

MODIFIKASI PATI GARUT (*Marantha arundinacea*) DENGAN PERLAKUAN HIDROLISIS ASAM DAN SIKLUS PEMANASAN-PENDINGINAN UNTUK MENGHASILKAN PATI RESISTEN TIPE 3

MODIFICATION OF ARROWROOT (*Marantha arundinacea* L.) STARCH THROUGH ACID HYDROLYSIS AND AUTOCLAVING-COOLING CYCLING TREATMENT TO PRODUCE RESISTANT STARCH TYPE

Didah Nur Faridah^{1*}, Winiati P. Rahayu¹, dan Muchamad Sobur Apriyadi²

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Po Box 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
e-mail : didah_nf@ipb.ac.id; didah_nf17@yahoo.com

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

ABSTRACT

Arrowroot starch can be modified to produce resistant starch (RS), which have been observed to show physiological functions similar to dietary fiber. Acid hydrolysis and autoclaving-cooling cycling treatments can increase RS content. Arrowroot starch modification hydrolyzed by 1.1 and 2.2 N HCl for 0, 2, 4, and 6 hours, then continued with 3 cycles of autoclaving-cooling treatment. Based on the starch digestibility, the acid hydrolyzed starch by 2.2 N HCl for 2 hours and 3 cycles of autoclaving-cooling cycling treatment had the lowest digestibility (22.04%). This treatment also increased amylose, dietary fiber, and RS contents. The increase of the amylose contents contributed to increase the total dietary fiber and RS contents up to 4.1 and 4.4 times, respectively, than native starch.

Keywords: acid hydrolysis, arrowroot, autoclaving-cooling, resistant starch

ABSTRAK

Pati garut dapat dimodifikasi untuk menghasilkan pati resisten yang menurut studi menunjukkan fungsi fisiologis seperti serat pangan. Salah satu upaya untuk meningkatkan kandungan pati resisten adalah dengan perlakuan hidrolisis asam dan pemanasan-pendinginan berulang (autoclaving-cooling cycling). Modifikasi pati garut dilakukan dengan hidrolisis menggunakan HCl 1,1 dan 2,2 N selama 0, 2, 4, dan 6 jam yang dilanjutkan pemanasan-pendinginan berulang (autoclaving-cooling) sebanyak tiga siklus (modifikasi fisik). Hidrolisis pati dengan HCl 2,2 N selama 2 jam yang dilanjutkan dengan perlakuan pemanasan-pendinginan memiliki daya cerna pati paling rendah (22,04%) dan terjadi peningkatan baik kandungan amilosa, serat pangan maupun pati resisten. Peningkatan kandungan amilosa berpengaruh pada peningkatan kandungan serat pangan dan pati resisten. Kandungan serat pangan meningkat hingga 4,1 kali dan pati resisten 4,4 kali dibandingkan dengan pati garut alami.

Kata kunci: hidrolisis asam, pati resisten, umbi garut, siklus pemanasan- pendinginan

PENDAHULUAN

Dewasa ini berkembang konsep tentang pati resisten yang menurut beberapa studi menunjukkan fungsi fisiologis seperti serat pangan. Pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim dalam usus halus sehingga mempunyai efek fisiologis yang bermanfaat bagi kesehatan seperti pencegahan kanker kolon serta mempunyai efek hipoglikemik (menurunkan kadar gula darah setelah makan) dan hipokolesterolemik (Sajilata *et al.*, 2006). Pati resisten tipe 3 (RS3) merupakan pati resisten karena terbentuk terutama akibat proses pengolahan pangan (Kim *et al.*, 2003).

Lehmann *et al.* (2002) melaporkan bahwa proses modifikasi melalui perlakuan siklus pemanasan-pendinginan (*autoclaving-cooling*) terhadap pati dapat meningkatkan kadar pati resisten. Modifikasi pati pisang (*Musa acuminata* var. *Nandiogobe*) menghasilkan RS3 sebesar 6% setelah

mengalami perlakuan *autoclaving-cooling*. Penelitian Vasanthan dan Bhaty (1998), Franco *et al.* (2002), Lehmann *et al.* (2003), Saguillan *et al.* (2005), Onyango *et al.* (2006) serta Zhao dan Lin (2009) menunjukkan bahwa kadar RS dapat ditingkatkan dengan hidrolisis asam yang dikombinasikan dengan siklus pemanasan-pendinginan. Kadar RS3 juga dapat ditingkatkan dengan menggabungkan modifikasi hidrolisis asam dan hidrolisis dengan enzim pada pemotongan titik percabangan (*debranching*) yang selanjutnya dikombinasikan dengan siklus pemanasan-pendinginan (Faridah, 2011)

Kajian mengenai sifat kimia pati termodifikasi melalui hidrolisis asam dan siklus pemanasan-pendinginan pada pati garut belum pernah dilakukan. Penelitian seperti ini diperlukan untuk menjadikan pati garut termodifikasi sebagai salah satu ingredien produk pangan fungsional dan meningkatkan nilai tambah umbi garut. Penelitian

ini bertujuan untuk memodifikasi pati garut dengan perlakuan hidrolisis asam dan siklus pemanasan-pendinginan untuk meningkatkan kandungan RS3 serta melakukan karakterisasi sifat kimia pati garut yang termodifikasi tersebut.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan yaitu umbi garut kultivar *creole* berumur 10 bulan yang diperoleh dari kebun percobaan Balai Penelitian Biologi dan Genetika, Cimanggu, Bogor. Selain itu digunakan RS3 komersial (Novelose® 330 Resistant Starch, kadar RS lebih dari 30%). Bahan-bahan untuk analisis ialah pati murni (E Merck), maltosa murni (E Merck), asam dimetilsalisilat (DNS), glukosa standar (E Merck), amilosa standar (Fluca), enzim termamyl (α -amilase Sigma A-3403), enzim pepsin (Sigma P-7000), enzim protease (Sigma P-3910), enzim amiloglukosidase (Sigma A-9913), enzim pankreatin (Sigma P-1750), enzim α -amilase (Fluca), kertas saring Whatman No.1 dan No.42, dan bahan kimia lainnya.

Alat-alat analisis yang digunakan ialah perangkat Soxhlet, perangkat Kjeldahl, spektrofotometer Jenway, spektrofotometer UV-Vis dan Spectronic 20D+.

Ekstraksi Pati Garut

Ekstraksi pati garut dilakukan dengan mengacu metode yang dikembangkan oleh Lingga *et al.* (1989) untuk mendapatkan optimasi pembuatan pati garut. Pati dibuat melalui tahapan proses pengupasan, pencucian, perendaman selama 1 jam, ekstraksi umbi garut sebanyak 3 kali dengan nisbah pati:air 1:3,5 (b/v), pengendapan 12 jam, pengeringan, penggilingan, dan pengayakan.

Pembuatan Pati Termodifikasi dengan Hidrolisis Asam

Pati garut dihidrolisis dengan asam (Lehmann *et al.*, 2003) dengan menggunakan HCl 1,1 dan 2,2 N dengan empat ragam waktu hidrolisis (0, 2, 4, dan 6 jam). Pati garut disuspensikan dalam larutan HCl 1,1 N dan 2,2 N dengan nisbah larutan asam : pati 1:1 (b/v). Setiap suspensi pati dihidrolisis selama 0, 2, 4, dan 6 jam di dalam inkubator bergoyang bersuhu 35°C, masing-masing perlakuan dilakukan dua ulangan. Larutan pati segera dinetralkan dengan NaOH hingga mencapai pH 6, lalu disentrifugasi dengan kecepatan rotasi 2500 x g (3300 rpm) sehingga residu dapat terpisah dari supernatan. Residu pati dicuci hingga beberapa kali dengan air suling untuk menghilangkan sisa-sisa mineral. Pati terhidrolisis asam dikeringkan dalam oven pengering bersuhu 50°C dan diayak dengan ayakan 60 mesh.

Pembuatan Pati Termodifikasi secara Fisik

Pati terhidrolisis asam selanjutnya mengalami modifikasi secara fisik, yaitu proses siklus pemanasan-pendinginan berulang yang mengacu metode Lehmann *et al.* (2002). Proses modifikasi secara fisik juga dilakukan pada pati garut alami untuk membandingkan daya cerna antara pati yang mengalami hidrolisis asam terlebih dahulu dengan pati tanpa perlakuan hidrolisis asam.

Pati contoh (alami dan terhidrolisis asam) disuspensikan dalam air 20% (b/v) lalu dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk hingga homogen. Kemudian contoh diautoklaf (gelatinisasi) selama 15 menit pada suhu 121°C. Setelah itu contoh didinginkan selama 1 jam pada suhu ruang, lalu disimpan selama 24 jam pada suhu 4°C untuk memicu proses retrogradasi. Pemanasan dengan autoklaf hingga pendinginan pada 4°C diulangi sebanyak 2 kali (3 siklus pemanasan-pendinginan). Setelah itu, pati dikeringkan di dalam oven suhu 50°C, digiling, dan diayak.

Analisis Daya Cerna Pati

Analisis daya cerna pati mengacu pada metode Muchtadi *et al.* (1992) yang dimodifikasi yaitu adanya pengukuran terhadap blanko. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui kandungan maltosa awal dari contoh. Selanjutnya pati yang memiliki daya cerna terendah dipilih untuk dianalisis sifat kimianya.

Daya cerna pati dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Daya cerna pati} = \frac{A - a}{B - b} \times 100\%$$

Keterangan:

- A = kadar maltosa sampel
- a = kadar maltosa blanko sampel
- B = kadar maltosa pati murni
- b = kadar maltosa blanko pati murni

Analisis Sifat Kimiawi Pati Termodifikasi

Pati yang memiliki daya cerna terendah selanjutnya dianalisis sifat kimianya meliputi analisis proksimat (AOAC, 1995), kadar pati total, amilosa dan amilopektin (IRRI, 1978), serat pangan (AOAC, 1995), serta RS (AOAC, 1995).

Adapun analisis kadar pati resisten adalah sampel pati sebanyak 0,5 gram dilarutkan dalam 25 mL buffer fosfat 0,08 M (pH 6,0) dalam gelas piala 250 mL, lalu ditutup dengan aluminium foil. Kemudian ditambahkan 0,2 mL: enzim termamyl cair dan campuran diinkubasi dalam penangas air suhu 95°C selama 30 menit, dengan diaduk lembut selama 5 menit sekali. Setelah didinginkan sampai suhu ruang, pH larutan diatur hingga 4,5 dengan 5 mL larutan HCl 0,275 N dan ditambahkan 0,5 mL enzim amiloglukosidase (10 mg/1 mL buffer fosfat), lalu

diinkubasi dalam penangas air bergoyang dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah didinginkan sampai suhu ruang, pH campuran diatur menjadi 7,5 dengan menambahkan 5 mL larutan NaOH 0.325 N, lalu ditambahkan 0,05 mL enzim protease (40 mg protease/50 mL buffer fosfat), dan campuran diinkubasi dalam penangas air bergoyang pada suhu 60°C selama 30 menit.

Setelah inkubasi selesai, larutan disentrifuse 2000 rpm selama 20 menit. Setelah itu diambil bagian peletnya. Kemudian pelet dicuci dua kali dengan etanol 80% dan air destilata. Residu tersebut dikeringkan dalam oven bersuhu 40°C. Kadar pati resisten dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar RS} = \frac{\text{bobot residu}}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

Analisis Statistika

Penelitian ini dilakukan dua ulangan dan setiap analisis dilakukan duplo. Uji beda nyata pada taraf kepercayaan 95% atau $\alpha=0,05$ digunakan untuk menentukan pengaruh perlakuan pada penelitian ini terhadap parameter uji yang relevan. Analisis statistika dilakukan dengan menggunakan program SPSS 16. Uji korelasi dilakukan antar parameter yang relevan (pada tingkat kepercayaan 95%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Pati Garut (*Marantha arundinacea*.)

Umbi garut yang digunakan dalam penelitian ini berumur sekitar 10 bulan ketika dipanen. Kandungan pati maksimum adalah saat umbi garut berusia 12 bulan namun kekurangannya adalah umbi banyak mengandung serat sehingga pati sulit untuk diekstrak (Lingga *et al.*, 1989). Umbi garut yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan pati garut umumnya berumur 8-11 bulan. Kultivar umbi garut yang digunakan dalam penelitian ini adalah kultivar *creole*, yang memiliki kadar pati lebih tinggi dibandingkan kultivar *banana*, sehingga lebih baik untuk diekstrak patinya. Umbi garut kultivar *creole* mengandung 21,7%, sementara kultivar *banana* mengandung 19,4% pati (Kay, 1987). Rendemen pati dihitung berdasarkan perbandingan berat pati yang telah dikeringkan terhadap umbi yang sudah dibersihkan kulitnya, yaitu sebesar 15,69%. Hal ini disebabkan umbi garut yang digunakan masih muda berumur 10 bulan sehingga belum mencapai kandungan pati maksimum.

Pembuatan Pati Garut Termodifikasi untuk Menghasilkan RS3

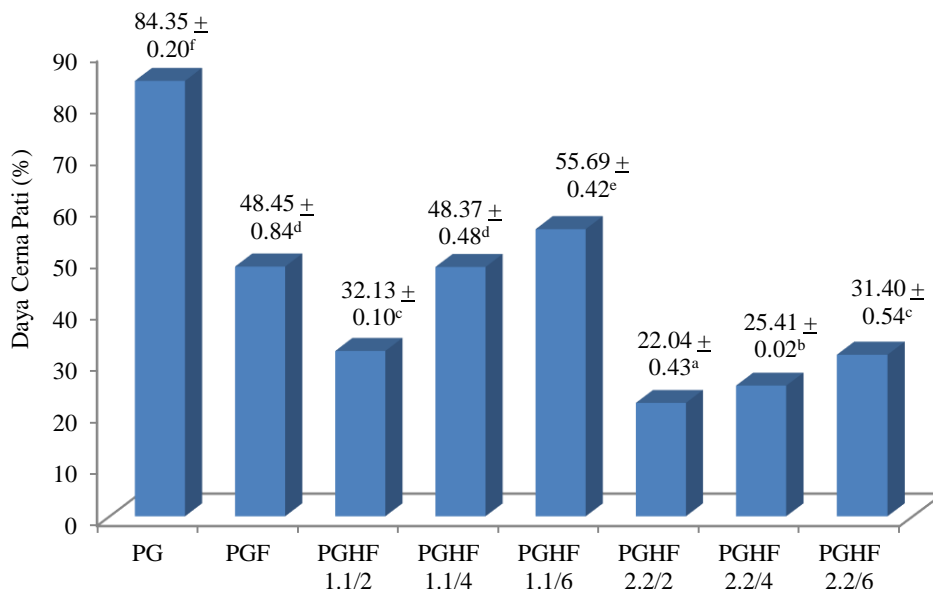
Tujuan utama dari hidrolisis pati dengan asam adalah untuk meningkatkan fraksi amilosa rantai pendek pada pati. Hidrolisis pati dengan asam akan lebih mudah memutus rantai pada bagian amorf

daripada kristalin karena daerah amorf tersusun lebih renggang sedangkan daerah kristalin lebih rapat. Bagian amorf yang tersusun atas titik percabangan (ikatan α -D-1,6) dari amilopektin mudah mengalami hidrolisis asam (Wurzberg, 1989). Terputusnya titik percabangan dari rantai molekul amilopektin (fraksi bercabang) pada daerah amorf mengakibatkan meningkatnya fraksi linear pati (amilosa) rantai pendek. Hal ini menunjukkan bahwa hidrolisis asam terhadap pati garut diduga memungkinkan peningkatan kandungan fraksi linear (amilosa) rantai pendek dari hasil pemutusan titik percabangan rantai amilopektin pada daerah amorf pati.

Berkurangnya bobot molekul pati dan meningkatnya jumlah amilosa rantai pendek akan memudahkan pati mengalami retrogradasi saat dilakukan proses siklus *autoclaving-cooling*. Retrogradasi mudah terjadi pada sebagian rantai amilosa sebagai struktur linear yang memfasilitasi ikatan silang dengan adanya ikatan hidrogen

Daya Cerna Pati Secara *In Vitro*

Berdasarkan Gambar 1, daya cerna pati yang mengalami proses modifikasi yaitu hidrolisis asam disertai modifikasi fisik (siklus pemanasan-pendinginan) mengalami penurunan. Penurunan daya cerna pati disebabkan oleh: (1) proses hidrolisis dengan asam dapat meningkatkan jumlah rantai polimer yang berbobot molekul rendah dan molekul amilosa rantai pendek. Bertambahnya jumlah fraksi amilosa rantai pendek akan memudahkan pati mengalami retrogradasi saat dilakukan proses siklus pemanasan-pendinginan. Retrogradasi mudah terjadi pada sebagian rantai amilosa sebagai struktur linear yang memfasilitasi ikatan silang dengan adanya ikatan hidrogen. Selama retrogradasi, molekul pati kembali membentuk struktur kompak yang distabilkan dengan adanya ikatan hidrogen (Sajilata *et al.*, 2006); (2) Saat siklus pemanasan-pendinginan, terjadi penyusunan ulang molekul-molekul pati antara amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin yang berakibat pada penguatan ikatan pada pati dan membuat pati lebih sulit untuk tercerna (Shin, 2004). Modifikasi pati garut dengan pemanasan-pendinginan dapat menurunkan daya cerna pati dari 84,35% menjadi 48,45%. Rendahnya daya cerna pati berkorelasi dengan tingginya kandungan bahan yang tidak tercerna dalam usus halus, seperti serat pangan dan pati resisten. Terbentuknya hidrolisat berbobot molekul terlalu rendah tidak dapat membentuk pati resisten sehingga daya cerna pati menjadi lebih tinggi. Titik kritis yang menentukan pembentukan RS selama perlakuan pemanasan-pendinginan adalah derajat polimerisasi. Polimer lebih kecil dari 10 satuan glukosa dapat menghambat retrogradasi (Gidley *et al.*, 1995 diacu dalam Jacobasch *et al.*, 2006), yang sangat berpengaruh pada kadar RS.



Ket : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P>0.05$) PG: Pati Garut *native*; PGF: Pati Garut dengan Modifikasi Fisik (tanpa hidrolisis); PGHF: Pati Garut dengan Hidrolisis-Modifikasi Fisik.

Gambar 1. Daya cerna pati garut dan pati modifikasi

Panjang rantai α -1,4-D-glukan antara 10 dan 40 optimal untuk pembentukan RS3, yang dapat meningkat hingga 94% (Schmiedl *et al.*, 2000). Rantai dengan DP rendah tersebut akibat proses hidrolisis asam dapat dihilangkan terlebih dahulu dengan etanol 80% sehingga proses pembentukan pati resisten lebih optimal.

Sifat Kimiawi Pati Garut Termodifikasi

Berdasarkan Tabel 1, pati garut termodifikasi hidrolisis-fisik terpilih memiliki kadar air di bawah 16% dan kadar abu di atas 3% bk. Besarnya kadar air sampel dipengaruhi oleh kondisi pengeringan, sedangkan tingginya kadar abu disebabkan terdapatnya mineral akibat proses hidrolisis asam. Pati biasanya memiliki kadar lemak dan protein cukup rendah (<5%), begitu pula pati garut dan pati sagu (Yuliasih *et al.*, 2007). Rendahnya kadar protein dan lemak pada pati modifikasi merupakan hal yang diinginkan karena interaksi antara protein dan pati serta lemak dan pati dapat mengurangi kadar pati resisten. Sementara itu kadar karbohidrat sampel tersebut sangat tinggi (lebih dari 95% bk), yang ditandai dengan kadar pati 87,55% bk dan serat pangan 9,84% bk.

Kadar Pati Total

Berdasarkan Tabel 2, kadar pati pada pati garut alami sebesar 98,10% bk. Hasil ini berbeda dengan analisis total pati sampel pati garut yang dilakukan oleh Sugiyono *et al.* (2009), yang menyatakan bahwa kadar pati dalam pati garut sebesar 94,89% bk. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan umur umbi. Sugitono *et al.* (2009)

menggunakan umbi garut yang berumur 6 bulan. Tingginya kadar pati sampel pati garut karena dipengaruhi oleh proses ekstraksi yang dilakukan. Raja dan Shindu (2000) yang juga menganalisis kadar total pati garut menyatakan bahwa pati garut mengandung kadar pati sebesar 86,67% bb atau 96,10% bk.

Pati garut yang mengalami proses hidrolisis menggunakan asam, kandungan total pati mengalami penurunan, yaitu menjadi 81,52% bk. Penurunan jumlah pati garut yang telah dihidrolisis mungkin disebabkan proses hidrolisis pati dapat memutus rantai pati menjadi hidrolisat-hidrolisat yang lebih sederhana dan larut dalam air.

Pati garut termodifikasi fisik memiliki kadar pati yang lebih rendah dibandingkan pati garut alami, yaitu sebesar 94,54% bk. Hal ini dimungkinkan karena saat proses pemanasan-pendinginan terjadi perubahan dan pemecahan terhadap struktur kompleks pati, yang mengakibatkan kandungan total pati menurun. Kadar total pati pada pati garut termodifikasi hidrolisis-fisik sebesar 87,55% bk. Saat siklus pemanasan-pendinginan terjadi kristalisasi amilosa kembali.

Menurut Vasanthan dan Bhaty (1998), kristalisasi amilosa pada saat retrogradasi memicu pembentukan pati resisten. Hidrolisat-hidrolisat pati (rantai amilosa dan sebagian amilopektin yang terputus-putus) akibat proses hidrolisis akan mengalami penyusunan ulang sehingga memicu terbentuknya pati resisten. Meningkatnya total pati berkorelasi dengan meningkatnya kandungan pati resisten pada pati terhidrolisis asam setelah mengalami siklus pemanasan-pendinginan.

Tabel 1. Hasil analisis proksimat, pati, amilosa, dan serat pangan pati garut *native*, pati terhidrolisis asam pati termodifikasi fisik, pati termodifikasi hidrolisis-fisik, dan Novelose 330

Kadar (% bk)	PG	PGH	PGF	PGHF	Nov
Air	10,01±0,00 ^b	12,46±0,13 ^c	14,18±0,04 ^d	14,33±0,00 ^d	9,75±0,07 ^a
Abu	0,29±0,00 ^a	3,69±0,01 ^b	0,40±0,01 ^a	3,59±0,30 ^b	0,22±0,01 ^a
Protein	0,42±0,02 ^b	0,34±0,01 ^a	0,48±0,00 ^c	0,84±0,00 ^e	0,60±0,00 ^d
Lemak	0,67±0,06 ^c	0,26±0,04 ^b	0,10±0,00 ^a	0,16±0,01 ^a	0,08±0,02 ^a
Karbohidrat	98,62±0,08 ^b	95,70±0,06 ^a	99,02±0,01 ^c	95,41±0,31 ^a	99,10±0,04 ^c
Pati	98,10±1,04 ^d	81,52±0,53 ^a	94,54±0,27 ^c	87,55±0,55 ^b	86,85 0,62 ^b
Amilosa	24,64±0,06 ^a	30,13±0,00 ^c	28,12±0,43 ^b	31,55±0,00 ^d	35,54±0,19 ^e
Serat Pangan	2,41±0,17 ^a	3,07±0,57 ^a	9,07±0,47 ^b	9,84±1,01 ^b	41,16±1,00 ^c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P>0,05$); PG: Pati Garut *native*; PGH: Pati Garut Terhidrolisis Asam; PGF: Pati Garut Termodifikasi Fisik; PGHF: Pati Garut Termodifikasi Hidrolisis-Fisik; Nov: Novelose 330.

Tabel 2. Perbandingan kadar pati total, amilosa, dan amilopektin.

Sampel	Kadar pati (% bk)	Kadar amilosa (% bk)	Kadar amilopektin (% bk)
PG	98,10 ^d	24,64 ^a	73,46
PGH	81,52 ^a	30,13 ^c	51,39
PGF	94,54 ^c	28,12 ^b	66,42
PGHF	87,55 ^b	31,55 ^d	56,00
Novelose 330	86,85 ^b	35,54 ^e	51,31

Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P>0,05$).

Kadar total pati Novelose 330 sebesar 86,85% bk. Perbedaan kadar pati Novelose 330 dengan pati garut serta pati garut modifikasi kemungkinan karena perbedaan sumber botani, varietas yang digunakan dan cara pengolahan. Berdasarkan hasil analisis ragam ($P>0,05$), kadar total pati masing-masing sampel pati garut dan modifikasinya berbeda nyata, akan tetapi kadar pati Novelose 330 tidak berbeda nyata dengan pati termodifikasi hidrolisis-fisik.

Kadar Amilosa dan Amilopektin

Nisbah amilosa-amilopektin dalam pati akan menentukan sifat pati secara keseluruhan. Kandungan amilosa dalam bahan pangan berpati digolongkan menjadi empat kelompok, yaitu kadar amilosa sangat rendah dengan kadar $< 10\%$, kadar amilosa rendah 10 - 20%, dan kadar amilosa sedang 20 - 24%, dan kadar amilosa tinggi $> 25\%$ (Aliawati, 2003).

Berdasarkan Tabel 2, pati garut mengandung amilosa sebesar 24,64% bk. Namun hasil ini berbeda dengan penelitian Sugiyono *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa pati garut tergolong beramilosa rendah dengan kadar 18,66% bk. Perbedaan tersebut dikarenakan umbi garut yang digunakan Sugiyono *et al.* (2009) berumur 6 bulan, sementara umbi garut yang digunakan dalam penelitian ini berumur 10 bulan. Jika dipanen pada kondisi pati yang optimum (± 11 bulan), kadar amilosa pati garut dapat lebih tinggi dari kadar amilosa pati garut yang digunakan pada penelitian ini, yaitu dapat mencapai 27%.

Naraya dan Moorthy (2002) menyatakan bahwa kadar amilosa pati garut berada pada kisaran

16 - 27%. Singkong memiliki kandungan amilosa 13,26 - 23,8%, ubi jalar 20,5 - 25,5%, uwi 21%, talas 14 - 19,4%, umbi *Dioscorea* 13 - 15%. Kadar amilosa dipengaruhi beberapa faktor antara lain: jenis botani, varietas tanaman, umur botani. Pada kondisi pati optimum, dibandingkan dengan kadar amilosa umbi lainya kadar amilosa garut cukup tinggi (Naraya dan Moorthy, 2002). Hal ini menjadikan umbi garut baik dijadikan bahan baku RS3.

Proses hidrolisis berpengaruh terhadap meningkatnya kandungan amilosa pati garut. Hal ini dapat dibuktikan bahwa kandungan amilosa pati garut hasil hidrolisis sebesar 30,13% bk atau meningkat 22% dibandingkan pati garut alami. Perlakuan hidrolisis dengan asam selain menghasilkan pemutusan pada rantai amilosa, juga terjadi pada sebagian rantai amilopektin, yang berakibat meningkatnya kandungan amilosa (Saguilan *et al.*, 2005). Kandungan amilosa pati garut termodifikasi fisik dan termodifikasi hidrolisis-fisik masing-masing sebesar 28,12 dan 31,55% bk. Kadar amilosa pati garut hasil modifikasi fisik sedikit lebih tinggi dari kadar amilosa pati garut alami. Walaupun demikian berdasarkan analisis sidik ragam, kedua pati tersebut berbeda nyata ($P<0,05$). Kadar amilosa pati garut termodifikasi hidrolisis-fisik pun sedikit lebih tinggi dan berbeda nyata ($P<0,05$) dibandingkan dengan amilosa pati garut hasil hidrolisis. Kandungan amilosa Novelose 330 lebih tinggi daripada kadar amilosa pati garut dan modifikasinya, yaitu sebesar 35,54% bk. Menurut Saguilan *et al.* (2005) Novelose 330 berasal dari pati jagung beramilosa tinggi, sehingga cenderung lebih mudah mengalami retrogradasi.

Kadar amilosa pati garut alami sebesar 25,12% dari total pati, sedangkan sisanya adalah amilopektin sebesar 74,88% dari total pati. Molekul amilopektin menentukan kemudahan pati tersebut untuk dicerna. Nisbah amilosa terhadap amilopektin juga menentukan daya cerna pati. Semakin rendah rasio, kecenderungan bahan pangan untuk dicerna semakin mudah. Pati garut tergolong baik untuk dicerna di saluran pencernaan. Novelose 330 memiliki kecenderungan sulit untuk dicerna, sedangkan kecenderungan pati garut termodifikasi untuk dicerna tergolong moderat.

Kadar Serat Pangan

Hasil analisis serat pangan menunjukkan bahwa pati garut mengandung serat pangan total sebesar 2,41% bk terdiri dari 0,95% bk serat larut dan 1,46% bk serat tidak larut. Bila mengacu pada klaim di atas, maka pati garut tergolong pangan yang kurang berserat. Menurut *U.S. Departemant of Agriculture and Health and Human Services* yang diacu oleh Hopkins Technology (1990), kebutuhan serat pangan adalah 20-30 gram per hari dengan batas maksimum 35 gram per hari. Hasil analisis kadar serat pangan sampel pati garut, pati modifikasi, dan Novelose 330 dapat dilihat pada Tabel 3.

Pati garut yang mengalami hidrolisis asam mengandung serat pangan sebesar 3,07% bk, terdiri atas 1,11% bk serat larut dan 1,96% bk serat tidak larut. Hasil ini menunjukkan bahwa proses hidrolisis asam mengakibatkan meningkatnya kadar serat pangan, baik serat larut maupun serat tidak larut. Namun berdasarkan analisis sidik ragam, kadar serat pangan total kedua pati tersebut tidak berbeda nyata ($P < 0,05$). Proses hidrolisis yang tidak diikuti dengan proses siklus pemanasan-pendinginan tidak secara signifikan meningkatkan kadar serat pangan dan pati resisten pati garut terutama RS3. Hal ini dikarenakan RS3 hanya terbentuk setelah pati dipanaskan pada suhu tinggi dan didinginkan. Hidrolisis asam hanya memecah pati menjadi hidrolisat-hidrolisat dengan derajat polimerisasi (DP) lebih rendah dan proses pengeringan pati terhidrolisis asam dengan oven bersuhu 50°C tidak secara spontan meningkatkan kadar RS3. Suhu oven 50°C berada di bawah suhu gelatinisasi pati garut, yaitu 70°C sehingga pati garut tidak dapat tergelatinisasi pada suhu oven tersebut.

Wurzbug (1989) menyatakan bahwa struktur granula pati setelah mengalami hidrolisis asam tidak terlalu berbeda dengan pati tanpa modifikasi, artinya granula pati belum mengalami pembengkakan.

Kadar pati resisten dalam bahan pangan secara alami pada umumnya rendah. Kemungkinan pati resisten yang terukur pada pati garut tanpa perlakuan modifikasi adalah pati resisten tipe 2 yang secara alami terdapat pada pati garut, sedangkan pati resisten yang terdapat pada pati garut yang telah dimodifikasi secara fisik dan Novelose 330 adalah RS3. Englyst dan Cummings (1987) menyebutkan bahwa pati resisten yang terukur pada pati akibat proses siklus pemanasan suhu tinggi-pendinginan hanya RS3, karena RS tipe 1 tidak mungkin terdapat pada pati yang telah dimurnikan dan RS tipe 2 tidak akan tahan lama (terhidrolisis dan terlarut) terhadap perlakuan enzim (α -amilase tahan panas) pada saat analisis pati resisten.

Pati garut termodifikasi baik secara fisik maupun hidrolisis asam-fisik mengandung total serat pangan sekita 3-4 kali lipat lebih besar dibandingkan pati garut alami. Pati garut modifikasi fisik mengandung total serat pangan sebesar 9,07% bk, terdiri atas 0,79% bk serat larut dan 8,28% bk serat tidak larut. Pati garut modifikasi hidrolisis-fisik mengandung total serat pangan sebesar 9,84% bk, terdiri atas 2,86% bk serat larut dan 6,98% serat tidak larut. Novelose 330 mengandung total serat pangan sebesar 41,16% bk, terdiri atas 1,25% bk serat larut dan 39,91% bk serat tidak larut. Peningkatan kandungan serat pangan pada pati garut termodifikasi karena pati resisten yang terbentuk akibat proses modifikasi pati juga termasuk dalam serat pangan.

Berdasarkan analisis sidik ragam ($P < 0,05$), kandungan total serat pangan pati garut termodifikasi berbeda nyata dengan pati alami dan pati terhidrolisis asam. Perbedaan secara nyata terdapat pada hasil analisis ragam serat tidak larut sehingga berpengaruh terhadap perbedaan secara nyata pada kadar serat pangan total. Akan tetapi kandungan serat larut pati termodifikasi fisik tidak berbeda nyata dengan pati alami. Namun kandungan serat larut pati termodifikasi hidrolisis-fisik berbeda nyata dengan ketiga sampel pati lainnya yang dianalisis. Ini mengindikasikan adanya peningkatan serat larut akibat proses hidrolisis.

Tabel 3. Perbandingan kadar serat pangan dan pati resisten pati garut *native*, pati terhidrolisis asam, pati termodifikasi fisik, pati termodifikasi hidrolisis-fisik, dan Novelose 330.

Sampel	Serat pangan (%bk)	Pati resisten (%bk)
PG	2,41 ^a	1,35 ^a
PGH	3,07 ^a	1,58 ^a
PGF	9,07 ^b	7,49 ^c
PGHF	9,84 ^b	5,91 ^b
Novelose 330	41,16 ^c	39,99 ^d

Ket: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

Hal ini dimungkinkan karena setelah proses hidrolisis asam terbentuk hidrolisat-hidrolisat pati dengan derajat polimerisasi (DP) tertentu. Menurut Wurzburg (1989) bobot molekul fraksi komponen pati menurun seiring dengan meningkatnya fluiditas (menurunnya total padatan). Meningkatnya fluiditas mengindikasikan derajat polimerisasi pati berkurang. Kemungkinan saat hidrolisis asam terbentuk hidrolisat pati dengan DP kurang dari 10 satuan glukosa. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisis derajat polimerisasi (DP) rantai pati sehingga tidak dapat diketahui DP pati terhidrolisis asam.

Kadar serat pangan total pati garut yang mengalami modifikasi fisik meningkat 3,8 kali dibandingkan kadar serat pangan total pati garut alami. Kadar serat pangan total pati garut yang mengalami *pretreatment* hidrolisis asam lalu dilanjutkan dengan modifikasi fisik meningkat 4,1 kali dari serat pangan total pati garut alami. Ranhotra *et al.* (1991) diacu dalam Sajilata *et al.* (2006) menyatakan bahwa perlakuan siklus pemanasan-pendinginan berulang pada pati gandum dapat meningkatkan kadar serat pangan total hingga 3 – 4 kali lipat. Peningkatan kadar serat pangan total pada pati yang mengalami proses siklus pemanasan-pendinginan terjadi karena peningkatan kadar serat tidak larut. Pati resisten terukur sebagai serat tidak larut tetapi memiliki fungsi fisiologis seperti serat larut. Kadar serat pangan total Novelose 330 sesuai dengan *National Starch* (2007) yang menyatakan bahwa kadar serat pangan total Novelose 330 minimum 30%.

Serat pangan dalam diet memiliki manfaat fisiologis yang baik bagi kesehatan. Serat pangan larut bersifat hipoglikemik dan hipokolesterolemik serta dapat berfungsi sebagai prebiotik bagi mikroflora usus, sedangkan serat pangan tidak larut mengurangi resiko pembentukan kanker saluran pencernaan. Berdasarkan hasil analisis, Novelose 330 dan pati garut yang telah dimodifikasi memiliki kandungan serat pangan yang baik jika digunakan sebagai sumber serat pangan untuk diaplikasikan sebagai bahan makanan dalam diet.

Kadar Pati Resisten

Tabel 3 menyajikan hasil analisis kadar pati resisten sampel pati garut, pati modifikasi, dan Novelose 330 beserta kadar serat pangan total pada tiap sampel. Pati garut alami mengandung 1,35% bk pati resisten. Kandungan RS3 dalam makanan secara alami pada umumnya rendah. Kemungkinan pati resisten yang terukur pada pati garut tanpa perlakuan adalah didominasi pati resisten tipe 2 yang memang secara alami telah terdapat pada pati garut. Pati garut setelah mengalami proses hidrolisis memiliki kandungan pati resisten sebesar 1,58% bk. Berdasarkan analisis ragam, kandungan pati resisten pada pati garut tanpa perlakuan dan pati terhidrolisis asam tidak berbeda nyata ($P < 0,05$).

Pati garut modifikasi fisik dan hidrolisis-fisik masing-masing mengandung pati resisten sebesar 7,49 dan 5,91% bk. Dengan demikian kandungan pati garut termodifikasi tersebut masing-masing meningkat 5,6 kali dan 4,4 kali dari pati garut *alami*. Namun pati termodifikasi hidrolisis-fisik mengandung pati resisten lebih rendah dibandingkan dengan pati termodifikasi fisik. Ini mungkin disebabkan terbentuknya polimer kurang dari 10 satuan glukosa setelah pati mengalami hidrolisis. Hal ini dapat mengganggu pembentukan pati resisten yang optimal. Gidley *et al.* (1995) menyatakan bahwa polimer lebih kecil dari 10 satuan glukosa dapat menghambat retrogradasi, yang sangat berpengaruh terhadap kadar RS. Panjang rantai yang optimal untuk pembentukan RS3 adalah α -1,4-D-glukan antara dengan DP 10 dan 40 (Schmiedl *et al.*, 2000). Panjang rantai yang optimal tersebut dapat dilakukan selain dengan hidrolisis asam juga dengan menggunakan enzim *debranching* seperti pullulanase ataupun kombinasi kedua sehingga RS3 dapat ditingkatkan.

Jika dihubungkan dengan kadar serat pangan, RS3 berkontribusi menaikkan kadar serat pangan total pati garut yang telah dimodifikasi. RS3 pada pati termodifikasi fisik berkontribusi 82,58% dari serat pangan total, sedangkan RS3 pada pati termodifikasi hidrolisis-fisik berkontribusi 60,06% dari serat pangan total.

Novelose 330 memiliki kandungan pati resisten sangat tinggi yaitu 39,9% bk. Kandungan pati resisten Novelose 330 sangat tinggi dibandingkan dengan pati modifikasi dari pati garut. Hal ini dimungkinkan karena kandungan amilosa Novelose 330 yang tinggi. Kandungan pati resisten yang tinggi berkorelasi dengan tingginya kandungan amilosa (Shu *et al.*, 2007). Novelose 330 memiliki serat pangan yang sangat tinggi karena berasal dari pati jagung tinggi amilosa, yang cenderung mudah mengalami retrogradasi, dengan demikian menghasilkan kandungan pati resisten yang tinggi akibat proses pemanasan-pendinginan (Saguilan *et al.*, 2005). Peningkatan kandungan pati resisten akibat proses modifikasi berkaitan dengan peningkatan kadar serat pangan tidak larut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perbedaan umur umbi garut berpengaruh terhadap baik kadar amilosa maupun kadar pati. Perlakuan hidrolisis asam yang dilanjutkan dengan proses modifikasi fisik dapat menurunkan daya cerna pati garut. Proses hidrolisis asam berpengaruh pada meningkatnya kandungan amilosa pati garut. Peningkatan kandungan amilosa pati garut berpengaruh terhadap peningkatan kadar serat pangan dan pati resisten. Kadar serat pangan total pati garut termodifikasi dengan hidrolisis HCl 2,2 N selama 2 jam yang dilanjutkan modifikasi fisik

mengalami peningkatan hingga 4,1 kali, sedangkan kadar pati resisten meningkat hingga 4,4 kali dibandingkan dengan pati garut tanpa perlakuan (alami). Sementara kadar serat pangan total pati garut termodifikasi fisik mengalami peningkatan hingga 3,8 kali, sedangkan kadar pati resisten meningkat hingga 5,6 kali dibandingkan dengan pati garut tanpa perlakuan (alami).

Saran

Diperlukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan kadar pati resisten yaitu dengan menggunakan kombinasi hidrolisis asam dengan *debranching enzyme* yaitu enzim pullulanase yang dikombinasikan dengan perlakuan hidrolisis asam dan modifikasi fisik. Hasil modifikasi pati garut tersebut kemudian diteliti lebih lanjut sifat fisiko kimianya sehingga dapat diketahui aplikasinya pada produk pangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai melalui Program Hibah Bersaing tahun 2009 dari Ditjen Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliawati G. 2003. Teknik analisis kadar amilosa dalam beras. *Buletin Teknik Pertanian*. 8 (2): 82-84.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemistry Inc.*, Washington D. C.
- Englyst HN dan Cummings JH. 1987. Resistant starch, a new food component: A classification of starch for nutritional purposes. Di dalam: ID Morton, ed. *Cereals in a European Context*. First European Conference on Food Science and Technology. Chichester, England: Ellis Horwood Ltd., 221 – 223.
- Faridah DN. 2011. Perubahan Karakteristik Kristalin Pati Garut (*Maranta arundinaceae* L.) dalam Pengembangan Pati Resisten Tipe III. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Franco CML, Cabral RAF, dan Tavares DQ. 2002. Structural and physicochemical characteristics of lintnerized native and sour cassava starches. *Starch /Starke* 54: 469-475.
- Gidley MJ, Cooke D, Darke AH, Hoffmann RA, Russell AL, Greenwell P. 1995. Molecular order and structure in enzyme resistant retrograded starch. Di dalam: G Jacobash, G Dongowski, D Schiemidl, KM Schmehl. Hydrothermal treatment of Novelose 330 results in high yield of resistant starch type 3 with beneficial prebiotic properties and decreased secondary bile acid formation in rats. *British J of Nutrition* 95: 1063 – 1074
- Jacobash G, Dongowski G, Schiemidl D, Schmehl KM. 2006. Hydrothermal treatment of Novelose 330 results in high yield of resistant starch type 3 with beneficial prebiotic properties and decreased secondary bile acid formation in rats. *British J of Nutrition* 95: 1063 – 1074.
- Kay DE dan Gooding EGB. 1987. *Root Crops*. London: Tropical Development and Research Institute.
- Kim SK, Kwok JK, dan Kim WK. 2003. A simple method for estimation of enzyme-resistant starch content. *Starch/Starke* 55: 366-368.
- Lehmann U, Jacobasch G, dan Schmieidl D. 2002. Characterization of resistant starch type III from banana (*Musa acuminata*). *J Agricultural and Food Chemistry* 50: 5236-5240.
- Lehmann U, Jacobasch G, Schmieidl D, Rossler C. 2003. Production and physicochemical characterization of resistant starch type 3 derived from pea starch. *J Food* 47(1): 60 – 63.
- Lingga P, Sarwono B, Rahardi F, Rahardja PC, Afistini JJ, Rini W, Apriadi WH. 1989. *Bertanam Umbi-umbian*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Muchtadi D. 1989. *Pengetahuan Bahan Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor
- Naraya S dan Moorthy. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *J Starch* 54: 559 – 592.
- Onyango C, Bley T, Jacob A, Henle T, Rohm H. 2006. Influence of incubation temperature and time on resistant starch type III formation from autoclaved and acid hydrolysed cassava starch. *Carbohydrate Polymers* 66: 494-499.
- Raja MKC dan Shindu P. 2000. Properties of starch-treated arrowroot (*Marantha arundinacea*) starch. *J Starch* 52 : 471-476.
- Ranhotra GS, Gelroth JA, Astroth K, Eisenbraunn GJ. 1991. Effect of resistant starch on intestinal response in rats. Di dalam: MG Sajilata, Rekha SS, Puspha RK. Resistant starch-a review. *J Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 5.
- Saguilan AA, Flores-Huicochea E, Tovar J, Garcia-Suarez F, Gutierrez-Meraz F, Bello-Perez LA. 2005. Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of alami and lintnerized banana starch: partial characterization. *J Starch* 57: 405- 412.
- Sajilata MG, Rekha SS, dan Puspha RK. 2006. Resistant starch-a review. *J Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 5 (Edisi): Halaman????.
- Schmieidl D, Bauerlein M, Bengs H, Jacobasch G. 2000. Production of heat-stable, butyrogenic

- resistant starch. Di dalam: G Jacobash, Dongowski G, Schiemidl D, Schmehl KM. Hydrothermal treatment of Novelose 330 results in high yield of resistant starch type 3 with beneficial prebiotic properties and decreased secondary bile acid formation in rats. *British J of Nutrition* 95: 1063 – 1074.
- Shin S, Byun J, Park KW, Moon TW. 2004. Effect of partial acid and heat moisture treatment of formation of resistant tuber starch. *J Cereal Chemistry* 81(2):194-198.
- Shu X, Jia L, Gao J, Song Y, Zhao H, Nakamura Y, Wu D2007. The influence of chain length of amylopectin on resistant starch in rice (*Oryza sativa*). *J Starch* 59: 504- 509
- Sugiyono, Faridah DN, dan Pratiwi R. 2009. Modifikasi pati garut (*Maranta arundinaceae* L) dengan perlakuan siklus pemanasan suhu tinggi-pendinginan (auto-claving-cooling cycling) untuk menghasilkan pati resisten tipe III. *J Tek dan Industri Pangan*. 20(1):17-24
- Vasanthan T dan Bhatti RS. 1998. Enhancement of resistant starch type 3 in amylo maize barley, field pea and lentil starches. *J. Starch / Stärke* 50: 286 – 291.
- Wurzburg OB. 1989. Modified Starches: Properties and Uses. Boca Raton: CRC Press.
- Yuliasih I, Irawadi TT, Sailah I, Pranamuda H, Setyowati K dan Sunarti TC. Pengaruh Proses Fraksinasi Pati Sagu terhadap Karakteristik Fraksi Amilosanya. *J Te. Ind Pert*. 17 (1): 29-36.
- Zhao XH dan Lin Y. 2009. The impact of coupled acid or pullulanase debranching on the formation of resistant starch from maize starch with autoclaving-cooling cycles. *European Food Research Technology* 230: 179–184.