatinisasi (Pasting Temperature, PT)	°C	68,8	84,9	74,85	77,7
Viskositas Maksimum (Peak Viscosity, PV)	cP	5145	1754	1860	784
Viskositas Pasta Panas (Hot Paste Viscosity, HPV)	cP	2013	1182	1236	528
Viskositas Breakdown (VB)	cP	3132	572	1315	256
Viskositas Pasta Dingin (Cold Paste Viscosity, CPV)	cP	3582	4148	1236	880
Viskositas Setback (VS)	cP	1569	2966	691	352

Tabel 4. Hasil pengukuran mutu fisik beras analog pada proses optimasi menggunakan RSM

Table 4. The result of quality rice analogues on optimization proses using RSM

Run	Variabel bebas (X)			Respon (Y)				
	X ₁	X ₂	X ₃	Kekerasan (kg)	Derajat gelatinisasi (%)	WAI (gr/ml)	WSI (gr/ 2ml)	Kecerahan
1	67	52	23	1.27	76.79	1.43	0.009	71.18
2	77	52	23	1.34	67.14	1.39	0.007	73.36
3	67	56	23	0.72	92.13	1.53	0.010	71.66
4	77	56	23	1.31	51.67	2.09	0.008	68.65
5	67	54	19	1.19	40.20	1.37	0.009	72.34
6	77	54	19	2.92	43.31	2.20	0.007	67.46
7	67	54	27	1.91	83.39	1.69	0.009	69.35
8	77	54	27	2.42	70.52	1.70	0.008	69.38
9	72	52	19	2.59	49.78	1.47	0.006	68.44
10	72	56	19	2.16	62.33	1.75	0.008	68.90
11	72	52	27	1.28	57.25	1.48	0.009	73.21
12	72	56	27	1.10	57.09	1.95	0.009	70.22
13	72	54	23	2.90	77.92	1.50	0.008	67.35
14	72	54	23	2.87	80.37	1.60	0.008	68.07
15	72	54	23	2.79	78.53	1.51	0.009	67.51

Ket: X₁ = Suhu (°C) ; X₂ = Kadar air (%) ; X₃ = Waktu pemasakan – proses gelatinisasi (menit)

Remarks : *temperature (°C) ; X₂ = water content (%) ; X₃ = precooking time - gelatinization process (minute)*

Hasil model optimasi dengan RSM disajikan pada Tabel 5. Masing – masing parameter mutu fisik dapat dijelaskan dengan model. Berdasarkan p – value, parameter menunjukkan model signifikan ($p < 0,05$) dan tidak signifikan *lack of fit* ($p > 0,05$). Hasil uji kesahihan model menunjukkan bahwa model mempunyai koefisien determinansi (R^2) diatas 0,75. Hal ini menunjukkan bahwa 0,75 dari keragaman parameter optimasi dapat dijelaskan dengan model. Nilai R^2 pada metode RSM diatas 0,75 dianggap cukup baik untuk menyusun model¹⁵.

Hasil estimasi koefisien regresi dan analisis varian dari optimasi lima respon kekerasan, derajat gelatinisasi, WAI, WSI dan kecerahan beras analog oleh tiga input variabel masing – masing suhu, kadar dan waktu diajikan pada Gambar 3.

Respon kekerasan. Kekerasan memiliki peranan yang sangat penting untuk stabilitas produk ketika disimpan dan didistribusikan sehingga merupakan respon yang diperhitungkan dalam pemilihan kisaran optimal secara keseluruhan. Kekerasan adalah, kekuatan

Tabel 5. Model matematik optimisasi berbagai respon mutu fisik beras analog

Table 5. Mathematical models optimization of physical quality response analogues rice

Respon	Orde Model	p-value		Prediksi R^2	Adjust R^2	Model optimasi
		Model	Lack of fit			
Kekerasan/ Firmness	Kuadratik	0,027 (sig)	0,008 (sig)	0,865	0,622	$Y_1 = 2.85333 + 0.3625X_1 - 0.14875X_2 - 0.26875X_3 - 0.68292X_1^2 - 1.01042X_2^2 - 0.06042X_3^2 + 0.13X_1X_2 - 0.305X_1X_3 + 0.0625X_2X_3$
Der.gelatinisasi (%) / Gelatinisation degree	Kuadratik	0,182 (n sig)	0,006 (sig)	0,766	0,344	$Y_2 = 76.94 - 7.484X_1 + 1.532X_2 + 9.079X_3 - 2.133X_1^2 - 4.875X_2^2 - 17.453X_3^2 - 7.702X_1X_2 - 3.995X_1X_3 - 3.177X_2X_3$
Penyerapan air/WAI (ml/gr)	Linier- Interaction	0,002 (sig)	0,149 (n sig)	0,874	0,779	$Y_3 = 1.644 + 0.17X_1 + 0.193375X_2 + 0.00375X_3 + 0.15X_1X_2 - 0.205X_1X_3 + 0.0475X_2X_3$
Kelarutan dalam air /WSI (gr/2 ml)	Linier	0,001 (sig)	0,593 (n sig)	0,753	0,686	$Y_4 = 0.008267 - 0.000875X_1 + 0.0005 + 0.000625X_2$
Kecerahan warna/Brightness	Kuadratik	0,079 (n sig)	0,049 (sig)	0,850	0,579	$Y_5 = 67.6433 - 0.71X_1 - 0.845X_2 + 0.6275X_3 + 1.5046X_1^2 + 2.0646X_2^2 + 0.4846X_3^2 - 1.2975X_1X_2 + 1.2275X_1X_3 - 0.8625X_2X_3$

Ket : X_1 = suhu (%), X_2 = kadar air (%), X_3 = Waktu gelatinisasi adonan, sig = signifikan ($\alpha = 0,05$), n sig = tidak signifikan ($\alpha = 0,05$)

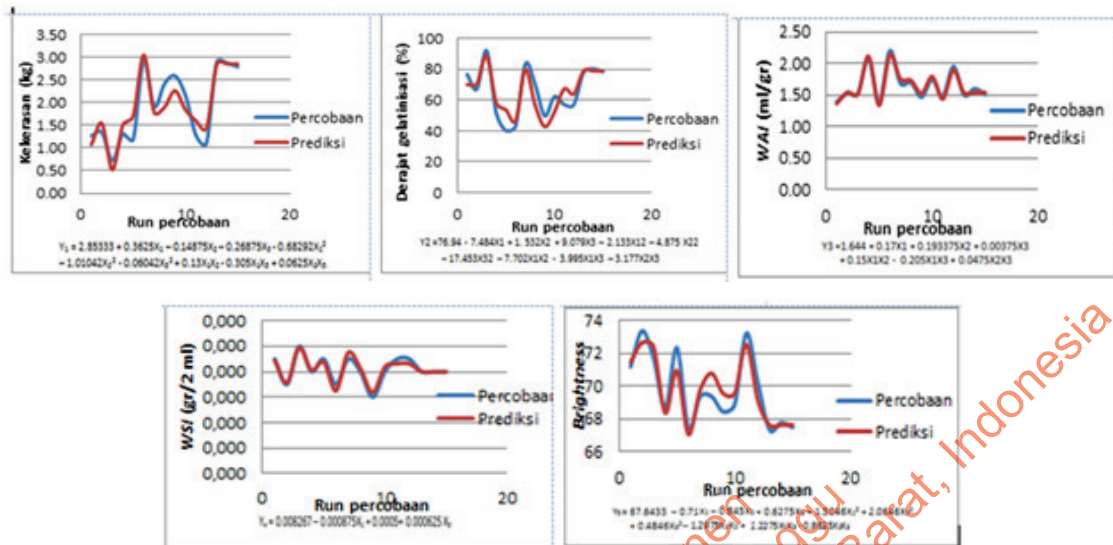
Remarks : X_1 = temperature (%), X_2 = water content (%), X_3 = precooking time, sig = significant ($\alpha = 0,05$), n sig not significant ($\alpha = 0,05$)

Tabel 6. Rekapitulasi analisa regresi untuk respon terukur optimasi pencetakan beras analog

Table 6. The recapitulation of analysis regression moulding optimization for response analogues rice

Parameter/ Parameter	Mutu fisik/ Physical quality				
	Kekerasan (Firmness(kg))	Der. Gelatinisasi /Gelatinisation degree (%)	Penyerapan air/WAI (ml/gr)	Kelarutan dalam air/WSI (gr/2 ml)	Kecerahan (Brightness)
Prediksi model	Kuadratik	Kuadratik	Linier- Interaksi	Linier	Kuadratik
Signifikansi model	0,027*	0,182	0,002**	0,001**	0,079
X_1 (suhu)	0.086	0.157	0.004**	0.001**	0.196
X_2 (kadar air)	0.422	0.747	0.002**	0.033*	0.136
X_3 (waktu)	0.175	0.099	0.932	0.011*	0.245
X_1^2	0.041*	0.760	-	-	0.085
X_2^2	0.010*	0.494	-	-	0.032*
X_3^2	0.819	0.046*	-	-	0.520
$X_1 X_2$	0.612	0.280	0.037*	-	0.112
$X_1 X_3$	0.261	0.557	0.009**	-	0.128
$X_2 X_3$	0.805	0.638	0.452	-	0.257
R^2	0.865	0.766	0.874	0.753	0.850
Bentuk optimisasi	Maksimisasi	Maksimisasi	Rising ridge	Rising ridge	Minimisasi
Titik stationer	72°C, 54%, 22'	77°C, 56%, 20'	76°C, 55%, 27'	77°C, 52%, 19'	72°C, 52%, 27'
Nilai Respon	2,92 kg	50 %	1,8 ml/gr	0,006 gr/2ml	71

Ket : *signifikan ($\alpha = 0,05$), ** signifikan ($\alpha = 0,01$) / Remarks : *significant ($\alpha = 0,05$), ** significant ($\alpha = 0,01$)



Gambar 3. Profil hasil optimasi kekerasan, derajat gelatinisasi, WAI, WSI dan kecerahan prediksi model dan hasil percobaan

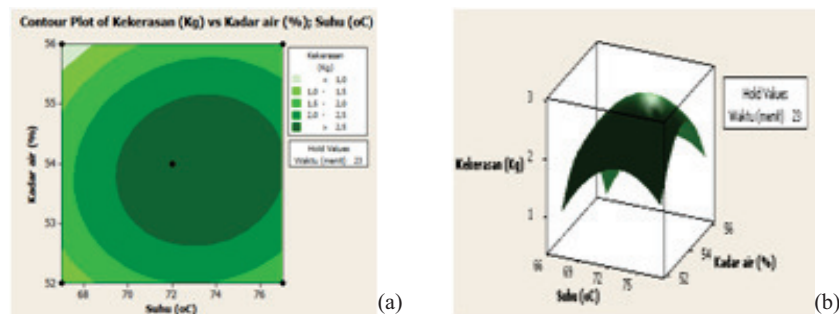
Figure 3 . Optimazation profile of hardness, gelatinization degree, WAI, WSI and brightness, between prediction and experiment

maksimum yang diperlukan sebuah probe untuk menembus suatu bahan. Nilai kekerasan yang diinginkan adalah relatif besar atau mendekati kekerasan beras sosoh. Uji parameter model menunjukkan bahwa variabel kuadrat suhu dan kadar air memiliki pengaruh penting pada peningkatan kekerasan beras analog dikarenakan p-value cukup kecil seperti disajikan pada Tabel 6.

Kontur respon kekerasan yang merupakan fungsi dari suhu, kadar air adonan dan waktu gelatinisasi. Gambar 4 menunjukkan bahwa kondisi optimum proses gelatinisasi dapat diperoleh dengan mengatur suhu, kadar air dan waktu. Gambaran kisaran optimal pada respon kekerasan dapat diketahui dari tampilan kontur plot dan permukaan plot tiga dimensi, disajikan pada Gambar 4.

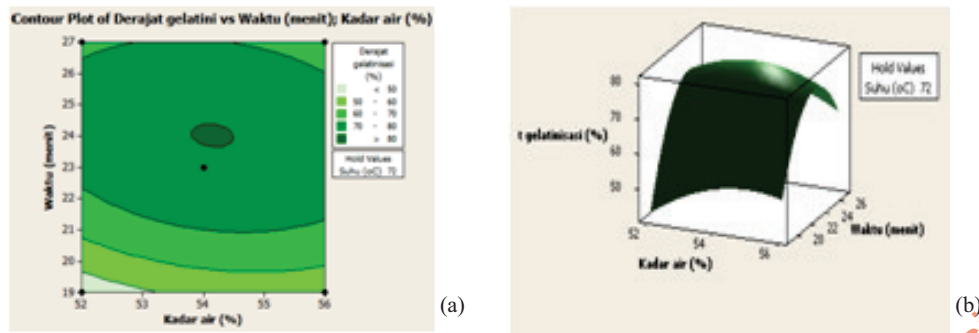
Jika dilihat dari persamaan model Tabel 4, dalam suku faktor kekerasan bahwa suhu dan waktu mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kekerasan (Y_1) karena

mempunyai koefisien paling besar, diikuti oleh kadar air. Koefisien linier X_1 , interaksi baik X_1X_2 , dan X_2X_3 bernilai positif sehingga berkontribusi meningkatkan kekerasan. Koefisien bernilai negatif mempunyai tren kebalikan. Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhu dan semakin rendah kadar air akan meningkatkan nilai kekerasan. Hasil analisis untuk menentukan titik optimum dengan penentuan titik stationer pada respon kekerasan diperoleh pada suhu 77°C, kadar air 52 % dan waktu gelatinisasi 22 menit. Menurut Ding *et al.*,¹⁷ kadar air, suhu dan waktu kecepatan aliran bahan dalam pencetakan beras memiliki efek yang signifikan terhadap kekerasan. Menurut Harrow dan Martin¹⁸, rasio tepung pregelatinisasi/tidak tergelatinisasi di dalam komposisi adonan mempengaruhi bentuk dan kepadatan. Jika kurang dari 30 persen dari tepung pregelatinisasi maka produk beras analog yang terbentuk mempunyai sifat rehidrasi



Gambar 4. Kontur (a) dan permukaan respon (b) kekerasan beras analog

Figure 4. Contour and response surface of hardness analogues rice



Gambar 5. Kontur (a) dan permukaan respon (b) derajat gelatinisasi beras analog
 Figure 5. Contour (a) and response surface (b) of gelatinization degree analogues rice

yang rendah. Perbandingannya lebih dari 70 persen akan mempengaruhi karakteristik pencetakan dan akan sulit mengendalikan bentuk dan ukuran beras analog. Namun faktor utama yang dapat mempengaruhi kepadatan dan pengembangan produk adalah kelembaban bahan. Dengan kadar air yang lebih tinggi gelatinisasi pati akan berkurang dan pertumbuhan gelembung akan dihambat sehingga menghasilkan produk akhir yang padat¹. Akan tetapi pada kondisi waktu yang lebih lama menurunkan kekerasan pada kadar air yang lebih rendah karena akan memberikan efek remah pada bahan. Pada pencetakan bahan berbasis tepung dan pati dengan ekstrusi suhu tinggi mengakibatkan air cepat menguap ketika keluar dari *die* menyebabkan permukaan produk bahan tepung dan pati menjadi kering.

Derajat gelatinisasi. Gelatinisasi merupakan hal terpenting dalam banyak modifikasi produk basis pati seperti pemasakan sehingga sangat dipengaruhi suhu. Fenomenanya kompleks dan berdampak pada perubahan secara nyata, fisik, kimia dan kandungan pati¹¹. Derajat gelatinisasi menunjukkan sifat *birefringence* dan pola difraksi sinar-X granula pati mulai hilang. Suhu gelatinisasi diawali dengan pembengkakan yang *irreversible* granula pati dalam air panas dan diakhiri tepat ketika granula pati telah kehilangan sifat kristalnya^{20,21}. Tan *et al.*,²² menyatakan bahwa suhu dimana sifat *birefringence* granula pati mulai menghilang dihitung sebagai suhu awal gelatinisasi. Keadaan media pemanasan juga mempengaruhi proses gelatinisasi adalah rasio air/pati, laju pemanasan, dan adanya komponen-komponen lain dalam media pemanasannya. Uji parameter model respon derajat gelatinisasi menunjukkan bahwa variabel kuadrat suhu dan waktu memiliki pengaruh penting pada peningkatan persen gelatinisasi dikarenakan *p-value* lebih kecil. Kisaran optimal pada respon derajat gelatinisasi dapat diketahui dari tampilan plot kontur dan permukaan tiga dimensi. Visualisasi RSM disajikan pada Gambar 5.

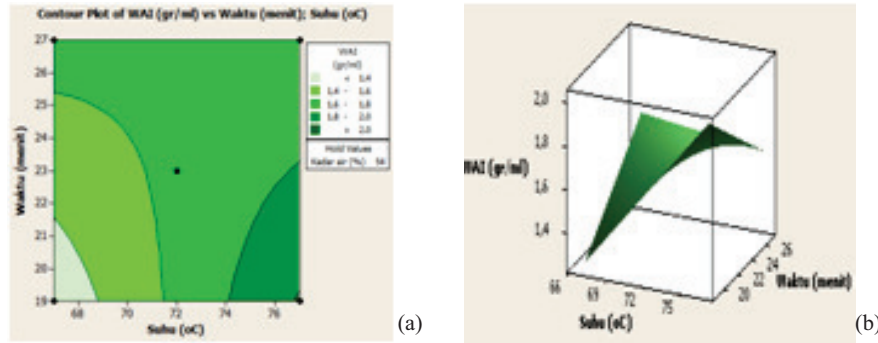
Persamaan model Tabel 5, dalam suku faktor derajat gelatinisasi bahwa suhu dan waktu mempunyai pengaruh penting terhadap Y_1 karena mempunyai koefisien paling besar, diikuti oleh kadar air. Hasil analisis untuk menentukan titik optimum dengan penentuan titik stasioner pada respon derajat gelatinisasi diperoleh pada suhu 77°C, kadar air 56 % dan waktu gelatinisasi 20 menit.

Gelatinisasi meningkat semakin lamanya pemasakan dan meningkatnya suhu pada kadar air yang sama. Hal ini terjadi karena terjadinya pengembangan granula dan jumlah amilosa terlarut. Van den Eijnde *et al.*,²³ mengatakan bahwa pada proses pembuatan produk bahan pati, pada suhu tinggi dapat mengganggu kestabilan ikatan granula pati sehingga pati lebih mudah tergelatinisasi. Waktu pemasakan berbanding lurus pada peningkatan suhu selama proses pemasakan sehingga mempengaruhi peningkatan proses gelatinisasi.

Water Absorption Index. Indeks penyerapan air menunjukkan jumlah air yang dapat diserap oleh produk. Berdasarkan Tabel 6, suhu pemasakan dan kadar air berpengaruh nyata ($p < 0,05$) pada peningkatan daya penyerapan air (*water absorption index*) beras analog.

Untuk respon ini kadar air merupakan variabel yang paling berpengaruh karena berperan sebagai pembungkus material adonan selama pemasakan, mengurangi degradasi granula pati dan mengakibatkan kapasitas penyerapan air meningkat. Peningkatan suhu dan kadar air meningkatkan WAI dan dapat dijadikan sebagai indeks gelatinisasi²⁴. Umumnya WAI meningkat secara paralel dengan peningkatan suhu. WAI memiliki puncak maksimum pada suhu tertentu, setelah itu menurun dengan peningkatan dekstrinasi²⁵. Visualisasi permukaan model disajikan pada Gambar 6.

Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa WAI beras sosoh adalah 1,612 g/ml dan WAI beras analog berada di dalam range tersebut. Kandungan amilosa yang tinggi tidak memberi pengaruh yang signifikan pada



Gambar 6. Kontur (a) dan permukaan respon (b) penyerapan air beras analog

Figure 6. Contour (a) and response surface (b) of WAI analogues rice

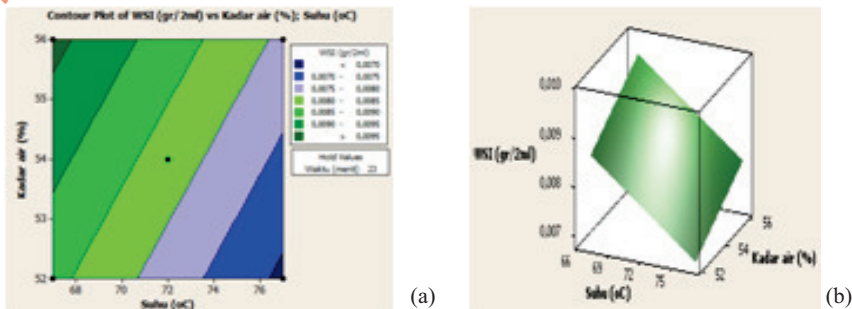
WAI sekalipun pada suhu yang tinggi²⁶. Akan tetapi, kadar air menjadi variabel yang cukup berpengaruh pada WAI. Persamaan model Tabel 5, dalam suku faktor WAI bahwa suhu, kadar air, interaksi suhu dan kadar air serta suhu dan waktu mempunyai pengaruh penting terhadap Y_3 , karena p-value variabel tersebut paling kecil. Respon WAI, kadar air merupakan variabel yang paling berpengaruh karena berperan sebagai *plasticizer* yang memproteksi selama pemasakan, mengurangi degradasi granula pati dan mengakibatkan kapasitas penyerapan air meningkat, demikian halnya dengan peningkatan suhu dan kombinasi pengaruh kedua parameter tersebut dapat dijadikan sebagai indeks gelatinisasi¹ WAI memiliki puncak maksimum pada suhu tertentu, setelah itu menurun dengan peningkatan dekstrinasi²³. Menurut, Tam *et al.*,²⁷ suhu dan tekanan yang semakin tinggi menyebabkan kemampuan tepung menyerap air semakin tinggi sejalan dengan itu kelengketan pada waktu pencetakan menurun dengan waktu yang semakin lama.

Water Solubility Index. Indeks kelarutan air menunjukkan jumlah partikel yang dapat larut dalam air. WSI, sering digunakan sebagai indikator dari degradasi komponen – komponen molekul pati setelah proses pengolahan^{28,3}. Tiga komponen yang mempengaruhi nilai

WSI yaitu serat, pati dan protein. Hal ini menyebabkan WSI beras padi lebih rendah dibanding beras analog dan kelarutan tersebut berpengaruh pada mutu tanak nasi ketika dimasak. Oleh karena itu beras analog lebih mudah larut dan tidak sepadat dan setanak nasi beras padi. Indeks kelarutan beras analog hasil percobaan berkisar antara 0,006 – 0,010 g/2 ml. Nilai WSI yang diinginkan adalah relatif kecil atau mendekati WSI beras padi. Uji parameter model menunjukkan bahwa variabel suhu, kadar air dan waktu memiliki pengaruh penting pada penurunan WSI beras analog dikarenakan p-value cukup kecil.

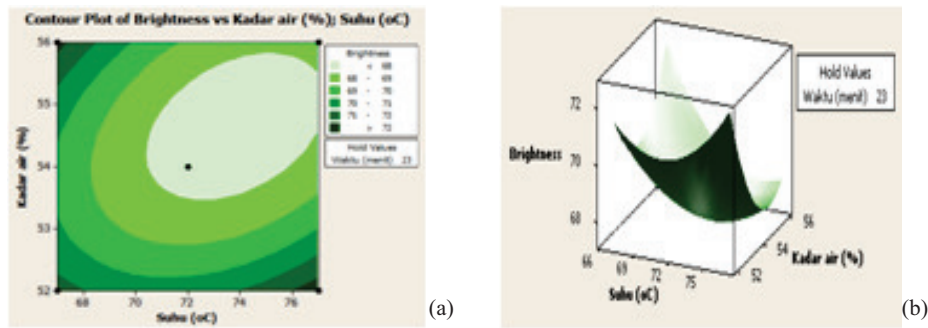
Kontur respon kekerasan yang merupakan fungsi dari suhu, kadar air adonan dan waktu gelatinisasi. Gambaran kisaran optimal pada respon WSI dapat diketahui dari tampilan plot kontur dan permukaan tiga dimensi, disajikan pada Gambar 7.

Jika dilihat dari persamaan model Tabel 4, dalam suku faktor WSI bahwa kadar air mempunyai pengaruh yang kuat terhadap WSI (Y_4) karena mempunyai koefisien paling besar, diikuti oleh kadar air dan waktu. Hal ini menunjukkan semakin tinggi suhu menurunkan WSI dan semakin tinggi kadar air meningkatkan WSI.



Gambar 7. Kontur (a) dan permukaan respon (b) kelarutan air beras analog

Figure 7. Contour (a) and response surface (b) of WSI analogues rice



Gambar 8. Kontur (a) dan permukaan respon (b) kecerahan beras analog
 Figure 8. Contour (a) and response surface (b) of brightness analogues rice

Kelarutan dalam air meningkat dengan meningkatnya kelembaban. Pada awal gelatinisasi pati, protein dan lemak setelah proses gelatinisasi dengan adanya suhu dan kadar air akan terdegradasi menjadi molekul-molekul yang lebih kecil sehingga lebih mudah larut. Amilopektin akan mengalami degradasi yang paling besar selama proses tersebut. Semakin banyak molekul-molekul kecil akan berpengaruh dalam kelarutan air. Dengan penambahan air akan memecah kristalinitas dan merusak keteraturan bentuk amilosa sehingga granula mengembang. Penambahan panas dan air yang berlanjut akan menyebabkan granula mengembang lebih lanjut dan amilosa berdifusi keluar²⁹. Hal ini akan menyebabkan terjadinya peningkatan kelarutan dalam air. Akan tetapi, selama proses gelatinisasi molekul-molekul air berpenetrasi masuk ke dalam granula dan terperangkap pada susunan molekul amilosa dan amilopektin. Granula hanya mengandung amilopektin saja dan terperangkap dalam struktur matriks amilosa, membentuk suatu sel. Hal ini mengakibatkan kondisi kelarutan dalam air menjadi rendah.

Respon kecerahan. Warna merupakan salah satu atribut yang mempengaruhi penerimaan konsumen pada produk. Analisis warna dilakukan untuk mengetahui kecerahan beras berdasarkan nilai L. Seperti terlihat pada Tabel 5, peningkatan nilai variabel suhu, kadar, waktu tidak berpengaruh nyata kecerahan ($p < 0,05$). Uji parameter model menunjukkan bahwa variabel kuadrat kadar air memiliki pengaruh penting pada peningkatan kecerahan beras analog. Nilai kecerahan yang diinginkan adalah relatif besar atau mendekati kecerahan beras sosoh kisaran 70-76.

Kontur respon kecerahan yang merupakan fungsi dari suhu, kadar air adonan dan waktu gelatinisasi. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kondisi optimum proses gelatinisasi dapat diperoleh dengan mengatur suhu, kadar air dan waktu. Gambaran kisaran optimal pada respon kecerahan dapat diketahui dari tampilan

kontur plot dan permukaan plot tiga dimensi, disajikan pada Gambar 8.

Jika dilihat dari persamaan model Tabel 5, dalam suku faktor kecerahan bahwa suhu, kadar air, dan waktu mempunyai pengaruh yang kuat terhadap kecerahan (Y_3). Hasil analisis titik optimum dengan penentuan titik stationer pada respon kecerahan diperoleh pada suhu 72°C, kadar air 52 % dan waktu gelatinisasi 27 menit.

Berdasarkan nilai $^{\circ}\text{Hue}$ nilai $+a$ dan $+b$, beras analog termasuk ke dalam skema warna yang sama yaitu kuning. Warna beras yang kuning dapat disebabkan oleh adanya tepung jagung putih yang berwarna agak putih kekuningan (beigi) dan singkong yang tidak sepenuhnya putih atau mungkin juga terjadi karamelisasi atau bahan mengandung tanin, sehingga warnanya menjadi gelap.

Reaksi yang kompleks selama proses pemasakan-pencetakan menghasilkan sejumlah perubahan termasuk warna dan kecerahan. Pengaruh komposisi bahan, suhu, waktu dan perlakuan fisik seperti pengadukan karena gaya geser (*shear*) dan tekanan. Perubahan kecerahan selama proses gelatinisasi, granula pati akan kehilangan sifat *birefringence*, yaitu sifat dapat memantulkan cahaya terpolarisasi. Terjadinya translusi larutan pati tersebut biasanya diikuti pembengkakan granula. Indeks refraksi butir-butir pati yang membengkak mendekati indeks refraksi air dan hal inilah yang menyebabkan sifat translusen. Pada ekstrusi suhu dan tekanan yang tinggi, serta kadar air yang rendah menghasilkan produk yang lebih berwarna meskipun waktu prosesnya singkat. semakin tinggi tingkat gelatinisasi, amilosa yang keluar dari granula pati semakin banyak, ikatan hidrogen antar amilosa semakin terbentuk dan memberi penampakan yang bersifat *glossy* (mengkilap).

Uji sensori

Analisis sensori dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan konsumen. Metode yang digunakan pada uji sensori beras analog hasil percobaan adalah dengan

uji rating hedonik sebanyak 30 panelis tidak terlatih menggunakan 7 skala kategori dengan skala 1 sangat tidak suka, 2 tidak suka, 3 agak tidak suka, 4 netral, 5 agak suka, 6 suka dan skala 7 sangat suka. Parameter yang digunakan adalah aroma, warna, bentuk, tekstur dan keseluruhan (*overall*). Skor hasil organoleptik terlihat pada Tabel 7.

Berdasarkan hasil uji sensori beras analog percobaan menunjukkan bahwa skor tertinggi penerimaan panelis adalah perlakuan proses gelatinisasi suhu 67 °C, kadar air 54 % dan waktu pragelatinisasi 27 menit. Skor ini menunjukkan nilai penerimaan beras analog yang lebih tinggi terhadap bentuk, aroma dan keseluruhan dari beras padi. Keberhasilan proses membuat beras analog (proses ekstrusi) dari bahan campuran jagung dan sagu dengan bentuk serupa beras dilaporkan oleh Budijanto *et al.*,⁷.

Proses optimum proses pencetakan beras analog

Beras analog yang dicetak melalui optimasi proses pemasakan dan pencetakan dengan mesin *twin roll* mempunyai bentuk yang sama dengan beras sosoh, namun warna dan tekstur yang berbeda. Secara kualitatif perbandingan beras analog dan beras padi disajikan pada Tabel 8.

Pemilihan kondisi proses optimum pengaruh suhu, kadar dan waktu pemasakan adonan untuk pencetakan

beras analog menggunakan mesin *twin roll* maka parameter optimum didasarkan pada tingkat kekerasan, derajat gelatinisasi, penyerapan air (*water absorption index*) dan kecerahan warna *in range* serta daya kelarutan air (*water solubility index*) minimum. Penentuan batasan nilai tujuan dalam penentuan titik optimum dalam hal ini didekati pada mutu fisik beras sosoh. Pembatasan dalam penetapan optimum disajikan pada Tabel 9.

Pada proses pencetakan dengan mesin *twin roll*, optimasi pemasakan proses gelatinisasi, kondisi proses yang direkomendasikan dengan nilai *desirability* mendekati 1. Kondisi proses dengan nilai, suhu 77°C, kadar air 52 % dan waktu pemasakan 20 menit. Nilai respon dan *desirability* prediksi kondisi optimum disajikan pada Tabel 10.

Secara umum hasil analisis dengan RSM menunjukkan bahwa nilai respon dari kondisi proses yang direkomendasikan belum sepenuhnya mencapai mutu fisik beras analog seperti yang diharapkan khususnya respon kekerasan. Hal ini terlihat dari nilai *desirability* yang lebih rendah dibanding keempat nilai respon lainnya dan kekerasan masih dibawah beras padi. Parameter kondisi proses rekomendasi yaitu suhu pemasakan 77 °C, sesuai dengan hasil analisis profil gelatinisasi adonan pada kisaran suhu 77 °C. Sedangkan kadar air adalah 52 %, hal ini sesuai dengan parameter pembuatan beras analog yang telah dipatenkan², bahwa jumlah air yang

Tabel 7. Hasil analisis sensori

Table 7. Sensory analysis result

Run percobaan/ Treatmens	Parameter skor/ Score parameters				
	Bentuk/ Shape	Tekstur/ Texture	Warna/ Colour	Aroma/ Odor	Keseluruhan / Overall
R1	5,2	4,1	4,6	4,4	5,0
R2	4,9	4,2	4,8	4,8	5,2
R3	4,4	4,3	4,2	4,0	4,4
R4	4,9	4,5	4,1	4,3	4,7
R5	4,6	4,3	4,3	4,1	4,8
R6	5,3	4,6	4,2	4,0	4,9
R7	5,9	5,2	5,5	5,0	5,8
R8	4,6	4,8	4,3	4,2	4,9
R9	4,5	4,7	4,2	4,2	4,6
R10	4,9	4,8	4,7	4,0	5,0
R11	5,2	4,4	4,6	4,5	5,1
R12	5,6	4,5	4,9	4,5	5,4
R13	4,9	4,5	4,1	4,4	4,8
R14	5,1	4,9	4,5	4,2	5,0
R15	5,4	4,7	4,6	4,3	5,1
Beras padi	5,7	5,4	5,9	4,9	5,7

Tabel 8. Perbandingan kualitatif beras analog dengan beras padi

Table 8. Comparison of analogues rice with paddy rice

Pengamatan/ Observation	Beras analog/ Analog rice	Beras padi/ Paddy rice
Bentuk/ Shape	beras seragam	beras seragam
Aroma/ Aroma	netral	beras
Tekstur/Texture	agak keras	keras
Warna/ Color	putih kekuningan seragam	putih cerah seragam

Tabel 9. Pembatas pada penetapan proses optimum dari mutu fisik beras analog

Table 9. The constrain of physical quality determinant to optimum process of analogues rice

Parameter/ Description	Tujuan/ Goal	Batas bawah/ lower	Batas atas/ upper	Mutu fisik beras padi/ physical quality of paddy rice
Suhu/temperature (°C)	In range	67	77	
Kadar air/water content (%)	In range	52	56	
Waktu (menit)/ time (minute)	In range	19	27	
Kekerasan/hardness (kg)	Maksimum	0,72	2,92	5,7
Der. gelatinisasi/ gelatinisation degree (%)	In range	40,20	92,13	30 -70
Water absorption index (g/ml)	In range	1,37	2,2	1,612
Water solubility index (g/2ml)	Minimum	0,006	0,01	0,00015
Kecerahan warna / brightness	In range	67,37	73,36	71,76

Tabel 10. Nilai desirability kondisi optimum pencetakan beras analog

Table 10. Desirability value analogues rice forming of optimum gelatinization process

Variabel Optimum				Respon		
Suhu/ Temperature (°C)	Kadar air/ water content(%)	Waktu/time (minute)	Mutu fisik/ pyhsical quality	Nilai/ value	Desirability	Composite desirability
77	52	20	Kekerasan (kg)	2,144	0,653	0,863
			Der. gelatinisasi (%)	50,994	0,976	
			WAI (g/ml)	1,7	1,000	
			WSI (g/2ml)	0,006	0,904	
			Kecerahan	70,378	0,829	

ditambahkan adalah sekitar 50% dari jumlah tepung dan pati. Dan waktu pemasakan didasarkan pada waktu gelatinisasi yang sesuai dengan karakteristik tepung dan pati sebagai bahan dasar pembuatan beras analog yang digunakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Formulasi beras analog dari karbohidrat lokal, singkong, jagung putih dan sagu aren beras analog dapat dicetak menggunakan mesin pragelatinisasi dan pencetak twin roll dengan mutu fisik mendekati beras padi.

Kondisi optimum proses gelatinisasi diperoleh pada suhu 77 °C, kadar air 52 % dan waktu proses 20 menit. Pada kondisi optimum, beras analog yang dihasilkan mempunyai mutu fisik kekerasan, tingkat gelatinisasi, penyerapan air, kelarutan air, dan kecerahan sebesar 2,14 kg, 50,99 %, 1,7 g/ml, 0,006 g/2ml dan 70,38.

Nilai respon dari kondisi proses yang direkomendasikan belum sepenuhnya mencapai mutu fisik beras analog seperti yang diharapkan khususnya respon kekerasan. Hal ini terlihat dari nilai *desirability* mutu kekerasan yang rendah dibanding keempat nilai respon lainnya.

Uji sensori tingkat penerimaan panelis menunjukkan tingkat penerimaan yang baik terhadap beras analog yang dihasilkan. Hasil skor hedonik untuk parameter bentuk, tekstur, warna, aroma dan keseluruhan lebih tinggi dari beras padi kecuali tekstur. Parameter proses beras analog pilihan terbaik panelis adalah kondisi proses gelatinisasi pada suhu 67 °C, kadar air 54 % dan waktu proses 27 menit.

Saran

Suhu sebagai variabel perlakuan perlu dikondisikan dari perubahan lingkungan sekitar, sehingga suhu *chamber* gelatinisasi stabil selama proses *precooking* (gelatinisasi).

DAFTAR PUSTAKA

1. Bett-Garber KL, Champagne ET, Ingram DA, Grimm CC. Impact of iron source and concentration on rice flavor using a simulated rice kernel micronutrient delivery system. *J Cereal Chem.* 2004; 81(3): 384–388.
2. Kurachi H. Process for making enriched artificial rice. USA. 5403606.1995.

3. Marti A, Seetharaman K, Pangani MA. Rice-based pasta; A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *J Cereal Science*. 2010; 52: 404 -409.
4. Mishra A, Hari NM, Pavuluri SR. Preparation of rice analogues using extrusion technology. *J Food Science & Technology*. 2012; 2-7.
5. Moretti D, Lee TC, Zimmermann MB, Nuessli J, Hurrell RF. Development and evaluation of iron-fortified extruded rice grains. *J Food Sci*. 2005; (70):330-336.
6. Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. *J of Food Composition and Analysis*. 2005; 18: 303-316.
7. Budijanto S, Dahrul Syah, Sitanggang AB, Subarna, Suwanto, Faleh S. Pengembangan rantai nilai serealialokal (*indigenous cereal*) untuk memperkuat ketahanan pangan nasional. Laporan Program Riset Strategis. Bogor: IPB; 2011.
8. Montgomery DC. Design and analysis of experiments. Edisi ke-5. New York: John Wiley & Son, Inc.; 1991.
9. AOAC. Official Methods of Analysis 96.052 Modified, Chapter 12.1.07, p7.1995.
10. Kaur L, Singh J, Singh N. Effect of glycerol monostearat on the physic-chemical, thermal, rheological and noodle making properties of corn and potato starch. *J Food Hydro*. 2004; 19: 839-849.
11. Bhattacharyya P, U Ghost, U Roy Choudhuri, P Chattopadhyay, H Gangopadhyay. Effect of different treatments on physico-chemical properties of rice starch. *J Sci & Industrial Research*. 2004; 63: 826 – 829.
12. Lewis MJ. Physical properties of foods and food processing systems. Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 1996.
13. Toledo RT. Fundamentals of food process engineering (3rd Ed). Department of Food Science and Technology. University of Georgia. Athens. New York : Aspen Publishers; 2007.
14. Ganjyal M, Hanna MA, Noomhorm. Modeling selected properties of extruded rice flour and rice starch by neural networks and statistics. *J Cereal Chemist*. 2006; 83(3): 223 -227.
15. Charles AL, Chang YH, Ko WC, Sriroth, Huang TC. Influent of amylopectin structur and amylase content on gelling properties of five cultivars of cassava starch. *J. Agric. Minnesota: Food Chemist Inc.*; 2005.
16. Henika RG. Use of respon surface methodology in sensory evaluation. *J food tech*. 1982; 9: 91-101.
17. Ding Qing-Bo, Ainsworth P. Plunkett A, Tucker G, Marson H. The effect of extrusion condition on the functional and physical properties of wheat – based expanded snack. *J Food Engineering*. 2005: 73:129-148.
18. Harrow AD, Martin JW. Reformed rice product. US Paten. 4325976. 1982.
19. Setia FB, Hariyadi P, Budijanto S, Dahrul Syah. Teknologi proses ekstrusi membuat beras analog (Review). *Majalah Pangan Vol.22 No.3*. September 2013. pp. 265 - 266 . ISSN : 0852-0607.
20. Harper J.M. Extrusion of starch and starch materials. In J.M. Harper (Ed.). *Extrusion of food*. Vol 2; pp. 41-60. CRC Press.; Boca raton: 1981.
21. Sandhu KS, Singh N. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chem*. 2007; 101: 1499-1507.
22. Tan FJ, Dai WT, Hsu KC. Changes in gelatinization and rheological characteristics of japonica rice starch induced by pressure/heat combinations. *J of Cereal Sci*. 2009; 49: 415-422.
23. Van den Ende RM, Akermas C, A.J Van der Goot, Boom RM. Molecular breakdown of corn starch by thermal and mechanical effect. *J Carbohydrate Polymer*. 2004; 56 : 415 – 422.
24. Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF, Griffin EL, Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *J Cereal Sci*. 1969; 14(3) : 4 -12.
25. Mercier C, Feillet P. Modification of carbohydrate component by extrusion cooking of cereal product. *J Cereal Chem*. 1975; 52: 283-297.
26. Colona P, Tayeb J, Mercier C. Extrusion cooking of starch and starchy product. In P Mercier, P Linko, JM Harper (ds), *Extrusion cooking*. pp. 247 -319. St Paul, MN, USA : AACC; 1989.
27. Tam LM, Corke WIT, Li J, Collado LS. Production of bihon-type noodle from maize starch differing in amylosa content. *J Cereal Chemistry*. 2004; 81(4): 475-480.
28. Kirby AR, Ollet AL, Parker & Smith AC. An experimental study of screw configuration effect in the twin screw extrusion - cooking of maize grits. *J of Food Engineering*. 1988; 8 : 247 – 272.
29. Harper JM. Extrusion of starch and starch materials. In JM. Harper (Ed.). *Extrusion of food*. Vol 2; pp. 41-60. Boca raton: CRC Press; 1981.