

Optimasi Rasio Pati Terhadap Air dan Suhu Gelatinisasi untuk Pembentukan Pati Resisten Tipe III pada Pati Sagu (*Metroxylon sagu*)

*Ratio Optimization of Starch to Water and Gelatinization Temperature to Produce Resistant Starch Type III of Sago Starch (*Metroxylon sagu*)*

I Gusti Putu Adi Palguna^a, Sugiyono^a, Bambang Haryanto^b

^aInstitut Pertanian Bogor
Jalan Darmaga, Bogor

^bBadan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Jl. MH Thamrin No. 8 Jakarta
Email: putuadipalguna@yahoo.com

Diterima : 28 Agustus 2013

Revisi : 23 September 2013

Disetujui : 23 September 2013

ABSTRAK

Pati resisten tipe III adalah salah satu tipe pati resisten yang terbentuk karena retrogradasi amilosa pati tergelatinisasi. Pati resisten tipe III memiliki efek fisiologis yang dapat bermanfaat untuk kesehatan diantaranya: efek kenyang lebih lama, mengontrol peningkatan glukosa darah, meningkatkan konsentrasi asam butirat feses, dan nilai indeks glikemik rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum rasio pati terhadap air dan suhu gelatinisasi yang dapat menghasilkan kadar pati resisten tertinggi dari pati sagu (*Metroxylon sagu*). Dengan menggunakan *response surface methodology* dapat diketahui bahwa kondisi optimum rasio pati terhadap air adalah 1:2,23 dan suhu gelatinisasi pada 77°C pada satu kali siklus gelatinisasi dan retrogradasi dapat menghasilkan kadar pati resisten tertinggi sebesar 3,88 persen. Berdasarkan analisis ragam diketahui bahwa semakin banyak jumlah air yang digunakan semakin berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kadar pati resisten. Namun, peningkatan suhu gelatinisasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kadar pati resisten. kata kunci: gelatinisasi, retrogradasi, pati resisten, tipe III, sagu, *Metroxylon sagu*

ABSTRACT

*Resistant starch type III is one of the types of resistant starch formed by amylose retro gradation of gelatinized starch. This type has some physiological effects to health such as: longer satiety response, giving low glycemic index, improving the concentration of fecal butyric acid, and controlling the increase of blood glucose. The objective of this research was to develop optimum conditions ratio starch to water and gelatinization temperature in order to reach the highest level of resistant starch of sago starch (*Metroxylon sagu*). By using response surface methodology, it was found that optimum conditions: ratio starch to water was 1:2.23 and gelatinization temperature at 77°C produced the highest resistant starch content (3.88 percent). Based on the analysis of variance, it was found that the increase of ratio starch to water was significantly affected the increase resistant starch level. However, the increase of gelatinization temperature did not significantly affect the level of resistant starch.*

*keywords: gelatinization, retro gradation, resistant starch, type III, sago, *Metroxylon sagu**

I. PENDAHULUAN

Pati resisten dibagi menjadi empat golongan yaitu pati resisten tipe I merupakan pati yang secara fisik tidak dapat dicerna karena

terjebak dalam matriks yang tidak dapat tercerna, pati resisten tipe II merupakan pati tidak tergelatinisasi, pati resisten tipe III adalah pati teretrogradasi, dan pati resisten tipe IV

adalah pati yang mengalami modifikasi kimia (Haralampu, 2000). Pati resisten enzim amilase atau pati resisten tipe III terbentuk selama proses pengolahan dengan kandungan air tinggi melalui proses pemasakan, *baking*, dan *autoclaving* (Tharanathan dan Tharanathan, 2001). Pati resisten tipe III adalah polimer pati yang mengalami retrogradasi terutama rantai amilosa, yang dihasilkan ketika pati didinginkan setelah proses gelatinisasi (Yamada, dkk., 2005; Topping, dkk., 2008). Gelatinisasi terjadi ketika pati alami dipanaskan dengan kandungan air yang mencukupi. Selanjutnya, granula pati akan menyerap air kemudian mengembang, dan struktur kristalinnya terganggu (Copeland, dkk., 2009). Proses gelatinisasi menyebabkan granula pati semakin mengembang dan terjadi pelepasan amilosa (Eerlingen, dkk., 1995; Vasanthan dan Hoover 2009). Jumlah amilosa yang terlarut dalam karbohidrat semakin banyak ketika suhu gelatinisasi semakin meningkat (Palav dan Seetharaman, 2006).

Istilah retrogradasi digunakan untuk menjelaskan perubahan yang terjadi selama proses pendinginan dan penyimpanan pati tergelatinisasi (Fredriksson, dkk., 1997). Selama proses retrogradasi, ikatan amilosa kembali terbentuk sehingga kristalisasi menjadi kuat, dan terbentuklah pati resisten tipe III (Haralampu, 2000). Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kadar pati resisten tipe III yang berkaitan dengan metode gelatinisasi dan retrogradasi pati adalah: jumlah siklus pemanasan suhu tinggi dan pendinginan (Zhao dan Lin, 2009a; Zhao dan Lin, 2009b; Sugiyono, dkk., 2009; Yadav, dkk., 2009; Milasinovic, dkk., 2010), rasio pati terhadap air (Milasinovic, dkk., 2010), suhu autoklaf (Yadav, dkk., 2009), jenis alat pengering (Ozturk, dkk., 2011), dan suhu penyimpanan pati tergelatinisasi (Gonzales-Soto, dkk., 2007; Yadav, dkk., 2010; Ozturk, dkk., 2011). Cui dan Oates (1997) melaporkan bahwa pati sagu tergelatinisasi kemudian didinginkan hingga suhu 30°C setelah itu disimpan pada suhu 5°C selama 1 jam menunjukkan transisi endotermik pada suhu 145,2°C yang mengindikasikan terjadinya retrogradasi amilosa pada pati sagu.

Pati resisten tipe III mempunyai beberapa efek fisiologis yang bermanfaat untuk kesehatan yaitu: memberikan efek kenyang lebih lama (Willis,

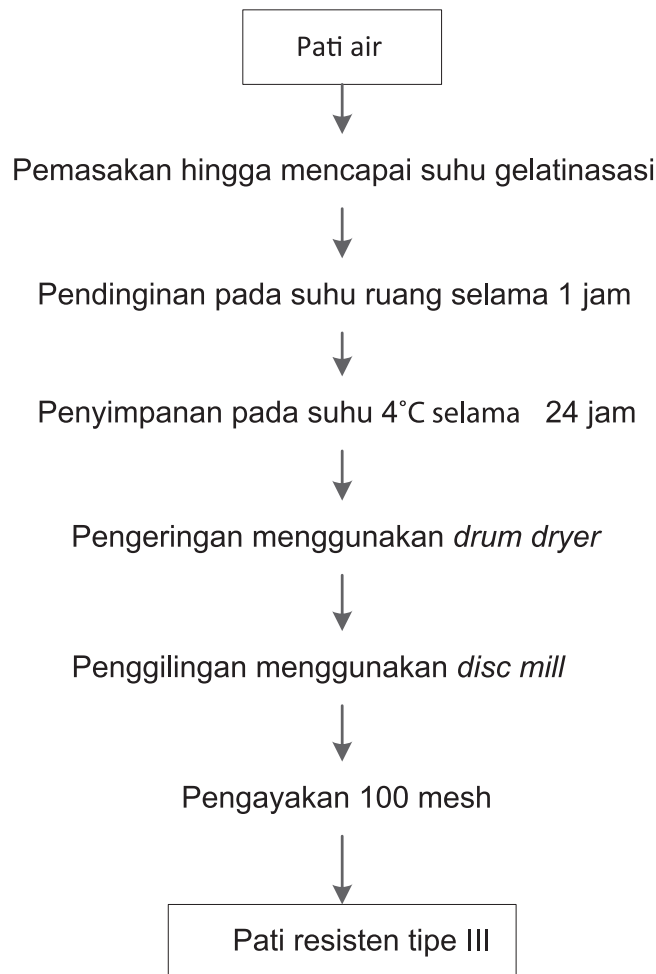
dkk., 2009), indeks glikemik rendah (Haliza, dkk., 2006; Pongjanta, dkk., 2008), meningkatkan konsentrasi asam butirat feses (Jenkins, dkk., 1998), mengontrol peningkatan glukosa darah (Yamada, dkk., 2005). Di samping itu, pati resisten tipe III merupakan fraksi yang stabil terhadap panas dan meleleh di atas suhu 120°C (Sievert dan Pomeranz, 1989). Pati resisten tipe III juga merupakan tipe pati resisten yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional dibandingkan dengan tipe pati resisten lainnya (Zhang dan Jin, 2011).

Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi optimal rasio pati terhadap air dan suhu gelatinisasi pada satu kali siklus gelatinisasi dan retrogradasi yang dapat menghasilkan kadar pati resisten tertinggi.

II. METODOLOGI

2.1. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium: Biokimia Pangan, Rekayasa Proses Pangan dan Pengolahan Pangan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor. Pati sagu hasil ekstraksi batang tanaman sagu (*Metroxylon sagu*) diperoleh dari petani sagu di daerah Ciluwer, Bogor. Analisis pati resisten menggunakan enzim amiloglukosidase A9913 (Sigma-Aldrich Pte Ltd), enzim α -amilase tahan panas dari *Bacillus licheniformis* (Termamil 120L) serta enzim protease dari *Aspergillus niger* aktivitas 89 U/mL. Tahapan proses pembentukan pati resisten tipe III dari pati sagu melalui perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi 1 siklus (Gambar 1) dengan merujuk pada Sugiyono, dkk., (2009) yang dimodifikasi seperti: suhu gelatinisasi pati, jumlah air, dan ukuran partikel pati. Variabel rasio pati terhadap air dan suhu gelatinisasi masing-masing menggunakan 2 level yaitu: 1:1,5 dan 1:3,5 b/b untuk rasio pati terhadap air. Selanjutnya suhu awal gelatinisasi pati sagu yaitu 77°C dan suhu saat tercapai viskositas puncak pati sagu yaitu 82°C digunakan untuk variabel suhu gelatinisasi. Tahap awal pati sagu dicampur dengan air, kemudian campuran pati dan air dimasak hingga mencapai suhu gelatinisasi menggunakan *hot plate* pada kisaran suhu 69,93 sampai 84,07°C. Kemudian suspensi pati didinginkan selama 1 jam pada suhu ruang sebelum penyimpanan pada suhu 4°C selama 24 jam agar terjadi retrogradasi pati yang



Gambar 1. Tahapan Pembentukan Pati Resisten Tipe III dari Pati Sagu

tergelatinisasi. Selanjutnya pati teretrogradasi dikeringkan menggunakan *drum dryer* pada suhu $130 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai terbentuk lembaran tipis. Pati teretrogradasi yang telah dikeringkan selanjutnya digiling menggunakan *disc mill* dan diayak menggunakan pengayak dengan ukuran 100 *mesh*.

2.2. Analisis Pati Resistensi

Analisis pati resisten tipe III merujuk pada Prangdimurti, dkk., (2011). Sampel kering rendah atau bebas lemak ditimbang sebanyak 0,5 g lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml. Selanjutnya sampel ditambahkan 25 ml larutan buffer Na-fosfat 0,08 M pH 6,0 dan 50 μl termamil cair. Setelah itu sampel diinkubasi dalam penangas air pada suhu 95°C selama 15 menit. Selama proses inkubasi, dilakukan pengadukan dengan cara erlenmeyer digoyang-goyangkan setiap 5 menit sekali secara hati-hati. Sampel didinginkan, kemudian

ditambahkan 5 ml NaOH 0,275 N dan 0,05 ml larutan enzim protease. Kemudian sampel diinkubasi dalam penangas air bergoyang pada suhu 60°C selama 30 menit. Setelah diinkubasi, sampel didinginkan dan segera dilakukan pengaturan pH menjadi 4,5 menggunakan HCl 0,325 N, kemudian ditambahkan 150 μl enzim amiloglukosidase dan sampel diinkubasi kembali dalam penangas air pada suhu 60°C selama 30 menit. Selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan kertas Saring Whatman No. 42 (W_1) dan dibantu dengan corong Buchner, kemudian dilakukan pencucian dengan 2 x 10 ml aseton, 2 x 10 ml etanol 95 persen, dan 2 x 10 ml akuades. Setelah pencucian, kertas saring dikeringkan dalam oven suhu 105°C semalam dan ditimbang dengan residu sebagai W_2 . Setelah itu, kertas saring dimasukkan ke dalam tanur untuk mengetahui kadar abu residu sebagai tindakan koreksi. Perhitungan kadar pati resisten dilakukan dengan rumus :

$$\text{Kadar pati resisten} = \frac{W_2 - W_1 - \text{berat abu residu}}{\text{berat sampel awal}} \times 100\%$$

Keterangan: W_1 = berat kertas saring kosong
 W_2 = berat kertas saring + kadar abu residu setelah dikeringkan

2.3. Optimasi Rasio Pati Sagu Terhadap Air dan Suhu Gelatinisasi Menggunakan *Response Surface Methodology*

Rancangan percobaan yang digunakan adalah *central composite design* pada *response surface methodology* merujuk pada Pratama (2012) yang dimodifikasi seperti rancangan percobaan. Adapun faktor yang digunakan adalah: (i) rasio pati terhadap air aktual pada kisaran 1:1,50 sampai 1:3,50; (ii)

resisten pati sagu Bogor setelah proses satu kali siklus gelatinisasi dan retrogradasi adalah 2,18 sampai 4,13 persen (Tabel 2), atau terjadi peningkatan kadar pati resisten sebesar 1,23 sampai 3,37 kali lipat dibandingkan dengan kadar pati resisten pada pati sagu Bogor alami sebesar 1,77 persen. Peningkatan kadar pati resisten pada pati sagu Bogor ini sebagai akibat proses gelatinisasi dan retrogradasi mengindikasikan terjadinya peningkatan jumlah pati yang resisten terhadap aktivitas enzim amilase dalam mengubah pati menjadi unit-unit yang lebih kecil seperti maltosa. Zhang dan Jin (2011) menyatakan mekanisme yang diterima selama ini untuk menjelaskan pati resisten tipe III resisten terhadap amilase adalah ikatan rantai lurus amilosa terkondensasi menjadi bentuk struktur *double helices* setelah proses

Tabel 1. Kondisi Aktual Rasio Pati terhadap Air dan Suhu Gelatinisasi

Faktor	Low Actual	High Actual
Rasio pati terhadap air	1:1,5	1:3,50
Suhu gelatinisasi ($^{\circ}\text{C}$)	72,00	82,00

suhu gelatinisasi aktual pada kisaran 72°C sampai 82°C (Tabel 1). Program statistik yang digunakan untuk mengolah data adalah *design expert version 7*.

2.4. Analisis statistik

Penentuan pengaruh rasio pati terhadap air dan siklus gelatinisasi pada kadar pati resisten menggunakan metoda *oneway ANOVA* pada program SPSS 17. Apabila nisbah pati terhadap air dan suhu gelatinisasi berpengaruh terhadap peningkatan kadar pati resisten maka dilakukan uji lanjut Tukey menggunakan selang kepercayaan 95 persen (Aunuddin, 2005).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Optimasi Rasio Pati Sagu Terhadap Air dan Suhu Gelatinisasi untuk Pembentukan Pati Resisten Tipe III

Pati resisten yang terbentuk pada penelitian ini digolongkan ke dalam pati resisten tipe III. Escarpa, dkk., (1997) menyatakan bahwa tahapan pembentukan pati resisten tipe III dari granula pati alami adalah gelatinisasi yang diikuti dengan retrogradasi. Kadar pati

gelatinisasi (retrogradasi amilosa). Susunan ikatan dalam bentuk *double helices* tersebut menyebabkan ikatan α -1,4 glikosidik tidak dapat diakses oleh amilase. Goni, dkk., (1996) menggolongkan pati resisten berdasarkan kadar pati resisten pada bahan pangan yaitu : dapat diabaikan (kurang dari 1 persen), rendah (1 sampai 2,5 persen), menengah (2,5 sampai 5,0 persen), tinggi (5,0 sampai 15 persen), sangat tinggi (lebih dari 15 persen). Suhu gelatinisasi mencapai 77°C dengan nisbah pati terhadap air yaitu 1:1,09 menghasilkan pati sagu dengan kadar pati resisten 2,18 persen, sehingga pati sagu dengan kadar pati resisten 2,18 persen digolongkan ke dalam bahan pangan dengan kadar pati resisten rendah. Suhu gelatinisasi mencapai 77°C dengan nisbah pati terhadap air yaitu 1:3,91 menghasilkan kadar pati resisten 4,13 persen, sehingga pati sagu dengan kadar pati resisten 4,13 persen digolongkan ke dalam bahan pangan dengan kadar pati resisten menengah.

Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa suhu gelatinisasi mencapai 77°C dengan rasio pati terhadap air 1:1,09 menghasilkan kadar pati

resisten yang tidak berbeda nyata dibandingkan dengan kadar pati resisten pati sagu tanpa perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi. Demikian juga suhu gelatinisasi mencapai 82°C dengan rasio pati terhadap air 1:1,50 menghasilkan kadar pati resisten tidak berbeda nyata dibandingkan kadar pati resisten tanpa perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi. Kadar pati resisten yang dihasilkan pada perlakuan: (i) suhu gelatinisasi 77°C dengan rasio pati terhadap air 1:1,09; (ii) suhu gelatinisasi 72°C dengan rasio pati terhadap air 1:1,50 tidak berpengaruh nyata dibandingkan dengan kadar pati resisten pati sagu tanpa perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi mengindikasikan kedua perlakuan tersebut tidak efisien untuk meningkatkan kadar pati resisten pati sagu.

3.2. Tahap Verifikasi

Tahap verifikasi dilakukan dengan tujuan membuktikan kadar pati resisten berdasarkan nilai prediksi dibandingkan dengan nilai aktual. Beberapa faktor seperti: (i) rasio pati terhadap air (kisaran 1:1,50 sampai 1:3,91) dirancang minimal dengan tujuan efisiensi penggunaan bahan dalam hal ini adalah jumlah air; (ii) suhu gelatinisasi (kisaran 77 sampai 84,07°C) dirancang minimal dengan tujuan efisiensi penggunaan energi

panas. Selanjutnya kadar pati resisten yang dihasilkan dirancang maksimal. Susilo (2011) menyatakan setiap komponen yang dioptimasi diberikan pembobotan kepentingan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Pembobotan kepentingan ini dinamakan *importance* yang dapat dipilih mulai dari 1 (+) hingga 5 (+++++). Semakin banyak tanda positif yang diberikan menunjukkan tingkat kepentingan variabel yang semakin tinggi. Dengan demikian tahap verifikasi dirancang untuk meminimalkan jumlah air dan energi panas dengan menghasilkan kadar pati resisten tertinggi (Tabel 3). Rasio pati terhadap air untuk verifikasi adalah 1:2,23. Suhu gelatinisasi yang ditawarkan adalah 77°C dengan prediksi kadar pati resisten tipe III sebesar 3,71 persen. Di samping itu, terdapat nilai prediksi minimum kadar pati resisten yaitu 3,50 persen dan prediksi maksimum yaitu 3,93 persen. Berdasarkan perlakuan suhu gelatinisasi mencapai 77°C dan rasio pati terhadap air yaitu 1:2,23 diperoleh kadar pati resisten aktual sebesar $3,88 \pm 0,11$ persen. Kadar pati resisten aktual yang diperoleh berada pada kisaran prediksi kadar pati resisten. Dengan demikian, suhu gelatinisasi 77°C dan rasio pati terhadap air yaitu 1:2,23 merupakan kondisi optimal untuk menghasilkan pati resisten sebesar 3,88

Tabel 2. Pengaruh Rasio Pati terhadap Air dan Suhu Gelatinisasi pada Kadar Pati Resistensi

No	Suhu gelatinisasi (°C)	Nisbah pati terhadap air	Kadar pati resisten (%)	Waktu gelatinisasi (menit)
1	Pati sagu <i>native</i>		1,77±0,01 ^a	
2	77,00	1:1,09	2,18±0,00 ^{ab}	7,93
3	77,00	1:2,50	3,90±0,08 ^e	9,55
4	84,07	1:2,50	3,93±0,04 ^e	13,93
5	77,00	1:2,50	3,98±0,06 ^e	8,97
6	69,93	1:2,50	3,12±0,14 ^c	7,53
7	77,00	1:2,50	3,94±0,03 ^e	11,67
8	77,00	1:2,50	4,08±0,23 ^e	11,60
9	82,00	1:3,50	3,77±0,04 ^{de}	14,23
10	72,00	1:3,50	3,35±0,04 ^{cd}	8,48
11	72,00	1:1,50	2,23±0,10 ^{ab}	3,75
12	82,00	1:1,50	2,64±0,03 ^b	5,95
13	77,00	1:3,91	4,13±0,11 ^e	13,67
14	77,00	1:2,50	3,72±0,25 ^{de}	10,83

Keterangan: *superscript* yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata pada taraf uji 5 persen (uji Tukey).

Tabel 3. Kondisi Variabel pada Tahap Verifikasi

Variabel	Goal	Batas bawah	Batas atas	Importance
Rasio pati terhadap air	minimal	1:1,5	1:3,91	5 (+++++)
Suhu gelatinisasi	minimal	77,00	84,07	5 (+++++)
Kadar Pati resisten	maksimal	2,23	4,13	5 (+++++)

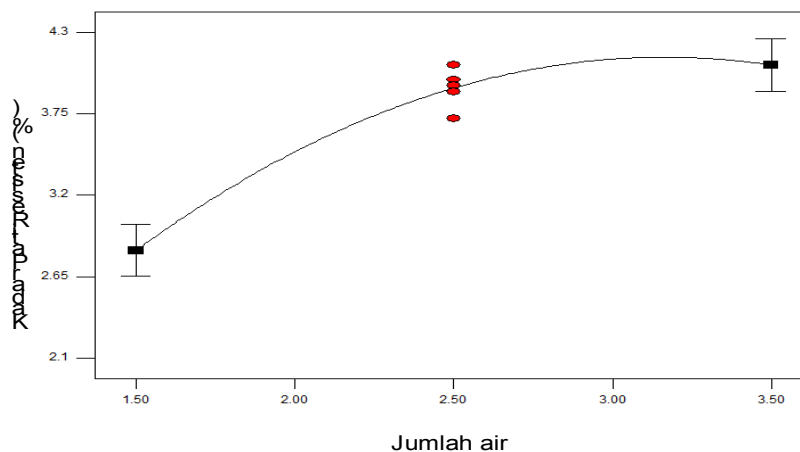
persen.

3.3. Pengaruh Rasio Pati terhadap Air pada Kadar Pati Resisten Tipe III

Gambar 2 memperlihatkan semakin banyak jumlah air atau semakin tinggi rasio pati terhadap air yang digunakan saat gelatinisasi pati sagu berpengaruh terhadap peningkatan kadar pati resisten tipe III. Pada Tabel 2 terlihat bahwa suhu

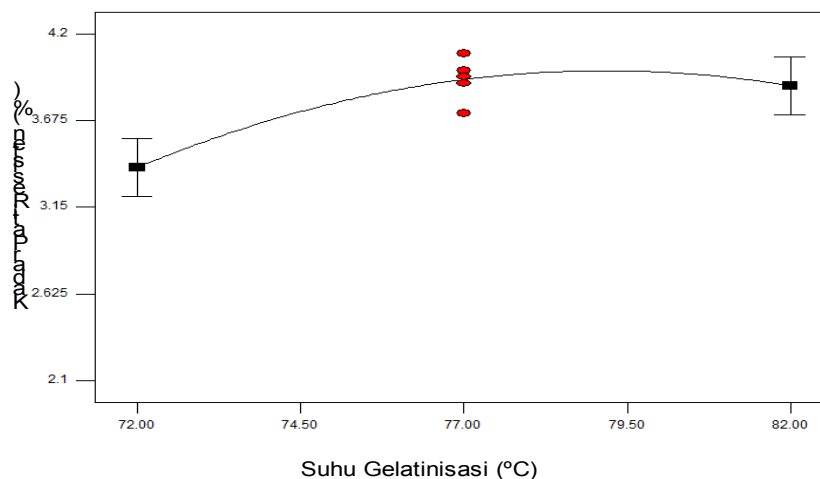
pati terhadap air 1:3,50 menghasilkan kadar pati resisten yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar pati resisten yang dihasilkan pada rasio pati terhadap air 1:1,50. Dengan demikian, rasio pati terhadap air dapat dioptimalkan untuk memaksimalkan kadar pati resisten yang dihasilkan.

Pengaruh jumlah air terhadap kadar pati resisten terjadi saat proses gelatinisasi.

**Gambar 2.** Grafik Pengaruh Jumlah Air terhadap Kadar Pati Resisten

gelatinisasi mencapai 77°C dengan rasio pati terhadap air 1:2,50 dan 1:3,91 menghasilkan kadar pati resisten yang lebih tinggi dibandingkan dengan rasio pati terhadap air yaitu 1:1,09 dan berbeda nyata pada uji lanjut Tukey ($p < 0,05$). Akan tetapi, pada rasio pati terhadap air 1:2,50 dan 1:3,91 menghasilkan kadar pati resisten yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) saat suhu gelatinisasi sama-sama mencapai 77°C. Hal ini berarti rasio pati terhadap air padaimbangan 1:3,91 dengan suhu gelatinisasi mencapai 77°C tidak efisien meningkatkan kadar pati resisten dibandingkan rasio pati terhadap air 1:2,50. Pada suhu gelatinisasi mencapai 72°C dengan rasio pati terhadap air 1:3,50 kadar pati resisten yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan rasio pati terhadap air 1:1,50 dan berbeda nyata secara statistik ($p < 0,05$). Demikian juga pada saat suhu gelatinisasi mencapai 82°C pada rasio

Parker dan Ring (2001) menyatakan bila pati dipanaskan dengan adanya air, suatu proses tidak dapat balik yang disebut gelatinisasi akan terjadi, pada keadaan tersebut ikatan hidrogen pati akan digantikan oleh ikatan pati dengan air. Pendapat tersebut didukung hasil penelitian Liu, dkk., (2002) yang menunjukkan terjadinya ikatan antara pati kentang dengan air saat gelatinisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Diatas suhu 65°C mulai terlihat adanya perubahan serapan pada bilangan gelombang 1020 cm^{-1} dan 1064 cm^{-1} . Perubahan pada bilangan gelombang 1020 cm^{-1} dan 1064 cm^{-1} mengindikasikan bahwa gelatinisasi adalah suatu proses hidrasi, selain itu mengindikasikan terjadinya pemutusan ikatan hidrogen dan hidropobik pada pati selanjutnya terjadi pembentukan ikatan hidrogen molekuler antara pati dan air.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Suhu Gelatinisasi terhadap Kadar Pati Resisten

Semakin kecil rasio pati terhadap air atau semakin sedikit air yang digunakan saat proses gelatinisasi menghasilkan kadar pati resisten yang semakin rendah. Sugiyono, dkk., (2009) menyatakan jumlah air yang lebih sedikit mengakibatkan tidak optimumnya amilosa yang lepas selama gelatinisasi sehingga amilosa-amilosa dan amilosa - amilopektin yang mengalami reasosiasi saat retrogradasi lebih sedikit yang mengakibatkan kadar pati resisten menjadi lebih rendah.

3.4. Pengaruh Suhu Gelatinisasi terhadap Kadar Pati Resisten

Rasio pati terhadap air 1:1,50 peningkatan suhu gelatinisasi menjadi 82°C tidak signifikan berpengaruh terhadap peningkatan kadar pati resisten dibandingkan dengan suhu gelatinisasi mencapai 72°C (Tabel 2). Demikian juga pada rasio pati terhadap air 1:3,50 kadar pati resisten yang dihasilkan saat suhu gelatinisasi mencapai 82°C tidak berbeda nyata dibandingkan dengan suhu gelatinisasi mencapai 72°C. Pada rasio pati terhadap air 1:2,50 saat suhu gelatinisasi mencapai 69,93°C kadar pati resisten yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan saat suhu gelatinisasi mencapai 77°C dan 84,07°C ($p < 0,05$). Namun kadar pati resisten yang dihasilkan tidak berbeda nyata antara suhu gelatinisasi mencapai suhu 77°C dan 84,07°C pada rasio pati terhadap air 1:2,50. Peningkatan suhu gelatinisasi tidak berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kadar pati resisten (Gambar 3) diduga disebabkan oleh perbedaan waktu gelatinisasi yang terlalu singkat (Tabel 2) tidak signifikan mempengaruhi pelepasan

amilosa. Hal tersebut diduga mengakibatkan ikatan ulang amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin saat retrogradasi tidak optimum sehingga peningkatan kadar pati resisten menjadi tidak signifikan.

Hoover dan Manuel (1997) mengamati pelepasan amilosa pati beberapa *legumes*. Pati hasil ekstraksi beberapa *legume*, seperti: *green arrow pea*, *black bean*, *orthello pinto bean*, *express field pea*, *eston lentil* masing-masing dipanaskan selama 30 menit pada suhu 70°C, 80°C, 85°C, 90°C, dan 95°C. Semakin tinggi suhu pemanasan secara signifikan mengakibatkan peningkatan pelepasan amilosa.

IV. KESIMPULAN

Kondisi optimum rasio pati terhadap air adalah pada imbangannya 1:2,23 dengan suhu gelatinisasi mencapai 77°C yang menghasilkan kadar pati resisten tertinggi sebesar 3,88 persen pada satu kali siklus gelatinisasi-retrogradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aunuddin. 2005. *Statistika: Rancangan dan Analisis Data*. IPB Press, Bogor.
- Copeland, L., Blazek J., Salman H., Tang M.C. 2009. Form and Functionality of Starch. *Food Hydrocolloids* 23:1527-1534.
- Cui, R. dan Oates, C.G. 1997. The Effect of Retrogradation on Enzyme Susceptibility of Sago Starch. *Carbohydrate Polym* 32:65-72.
- Eerlingan, R.C. dan Delcours, J.A. 1995. Formation, Analysis, Structure, and Properties of Type III Enzyme Resistant Starch. *J Cereal Sci*

- Escarpa, A., Gonzales M.C., Morales M.D., Saura-Calixto F. 1997. An Approach to The Influence of Nutrients and Other Food Constituents on Resistant Starch Formation. *Food Chem* 60(4):527-532.
- Fredriksson, H., Silverio J., Andersson R., Eliasson A.C., Aman P. 1997. The Influence of Amylose and Amylopectin Characteristic on Gelatinization and Retrogradation Properties of Different Starches. *Carbohydrate Polym* 35:119-134.
- Goni, I., Garcia-Diz L., Manas E., Saura-Calixto F. 1996. Analysis of Resistant Starch: A Method for Foods and Food Products. *Food Chem* 56(4):445-449.
- Gonzales-Soto, R.A, Mora-Escobedo R., Hernandez_Sanchez H., Sanchez-Rivera M., Bello-Perez L.A., 2007. The Influence of Time and Storage Temperature on Resistant Starch Formation From Autoclaved Debranched Banana Starch. *Food Res Int* 40:34-310.
- Haliza, W., Purwani E.Y., Yuliani S. 2006. Evaluasi Kadar Pati Tahan Cerna (PTC) dan Nilai Indeks Glikemik Mi Sagu [komunikasi singkat]. *J Teknol Industri Pangan XVII*(2):149-152.
- Haralampu, S.G. 2000. Resistant Starch—A Review of The Physical Properties and Biological Impact of RS₃ [ulas balik]. *Carbohydrate Polym* 41(3):285-292.
- Hoover, R., Manuel H. 1997. Effect of Heat-Moisture Treatment on The Structure and Physicochemical Properties of Legume Starches. *Food Res Int* 29(8):731-750.
- Jenkins, D.J.A., Vuksan V., Kendall C.W.C., Wursch P., Jeffcoat R., Waring S., Mehling C.C., Vidgen E., Augustin L.S.A., Wong E. 1998. Physiological Effects of Resistant Starches on Fecal Bulk, Short Chain Fatty Acids, Blood Lipids and Glycemix Index. *J the Am Coll of Nutr* 17(6):609-616.
- Milasinovic, M.S, Radasavljevic M.M, Dokic L.P. 2010. Effects of Autoclaving and Pullulanase Debranching on The Resistant Starch Yield of Normal Maize Starch. *J Serbian Chemical Soc* 75(4):449-458.
- Ozturk, S., Koksel H., Ng P.K.W. 2011. Production of Resistant Starch From Acid-Modified Amylotype Starches With Enhanced Functional Properties. *J Food Eng* 103:156-164.
- Palav, T. dan Seetharaman K. 2006. Mechanism of Starch Gelatinization and Polymer Leaching During Microwave Heating. *Carbohydrate Polym* 65:364-370.
- Parker, R. dan Ring G.S. 2001. Aspects of The Physical Chemistry of Starch [ulas balik]. *J Cereal Sci* 34:1-17.
- Prangdimurti E., Koswara S., Hartoyo Arif. 2011. *Penuntun Praktikum Evaluasi Nilai Biologis Komponen Pangan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan. IPB. Bogor.
- Pratama, R.B. 2012. *Optimasi Proses Pembakaran Untuk Mengurangi Kandungan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Dalam Ikan Bakar dan Ayam Panggang*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Sievert, D. dan Pomeranz Y. 1989. Enzyme-Resistant Starch i. Characterization and Evaluation by Enzymatic, Thermoanalytical, and Microscopic Methods. *Cereal Chem* 66(4):342-347.
- Sugiyono., Pratiwi R., Faridah D.N. 2009. Modifikasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (*Autoclaving-Cooling Cycling*) Untuk Menghasilkan Pati Resisten Tipe III. *J.Teknol.Industri Pangan XX*(1):17-24.
- Susilo, E. 2011. *Optimasi Formula Minuman Fungsional Berbasis Kunyit (Curcuma domestica Val.) Asam Jawa (Tamarindus indica Linn.) dan Jahe (Zingiber officinale var. Amaramum) dengan Metoda Desain Campuran (MIXTURE DESIGN)*. Skripsi. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Liu Q., Charlet G., Yelle S., Arul J. 2002. Phase Transition in Potato Starch-Water System I. Starch Gelatinization at High Moisture Level. *Food Res Int* 35(4):397-407.
- Pongjanta J., Utaipattanaceep A., Naivikul O., Piyachomkwan K. 2008. In Vitro Starch Hydrolysis Rate, Physo-Chemical Properties and Sensory Evaluation of Butter Cake Prepared Using Resistant Starch Type III Substituted for Wheat Flour. *Malays J Nutr* 14(2):199-208.
- Tharanathan M. dan Tharanathan R.N. 2001. Resistant Starch in Wheat-Based Products: Isolation and Characterisation. *J Cereal Sci* 34:73-84.
- Topping, D.L., Bajka B.H., Bird A.R., Clarke J.M., Cobiac L, Conlon M.A., Morell M.K., Toden S. 2008. Resistant Starches as A Vehicle for Delivering Health Benefits to The Human Large Bowel. *Microb Ecol Health Disease* 20:103-108.
- Vasanthan T. dan Hoover R. 2009. *Barley Starch: Production, Properties, Modification and Uses*. BeMiller J, Whistler R, editor. USA(US):Elsevier Science.
- Willis, J.H., Eldridge A.L., Beiseigel J., Beiseigel J., Thomas W., Slavin J.L. 2009. Greater Satiety

Response With Resistant Starch and Corn Bran in Human Subjects. *Nutr Res* 29:100-105.

Yadav, B.S., Sharma A., Yadav R.B. 2009. Studies on Effect of Multiple Heating/Cooling Cycles on The Resistant Starch Formation in Cereals, Legumes and Tubers. *Int J Food Sci Nutr* 60(4):258-272.

Yadav, B.S., Sharma A., Yadav R.B. 2010. Effect of Storage on Resistant Starch Content In Vitro Starch Digestibility of Some Pressure-Cooked Cereals and Legumes Commonly Used in India. *Int J Food Sci Technol* 45:2449-2455.

Yamada Y, Hosoya S., Nishimura S., Tanaka T., Kajimoto Y., Nishimura A., Kajimoto O. 2005. Effect of Bread Containing Resistant Starch on Postprandial Blood Glucose Levels in Humans. *Biosci Biotechnol Biochem* 69(3):559-566.

Zhang H. dan Jin Z. 2011. Preparation of Products Rich in Resistant Starch From Maize Starch by An Enzymatic Method. *Carbohydrate Polym* 86:1610-1614.

Zhao, X.H. dan Lin Y. 2009a. Resistant Starch Prepared From High-Amylose Maize Starch With Citric-Acid Hydrolysis and Its Simulated Fermentation In Vitro [komunikasi singkat]. *Eur Food Res Technol* 228:1015-1021.

Zhao, X.H. dan Lin Y. 2009b. The Impact of Coupled Acid or Pullulanase Debranching on The Formation of Resistant Starch From Maize Starch With Autoclaving-Cooling Cycles [komunikasi singkat]. *Eur Food Res Technol* 230:179-184.

BIODATA PENULIS :

I Gusti Putu Adi Palguna, dilahirkan di Gianyar, 24 Pebruari 1986. Pendidikan S1 Jurusan Teknik Kimia diselesaikannya pada tahun 2009 di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta dan saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor.

Sugiyono dilahirkan di Sidoarjo, 29 Juli 1965. Pendidikan S1 ditempuhnya di Institut Pertanian Bogor dengan bidang Studi Teknologi Pangan pada tahun 1989, kemudian melanjutkan S2 dan S3 di University of New South Wales, Australia.

Bambang Haryanto, dilahirkan di Kendal, 17 Maret 1954. Pendidikan S1, S2 dan S3 bidang Tehnik Pertanian dan Pangan ditempuhnya di Institut Pertanian Bogor.