

Karakteristik Pati Sagu yang Dimodifikasi dengan Perlakuan Gelatinisasi dan Retrogradasi Berulang

Characteristics of Modified Sago (Metroxylon sagu) Starch by Gelatinization and Retrogradation Cycling

I Gusti Putu Adi Palguna^a, Sugiyono^b, Bambang Hariyanto^c

^aAlumni Mayor Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

^bFakultas Teknologi Pertanian, IPB

^{a,b}Jalan Darmaga Bogor 16680

^cBadan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Jl. MH Thamrin No. 8 Jakarta

Email: putuadipalguna@yahoo.com

Diterima : 13 Mei 2014

Revisi : 11 Juni 2014

Disetujui : 30 Juni 2014

ABSTRAK

Modifikasi pati adalah perlakuan yang diberikan pada pati agar diperoleh sifat yang lebih baik atau mengubah beberapa sifat tertentu. Kajian mengenai karakteristik pati sagu termodifikasi perlu dilakukan agar pati sagu termodifikasi tepat pemanfaatannya sesuai dengan karakteristik produk pangan yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari perubahan karakteristik pati sagu akibat modifikasi dengan perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi berulang. Karakteristik yang diamati adalah sifat *birefringence*, bentuk granula pati, kadar pati resisten, daya cerna pati, nilai sineresis, kekuatan gel, pelepasan amilosa, dan parameter gelatinisasi pati. Proses 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi meningkatkan kadar pati resisten menjadi 7,82 persen. Dengan demikian pati sagu termodifikasi dapat dikaji lebih lanjut potensinya untuk pengembangan produk pangan fungsional berbasis bahan pangan lokal.

kata kunci : gelatinisasi, retrogradasi, pati resisten, pati sagu

ABSTRACT

Starch modification is a treatment given to the starch in order to obtain better properties or change several specific properties. The study of the characteristics of modified sago starch needs to be conducted so that modified sago can be properly utilized in accordance with the desired characteristics of food products. This research aims to study the changes in characteristics due to modification of sago starch by gelatinization and retrogradation cycling. The evaluated characteristics of gelatinized and retrograded starch were birefringence properties, shape and size, resistant starch, starch digestibility, syneresis, gel strength, amylose leaching, and starch gelatinization profiles. A three-cycle gelatinization-retrogradation process produces the highest resistant starch content (7.82 percent). Therefore, the potential of modified sago starch can be studied further for the development of functional food products based on local food.

keyword : gelatinization, retro gradation, resistant starch, sago starch

I. PENDAHULUAN

Pati *native* tidak banyak digunakan untuk industri pangan disebabkan kelemahan pada sifat fungsionalnya seperti tidak tahan panas, tidak tahan pengadukan, tidak tahan asam, serta cenderung mengalami retrogradasi (Jayakody dan Hoover, 2008). Pati sagu juga memiliki kelemahan saat proses pengolahan yaitu kental namun cepat encer selama

pemanasan (Herawati, 2009). Komponen zat gizi pati sagu seperti lemak dan protein juga tergolong rendah. Pati sagu dilaporkan memiliki kadar lemak dan protein secara berturut-turut 0,06 sampai 0,12 persen dan 0,25 sampai 0,48 persen (Purwani, dkk., 2006), 0,26 sampai 0,96 persen, dan 1,82 sampai 2,61 persen (Yuliasih, 2008). Kecilnya kandungan lemak dan protein menyebabkan pati sagu hanya

dapat menjadi sumber karbohidrat. Pati resisten merupakan komponen non gizi tetapi memberi efek fisiologis bagi kesehatan juga dilaporkan rendah yaitu 1,77 persen pada pati sagu asal Bogor (Palguna, dkk., 2013), 1,52 persen pada pati sagu asal Sukabumi dan 2,58 persen pada pati sagu asal Papua (Satriawan, 2010).

Salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah pati adalah melakukan modifikasi pati sehingga diperoleh sifat-sifat yang cocok untuk aplikasi tertentu (Saguilan, dkk., 2005 di dalam Sugiyono, dkk., 2009). Kaur, dkk., (2012) mengklasifikasikan teknik modifikasi pati menjadi 4 kelompok yaitu modifikasi: (i) kimia; (ii) fisik; (iii) enzimatis; dan (iv) bioteknologi. Proses gelatinisasi dan retrogradasi dapat dikelompokkan ke dalam teknik modifikasi secara fisik. Copeland, dkk., (2009) menyatakan gelatinisasi merupakan suatu proses pemanasan pati pada kandungan air yang mencukupi. Fredrikson, dkk., (1997) menyatakan retrogradasi adalah perubahan-perubahan yang terjadi selama proses pendinginan dan penyimpanan pati tergelatinisasi. Modifikasi pati dengan perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi dilaporkan berpengaruh signifikan terhadap peningkatan serat pangan total (Sugiyono, dkk., 2009) dan peningkatan kadar pati resisten (Sugiyono, dkk., 2009; Yadav, dkk., 2009; Zhao dan Lin, 2009).

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari perubahan karakteristik pati sagu akibat modifikasi dengan perlakuan gelatinisasi dan retrogradasi berulang.

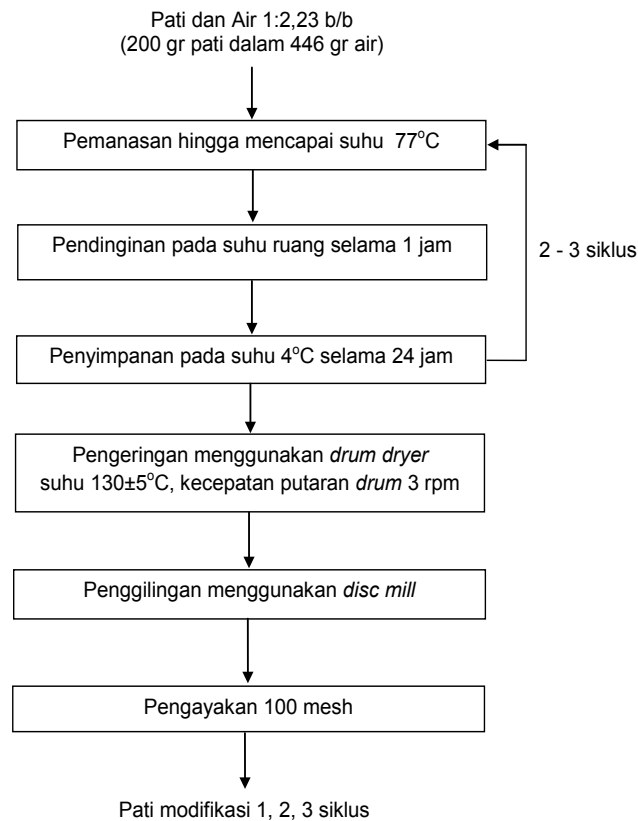
II. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Institut Pertanian Bogor, pada bulan Agustus 2012 sampai April 2013. Bahan utama yang digunakan adalah pati sagu hasil ekstraksi batang tanaman sagu (*Metroxylon sagu*) yang diperoleh dari petani sagu di daerah Ciluwér, Bogor. Bahan yang digunakan untuk analisis adalah enzim amiloglukosidase A-9913 (Sigma-Aldrich Pte Ltd), enzim α -amilase tahan panas dari *Bacillus licheniformis* (Termamil 120L), enzim protease dari *Aspergillus niger* aktivitas 89 U/mL, enzim α -amilase (E Merck), pati murni (E Merck), buffer fosfat pH 7, asam dimetilsalisilat (DNS). Alat utama yang digunakan pada proses gelatinisasi

dan retrogradasi adalah *hotplate* dan *drum dryer* dan untuk analisis adalah mikroskop polarisasi, *scanning electron microscope* EVO 50 ZEISS, *texture analyzer* TA-XT2i, dan *rapid visco analyzer* TECMASTER 2061904 TMA.

Proses 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi (Gambar 1) dengan merujuk pada Sugiyono, dkk., (2009) yang dimodifikasi dalam hal : jumlah air, suhu gelatinisasi, jumlah siklus, dan kehalusan pati. Pati sagu dan air dicampur pada perbandingan pati terhadap air yaitu 1 : 2,23 b/b (200 gr pati dalam 446 gr pati). Suspensi kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu 77°C menggunakan *hot plate*. Pasta pati selanjutnya didinginkan selama 1 jam pada suhu ruang. Pati tergelatinisasi selanjutnya disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam agar terjadi retrogradasi. Proses gelatinisasi dan retrogradasi dua siklus dilakukan dengan cara gel pati siklus pertama dipanaskan kembali hingga mencapai suhu 77°C kemudian didinginkan pada suhu 4°C selama 24 jam. Proses tiga kali siklus gelatinisasi dan retrogradasi dilakukan dengan cara gel pati yang telah diberi perlakuan dua kali siklus gelatinisasi dan retrogradasi dipanaskan kembali hingga mencapai suhu 77°C kemudian disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam. Pati teretrogradasi kemudian dikeringkan pada suhu 130±5°C menggunakan *drum drier* dengan kecepatan 3 rpm. Pati teretrogradasi yang telah dikeringkan selanjutnya digiling menggunakan *disc mill* dan diayak menggunakan pengayak dengan ukuran 100 mesh.

Analisis yang dilakukan adalah kadar pati resisten (Prangdimurti, dkk., 2011), daya cerna pati (Muchtadi, dkk., 1992), sineresis (modifikasi Wattanachant, dkk., 2003), kekuatan gel (modifikasi Gunaratne dan Corke, 2007), pelepasan amilosa (Lestari, 2009), profil gelatinisasi pati menggunakan *Rapid Visco Analyzer*, sifat *birefringence* menggunakan mikroskop polarisasi pembesaran 400x. Analisis sifat *birefringence* hanya dilakukan pada proses siklus gelatinisasi dan retrogradasi yang menghasilkan kadar pati resisten tertinggi. Bentuk dan ukuran granula pati menggunakan *scanning electron microscope* dengan *Electron High Tension* (EHT) sebesar 15,00 kV untuk pati sagu *native* dan 1,00 kV untuk pati sagu termodifikasi. Data dari berbagai parameter analisis, selanjutnya dianalisa menggunakan



Gambar 1. Proses Modifikasi Pati Sagu Dengan Perlakuan Gelatinisasi dan Retrogradasi Berulang

Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf $\alpha = 5$ persen. Jika terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji perbandingan berganda Duncan (Susilo, dkk., 2013).

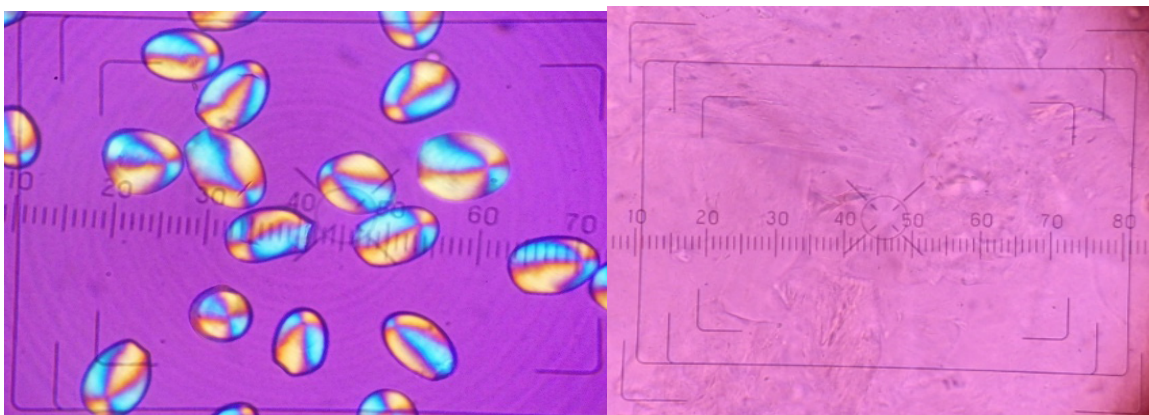
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Birefringence

Pengamatan menggunakan mikroskop polarisasi pembesaran 400x memperlihatkan sifat *birefringence* (*maltese cross*) pati sagu *native* masih terlihat dengan jelas (Gambar 2a). Hasil penelitian ini sejalan dengan beberapa

hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa granula pati sagu asal Jawa Barat (Yuliasih, 2008), dan granula pati sagu yepa hongleu asal Irian Jaya (Herawati, 2009) yang belum mengalami gelatinisasi sama-sama masih memperlihatkan sifat *birefringence*. Liu (2005) menyatakan adanya sifat *birefringence* mengindikasikan bahwa kristalin granula pati memiliki orientasi radial atau memperlihatkan struktur molekuler tersusun teratur di dalam granula pati.

Modifikasi pati sagu dengan perlakuan 3



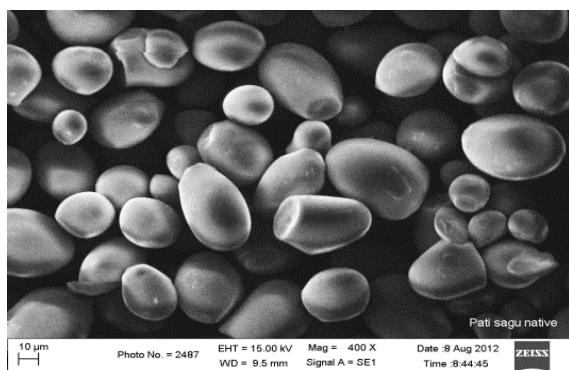
Gambar 2. Sifat *birefringence* (a) pati sagu *native* dan (b) pati sagu modifikasi 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi diamati menggunakan mikroskop polarisasi pembesaran 400x.

siklus gelatinisasi-retrogradasi mengakibatkan hilangnya sifat *birefringence* pati sagu, seperti ditunjukkan pada Gambar 2b. Hilangnya sifat *birefringence* pati sagu termodifikasi mengindikasikan pemanasan suspensi pati hingga mencapai suhu 77°C dengan rasio pati terhadap air padaimbangan yaitu 1:2,23 menyebabkan pati sagu mengalami gelatinisasi. Beberapa hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penggunaan air berlebih saat proses gelatinisasi mengakibatkan sifat *birefringence* pada pati kentang (Liu, dkk., 2002) dan pati gandum (Palav dan Seetharaman, 2006) menjadi tidak terlihat.

3.2 Bentuk dan Ukuran Granula

Hasil *scanning electron* memperlihatkan granula pati sagu *native* berbentuk bulat elips dan bagian ujungnya tampak terpotong (Gambar 3). Kisaran panjang pati sagu asal Bogor adalah 19,84 sampai 51,70 μm , sedangkan kisaran lebarnya adalah 17,05 sampai 38,57 μm . Sebagai perbandingan, hasil penelitian Herawati (2009) menunjukkan granula pati sagu yepha hongleu asal Irian Jaya memiliki kisaran panjang 45,1 sampai 91,6 μm , sedangkan kisaran lebar 29,8 sampai 74,8 μm . Selanjutnya Teng, dkk., (2013) mengamati ukuran granula pati sagu asal Malaysia adalah 5 sampai 20 μm untuk granula kecil, sedangkan granula pati sagu besar memiliki ukuran 20 sampai 40 μm .

Gambar 4a-c menunjukkan akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi granula pati sagu menjadi pecah atau rusak. Tingkat kerusakan granula pati sagu termodifikasi terlihat sama untuk semua proses siklus gelatinisasi dan retrogradasi. Pecahnya granula pati sagu termodifikasi disebabkan karena pemanasan suspensi pati di atas suhu



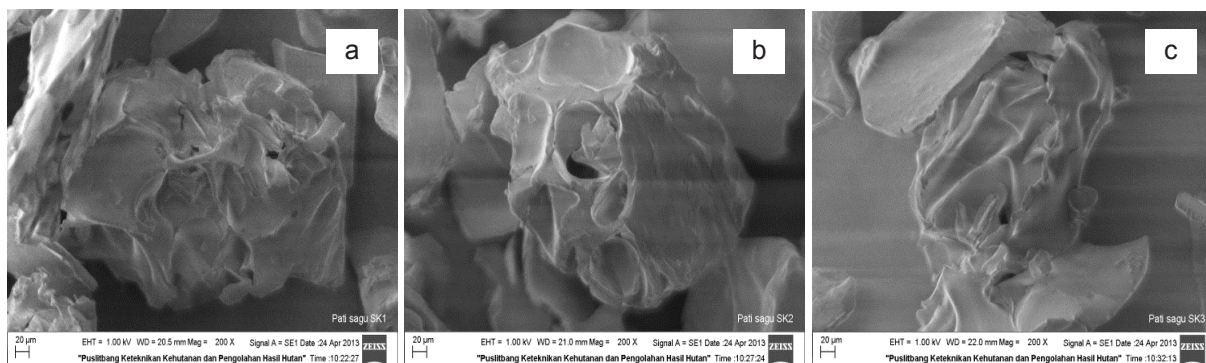
Gambar 3. Bentuk Granula Pati Sagu *Native* Pembesaran 400x.

awal gelatinisasi pati sagu dan pada keadaan air berlebih (200 gr pati dalam 446 gr air). Bilbao-Sainz, dkk., (2007) menyatakan pemanasan pati dalam keadaan jumlah air berlebih menyebabkan terjadinya pengembangan granula, polimer pati keluar dari granula, dan pada akhirnya granula pati pecah. Selanjutnya, Kusnandar (2010) menyatakan dengan meningkatnya suhu pemanasan di atas suhu gelatinisasi, granula pati akan mengembang dan tidak mampu lagi menampung air. Sebagai akibatnya, granula pati akan pecah dan molekul amilosa dan amilopektin akan menyatu dengan fasa air.

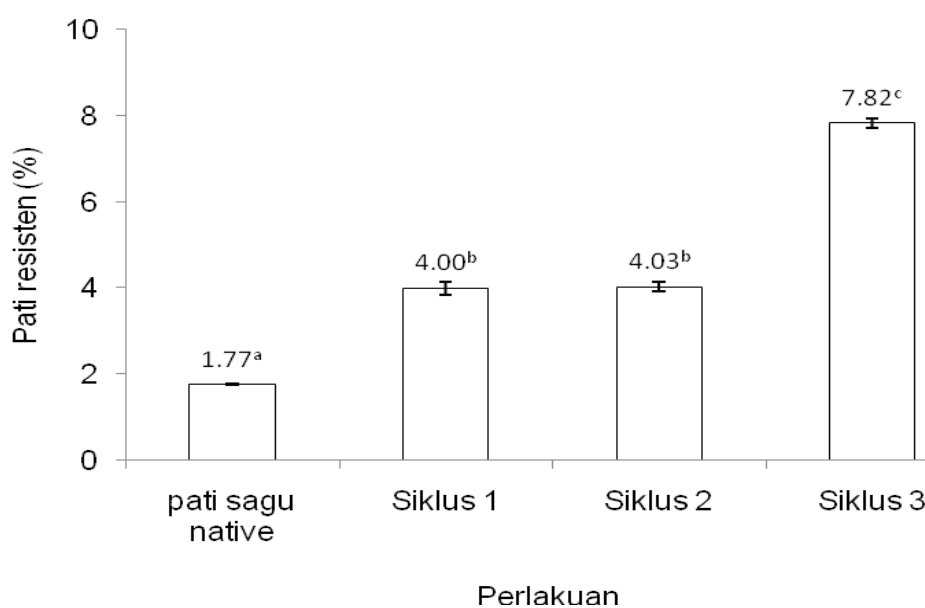
Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan proses gelatinisasi mengakibatkan granula pati menjadi pecah. Ratnayake dan Jackson (2008) melaporkan proses gelatinisasi beberapa pati dalam air berlebih (6 gr pati dalam 100 ml air) menyebabkan beberapa granula pati pecah. Granula pati jagung dan pati ubi kayu dilaporkan pecah pada suhu gelatinisasi 70°C, pati jagung tinggi amilosa masih memperlihatkan bentuk granula pada pemanasan hingga mencapai suhu 85°C, granula pati jagung tinggi amilopektin, pati gandum, dan pati kentang pecah pada suhu 65°C, sedangkan granula pati beras pecah pada suhu 60°C. Selanjutnya hasil penelitian Wu, dkk., (2012) menunjukkan pati beras yang dikukus selama 20 menit pada suhu 100°C, kemudian disimpan pada suhu 4°C selama 1, 5, 10 dan 15 hari mengakibatkan granula pati beras pecah pada semua waktu penyimpanan.

3.3 Pati Resisten

Modifikasi pati sagu dengan perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi signifikan mengakibatkan peningkatan kadar pati resisten (Gambar 5). Kadar pati resisten pati sagu *native* yaitu 1,77 persen. Akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi kadar pati resisten meningkat menjadi 4,00 sampai 7,82 persen. Proses 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi paling optimal meningkatkan kadar pati resisten hampir 5 kali lipat. Goni, dkk., (1996) mengelompokkan bahan berdasarkan kadar pati resisten 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). Dengan demikian pati sagu *native* termasuk bahan dengan kadar pati resisten



Gambar 4. Bentuk Granula (a) Pati Sagu Termodifikasi 1 Siklus, (b) pati sagu termodifikasi 2 siklus dan (c) pati sagu termodifikasi 3 siklus gelatinisasi-retrogradasi pembesaran 200x



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 5. Pengaruh Siklus Gelatinisasi dan Retrogradasi Pati Sagu Terhadap Kadar Pati Resistan.

rendah (1,77 persen), sedangkan pati sagu termodifikasi termasuk bahan dengan kadar pati resisten menengah hingga tinggi (4,00 sampai 7,82 persen).

Beberapa peneliti juga melaporkan siklus pemanasan dan pendinginan mengakibatkan peningkatan kadar pati resisten. Sugiyono, dkk., (2009) melaporkan proses pemanasan suhu tinggi dan pendinginan berulang hingga 5 siklus signifikan meningkatkan kadar pati resisten pati garut. Hasil penelitian Zhao dan Lin (2009) menunjukkan pemanasan suhu tinggi dan pendinginan berulang sebanyak 4 siklus signifikan meningkatkan kadar pati resisten pada pati jagung tinggi amilosa. Selanjutnya hasil penelitian Yadav, dkk., (2009) menunjukkan siklus pemanasan suhu tinggi dan pendinginan hingga 3 siklus signifikan meningkatkan kadar

pati resisten pada gandum, *barley*, *bengal gram*, *pea*, *lentil*, dan *kidney bean*.

Peningkatan kadar pati resisten akibat gelatinisasi dan retrogradasi berulang disebabkan karena kristalisasi ulang molekul amilosa saat proses retrogradasi. Yadav, dkk., (2009) menyatakan pati resisten terbentuk selama proses retrogradasi atau kristalisasi ulang pati tergelatinisasi, khususnya amilosa. Setiap pemanasan berulang dapat meningkatkan derajat gelatinisasi pati dan pendinginan berulang memicu lebih terjadinya retrogradasi. Retrogradasi amilosa pati sagu pada penelitian ini disebabkan karena penyimpanan pati sagu tergelatinisasi pada suhu 4°C selama 24 jam. Cui dan Oates (1997) melaporkan pengamatan menggunakan *differential scanning calorimetry* terhadap penyimpanan pati sagu tergelatinisasi

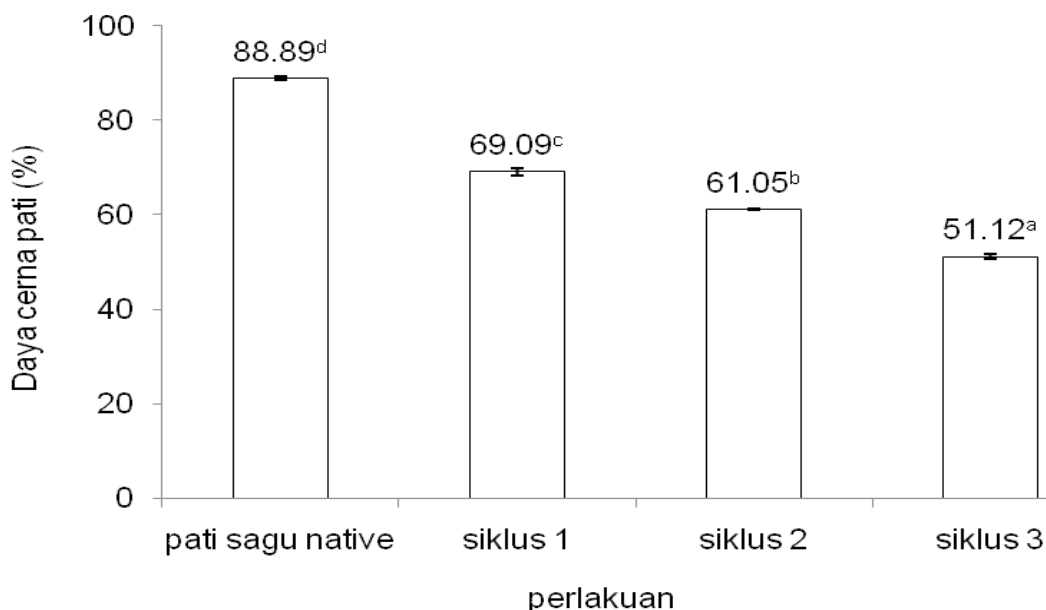
pada suhu 5°C selama 1 jam memperlihatkan transisi endotermik pada suhu 145,2°C yang mengindikasikan terjadinya retrogradasi amilosa pati sagu asal Malaysia.

3.4. Daya Cerna Pati

Gambar 6 menunjukkan semakin banyak jumlah siklus gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan daya cerna pati sagu menurun. Daya cerna pati sagu *native* yaitu 88,89 persen turun menjadi 69,09 sampai 51,12 persen akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi. Dengan demikian proses 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi paling optimal menurunkan daya cerna pati sagu hampir 2 kali lipat.

Penurunan daya cerna pati sagu akibat proses siklus gelatinisasi dan retrogradasi mengindikasikan bahwa semakin sedikit produk hidrolisis pati yang dihasilkan oleh enzim pemecah pati. Faridah (2011) menyatakan pengukuran daya cerna pati *in vitro* dilakukan untuk melihat tingkat kemudahan suatu jenis pati dihidrolisis oleh enzim pemecah pati menjadi unit-unit yang lebih kecil. Selain gelatinisasi dan retrogradasi berulang beberapa perlakuan seperti *heat moisture treatment* (Syamsirm, 2012), dan kombinasi hidrolisis asam dengan pemasanan suhu tinggi dan pendinginan (Faridah, 2011) juga dilaporkan berpengaruh terhadap penurunan daya cerna pati.

Eerlingen, dkk., (1994) menyatakan



Keterangan : Notasi yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 6. Pengaruh Siklus Gelatinisasi dan Retrogradasi Pati Sagu Terhadap Daya Cerna Pati.

pemanasan dan pengadukan selama proses pemasakan pati akan merusak struktur granula, menyebabkan peningkatan hidrolisis enzim terhadap pemecahan pati tetapi pendinginan pati tergelatinisasi memicu terjadinya retrogradasi amilosa yang mengakibatkan penurunan daya cerna pati. Cui dan Oates (1997) melaporkan analisis menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) menunjukkan retrogradasi amilosa pati sagu asal Malaysia mulai terjadi pada 1 jam penyimpanan pati tergelatinisasi pada suhu 5°C. Selanjutnya analisis hidrolisis pati menunjukkan terjadi penurunan derajat hidrolisis pati tergelatinisasi yaitu 54,7 persen menjadi 28,2 persen setelah pati sagu tergelatinisasi disimpan pada suhu 5°C selama 1 jam. Analisis menggunakan DSC dan penurunan derajat hidrolisis pati mengindikasikan retrogradasi amilosa berpengaruh terhadap penurunan daya cerna pati.

3.5. Sineresis

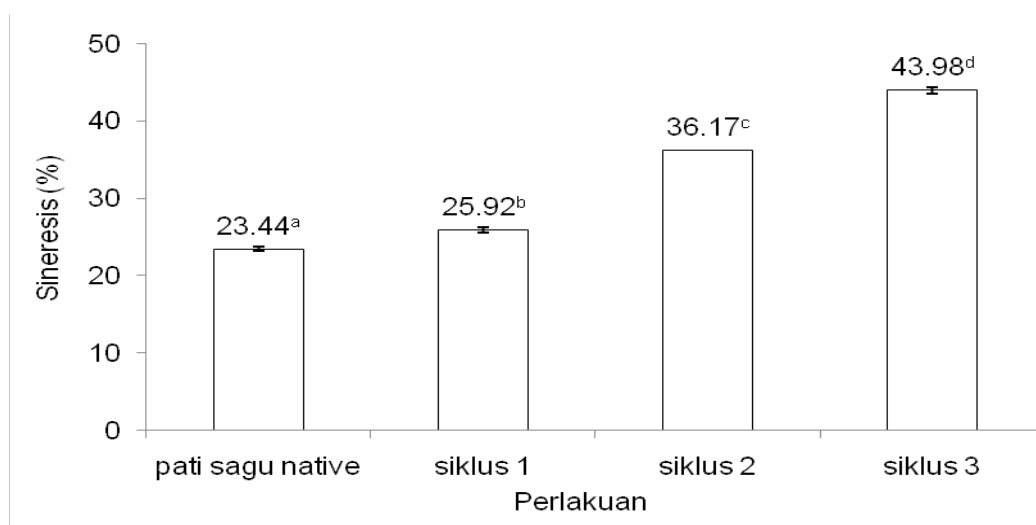
Sineresis pada penelitian ini terukur sebagai jumlah air keluar dari gel pati pada 1 kali siklus pendinginan dan pencairan. Modifikasi pati sagu dengan perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan jumlah air keluar dari gel pati selama pendinginan dan pencairan menjadi meningkat yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai sineresis (Gambar 7). Nilai sineresis pati sagu *native* sebesar 23,44 persen meningkat menjadi 25,92 sampai 43,98

persen akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi.

Peningkatan nilai sineresis juga dilaporkan dipengaruhi beberapa faktor seperti peningkatan jumlah siklus pendinginan dan pencairan (Charoerein, dkk., 2008), lama penyimpanan pati tergelatinisasi pada suhu 4°C (Yousif, dkk., 2012), dan modifikasi *heat-moisture treatment* (Syamsir, 2012). Terjadinya sineresis pada gel pati yang telah mengalami pembekuan dan pencairan disebabkan oleh peningkatan ikatan molekuler antara rantai pati, khususnya retrogradasi amilosa (Charoerein dkk., 2008). Selanjutnya Faridah (2011) menyatakan jumlah air keluar merupakan akibat dari

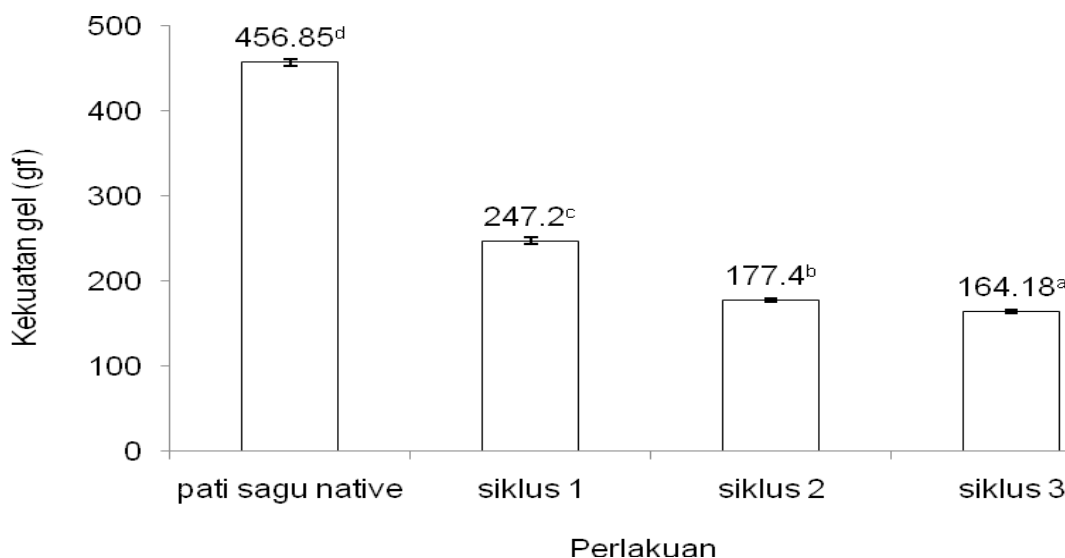
terjadinya peningkatan ikatan hidrogen antar dan inter molekuler akibat terjadinya agregasi (retrogradasi) selama penyimpanan beku.

Pati sagu dengan perlakuan 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi memiliki nilai sineresis paling tinggi ($43,98 \pm 0,41$ persen) yang mengindikasikan karakteristik *freeze-thaw stability* terendah dibandingkan dengan pati sagu *native* dan pati sagu dengan perlakuan 1 sampai 2 siklus gelatinisasi dan retrogradasi. *Freeze-thaw stability* merupakan indikator penting untuk mengevaluasi ketahanan sifat fisik gel pati terhadap perubahan tidak diinginkan selama pembekuan dan pencairan (Charoerein dkk., 2008). Selanjutnya Herawati



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 7. Pengaruh Siklus Gelatinisasi dan Retrogradasi Pati Sagu Terhadap Nilai Sineresis



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 8. Pengaruh Siklus Gelatinisasi dan Retrogradasi Pati Sagu Terhadap Kekuatan Gel.

(2009) menyatakan pengukuran sineresis dapat mengetahui stabilitas gel pati selama proses pendinginan. Dengan demikian, pati sagu dengan perlakuan 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi tidak sesuai digunakan untuk produk pangan beku.

3.6. Kekuatan Gel

Kekuatan gel didefinisikan sebagai gaya maksimum yang diberikan selama kompresi gel pati (Yuan, dkk., 2008). Data dari Gambar 8 memperlihatkan bahwa proses 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi signifikan mengakibatkan penurunan kekuatan gel pati sagu. Kekuatan gel pati sagu *native* yaitu 456,85 gf menurun menjadi 247,2 sampai 164,18 gf akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi. Penurunan kekuatan gel pati sagu termodifikasi mengindikasikan semakin rendahnya gaya maksimum yang diberikan selama kompresi gel pati. Suriani (2008) juga melaporkan bahwa pati garut dengan modifikasi 1 sampai 5 siklus pemanasan dan pendinginan memiliki karakteristik kekuatan gel lebih rendah dibandingkan dengan pati garut *native*.

Penurunan kekuatan gel pati sagu termodifikasi diduga disebabkan karena pecahnya granula pati sagu termodifikasi (Gambar 4a-c). Sunarti, dkk., (2007) di dalam Suriani (2008) menyatakan rusaknya struktur granula pati menyebabkan amilosa keluar sehingga dapat menurunkan viskositas atau kekuatan gel. Pecahnya granula pati yang sudah mengalami modifikasi dapat mempengaruhi kemampuannya untuk membentuk gel. Bila

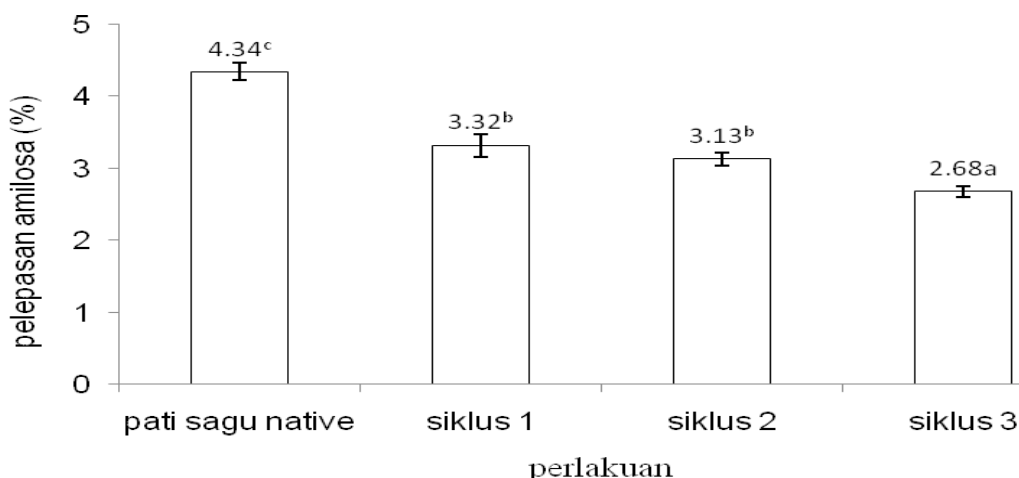
proses pemanasan dilakukan pada suhu tinggi, maka granula pati akan pecah dan keadaan yang seperti ini akan menyebabkan viskositas pati menurun. Aini dan Hariyadi (2007) menyatakan terbentuknya viskositas yang lebih rendah menghasilkan kekuatan gel yang rendah.

3.7. Pelepasan Amilosa

Pelepasan amilosa pati sagu akibat proses 1 sampai 3 kali siklus gelatinisasi dan retrogradasi lebih rendah dibandingkan dengan pelepasan amilosa pati sagu *native*, seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Pelepasan amilosa pati sagu *native* yaitu 4,34 persen turun menjadi 3,32 sampai 2,68 persen akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi.

Selain siklus gelatinisasi dan retrogradasi, proses *Heat-Moisture Treatment* (HMT) juga dilaporkan mengakibatkan penurunan pelepasan amilosa tepung jagung (Lestari, 2009). Ikatan ulang antara amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin yang semakin kuat akibat proses retrogradasi diduga menjadi faktor yang menyebabkan pelepasan amilosa pati sagu semakin menurun. Hal ini sejalan dengan terjadinya peningkatan nilai sineresis pati sagu akibat siklus gelatinisasi dan retrogradasi yang mengindikasikan terjadinya peningkatan interaksi amilosa-amilosa dan amilosa-amilopektin selama retrogradasi (Gambar 7).

Perera, dkk., (1997) menyatakan penurunan pelepasan amilosa disebabkan adanya interaksi antara amilosa-amilosa, dan amilosa-amilopektin. Interaksi tersebut menghambat sejumlah gugus hidroksil yang berpotensi



Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 9. Pengaruh Siklus Gelatinisasi dan Retrogradasi Pati Sagu Terhadap Pelepasan Amilosa.

berikatan dengan molekul air. Tian, dkk., (2011) melaporkan pati beras yang telah digelatinisasi kemudian disimpan pada suhu 4°C pada variasi waktu penyimpanan memperlihatkan hasil bahwa semakin lama waktu penyimpanan pada suhu 4°C resistensi amilosa terhadap iod semakin tinggi. Kristalisasi ulang amilosa akibat proses retrogradasi merupakan faktor utama penyebab terjadinya resistensi amilosa terhadap iodin. Semakin tingginya resistensi amilosa terhadap iod mengindikasikan kandungan amilosa pati semakin menurun akibat proses retrogradasi.

3.8. Profil Gelatinisasi Pati

Uji ragam menunjukkan proses 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap beberapa parameter profil gelatinisasi pati sagu seperti viskositas puncak, viskositas minimum, viskositas *breakdown*, viskositas akhir, viskositas setback, dan viskositas *breakdown* relatif. Sebaliknya, memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan suhu awal gelatinisasi dan viskositas balik relatif pati sagu yang diamati menggunakan *rapid visco analyzer* (Tabel 1). Uji lanjut dengan metoda Duncan menunjukkan proses 2 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi pati sagu berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap peningkatan suhu awal gelatinisasi. Selain itu, perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi secara signifikan mengakibatkan peningkatan viskositas balik relatif pati sagu ($p < 0,05$).

Suhu awal gelatinisasi pati sagu *native* adalah 77°C. Akibat proses 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi suhu awal gelatinisasi pati sagu

meningkat menjadi 74,83°C sampai 94,50°C. Peningkatan suhu awal gelatinisasi juga terjadi pada pati sagu yang diberi perlakuan *heat moisture treatment* (Herawati 2009; Wulansari 2010). Herawati (2009) menyatakan adanya peningkatan suhu awal gelatinisasi pati sagu termodifikasi HMT mengindikasikan bahwa energi yang diperlukan untuk memutus ikatan hidrogen antar dan intermolekuler di dalam granula pati sagu termodifikasi lebih besar dibandingkan dengan pati *native*. Hal ini dapat terjadi apabila pengaturan kembali molekul amilosa dan amilopektin pada granula selama proses modifikasi mengarah pada peningkatan stabilitas interaksi molekul di dalam granula pati.

Syamsir (2012) menyatakan viskositas balik relatif merupakan persen rasio viskositas balik dengan viskositas panas. Herawati (2009) menyatakan pati termodifikasi dengan viskositas balik tinggi mempunyai kemampuan membentuk gel yang baik. Akan tetapi, peningkatan viskositas balik relatif pati sagu tidak didukung oleh data kekuatan gel pati sagu. Hasil pengukuran kekuatan gel pati sagu asal Bogor menggunakan *texture analyzer* menunjukkan proses gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan penurunan kekuatan gel pati sagu (Gambar 8).

IV. KESIMPULAN

Modifikasi pati sagu dengan perlakuan 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan sifat *birefringence* pati sagu menjadi tidak terlihat sedangkan granula pati sagu menjadi pecah atau rusak akibat perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi. Selain itu, perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan

Tabel 1. Pengaruh Siklus Gelatinisasi dan Retrogradasi Terhadap Parameter Gelatinisasi Pati Sagu

Parameter profil gelatinisasi	Perlakuan			
	pati sagu <i>native</i>	siklus 1	siklus 2	siklus 3
Viskositas puncak ^{tn} (cP)	5974±97	3921±1923	3908±294	2875±180
Viskositas minimum ^{tn} (cP)	2068±68	1042±264	1208±32	1211±209
Viskositas <i>breakdown</i> ^{tn} (cP)	3906±30	2879±1659	2701±326	2065±178
Viskositas akhir ^{tn} (cP)	3052±40	2316±644	2763±266	2585±261
Viskositas balik ^{tn} (cP)	984±28	1274±380	1556±234	1374±52
Suhu awal gelatinisasi (°C)	72,00±0 ^a	74,83±4 ^a	94,50±0 ^b	90,45±6 ^b
Viskositas <i>breakdown</i> relatif ^{fn}	65,39±0	71,67±7	68,98±3	72,14±11
Viskositas balik relatif	16,48±1 ^a	34,22±7 ^b	40,14±9 ^b	47,94±5 ^b

Keterangan: ^{tn} tidak nyata

peningkatan beberapa karakteristik seperti kadar pati resisten, nilai sineresis, suhu awal gelatinisasi, dan viskositas balik relatif. Akan tetapi, perlakuan 1 sampai 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi mengakibatkan penurunan nilai daya cerna pati, kekuatan gel, dan pelepasan amilosa. Perlakuan 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi paling optimal meningkatkan kadar pati resisten pati sagu menjadi hampir 5 kali lipat. Dengan demikian, pati sagu termodifikasi 3 siklus gelatinisasi dan retrogradasi dapat dikaji lebih lanjut potensinya sebagai pangan fungsional berbasis bahan pangan lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Jakarta, yang telah memberikan bantuan berupa bahan baku dan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. dan Hariyadi H. 2007. Pasta pati jagung putih waxy dan non-waxy yang dimodifikasi secara oksidasi dan asetilasi-oksidas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 12(2):108-115.
- Bilbao-Sainz, C., Butler M., Weaver T., Bent J. 2007. Wheat Starch Gelatinization Under Microwave Irradiation and Conduction Heating. *Carbohydrate Polymer* 69:224-232.
- Charoerein, S., Tatirat O., Muadklay J. 2008. Use of centrifugation-filtration for determination of syneresis in freeze-thaw starch gels. *Carbohydrate Polymer* 73:143-147.
- 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 Polymer* 32:65-72.
- Eerlingan, R.C., Jacobs H., Delcour J.A. 1994. Enzyme-resistant starch. V. effect of retrogradation of waxy maize on susceptibility. *Cereal Chemistry* 71(4):351-355.
- Faridah, D.N. 2011. *Perubahan Karakteristik Kristalin Pati Garut (Maranta arundinaceae L.) dalam Pengembangan Pati Resisten Tipe III*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- 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 Polymer* 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 Chemistry* 56(4):445-449.
- Gunaratne, A and H. Corke. 2007. Effect of Hydroxypropylation and Alkaline Treatments in Hydroxypropylation on Some Structural and Physicochemical Properties of Heat-Moisture Treated Wheat, Potato and Waxy Maize Starch. *Carbohydrate Polymer* 68 : 305–313.
- Herawati, D. 2009. *Modifikasi Pati Sagu Dengan Teknik Heat Moisture Treatment (Hmt) dan Aplikasinya dalam Memperbaiki Kualitas Bihun*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Jayakody, L., Hoover R. 2008. Effect of Annealing on the Molecular Structure and Physicochemical Properties of Starches from Different Botanical Origins – A review. *Carbohydrate Polymer* 74:691-703.
- Kaur, B., Ariffin F., Bhat R., Karim A.A. 2012. Progress in Starch Modification in the Last Decade. *Food Hydrocolloids* 26:398-404.
- Kusnandar, F. 2010. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Jakarta. Dian Rakyat.
- Lestari, O.A. 2009. *Karakterisasi Sifat Fisiko-Kimia dan Evaluasi Nilai Gizi Biologis Mi Jagung Kering yang Disubstitusi Tepung Jagung Termodifikasi*. Tesis. Institut Pertanian 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 Research International* 35(4):397-407.
- Liu, Q., 2005. Understanding Starches and Their Role in Foods. Di Dalam: *Food Carbohydrate Chemistry, Physical Properties, and Applications*: Cui SW (editor). USA: CRC Pr.
- Muchtadi, D., Palupi N.S., Astawan M. 1992. *Petunjuk Laboratorium Metode Kimia Biokimia dan Biologi dalam Evaluasi Nilai Gizi Pangan Olahan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.
- Palav, T. dan Seetharaman K. 2006. Mechanism of Starch Gelatinization and Polymer Leaching During Microwave Heating. *Carbohydrate Polymer* 65:364-370.
- Palguna, I.G.P.A., Sugiyono, Haryanto B. 2013. Optimasi Rasio Pati Terhadap Air dan Suhu Gelatinisasi untuk Pembentukan Pati Resistan Tipe III pada Pati Sagu (*Metroxylon sagu*). *Pangan* 22(3):253-261.
- Perera, C., Hoover R., Martin A.M. 1997. The Effect

- of Hydroxypropylation on The Structure and Physicochemical Properties of Native, Defatted and Heat-Moisture Treated Potato Starches. *Food Research International* 30(3):235-247.
- Prangdimurti, E., Koswara S., Hartoyo A. 2011. *Penuntun Praktikum Evaluasi Nilai Biologis Komponen Pangan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan. IPB. Bogor.
- Purwani, E.Y., Widaningrum, Thahir R, Muslich. 2006. Effect of Heat Moisture Treatment of Sago Starch on Its Noodle Quality. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 7(1):8-14.
- Ratnayake, W.S. dan Jackson D.S. 2008. Thermal Behavior of Resistant Starches RS 2, RS 3, and RS 4. *Journal of Food Science* 73(5):356-366.
- Satriawan, E. 2010. *Pengaruh Metode Heat Moisture Treatment (HMT) Terhadap Kandungan Pati Resisten Tipe III dan Daya Cerna Pati Sagu*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- 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. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* XX(1):17-24.
- Suriani, A.I. 2008. *Mempelajari Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Berulang Terhadap Karakteristik Sifat Fisik dan Fungsional Pati Garut (Marantha arundinacea)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Susilo, N., Hasbullah R., Sugiyono. 2013. Proses Pengolahan Beras Pratanak Memperbaiki Kualitas dan Menurunkan Indeks Glikemik Gabah Varietas Cihayang. *Pangan* 22(3):209-219.
- Syamsir, E. 2012. *Mempelajari Fenomena Perubahan Karakteristik Fisikokimia Tapioka Karena Heat-Moisture Treatment dan Model Kinetikanya*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Tian, Y., Bai Y., Li Y., Xu X., Xie Z., Jin Z. 2011. Use of The Resistance Effect Between Retrograded Starch and Iodine for Evaluating Retrogradation Properties of Rice Starch. *Food Chemistry* 125:1291-1293.
- Teng, L.Y., Chin N.L., Yusof Y.A. 2013. Rheological and Textural Studies of Fresh and Freeze-Thawed Native Sago Starch-Sugar Gels. II. Comparisons with Other Starch Sources and Reheating Effects. *Food Hydrocolloids* 31:156-165.
- Wattanachant, S., Muhammad K., Hasyim D.M., Rahman R.A. 2003. Effect of Crosslinking Reagent and Hydroxypropylation Levels on Dual-Modified Sago Starch Properties. *Food Chemistry* 80:463-471.
- Wulansari, D. 2010. *Karakteristik Fisik Pati Sagu (Metroxylon sp) Dimodifikasi Dengan Teknik Heat Moisture Treatment (HMT)*. Tesis.. Sekolah Pasca Sarjana. IPB, Bogor.
- Wu Y., Lin Q., Chen Z., Wu W., Xiao H. 2012. Fractal Analysis of the Retrogradation of Rice Starch by Digital Image Processing. *Journal of Food Engineering* 109:182-187.
- 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. *International Journal of Food Science Nutrition* 60(4):258-272.
- Yousif, E.I., Gadallah M.G.E., Sorour A.M. 2012. Physico-chemical and Rheological Properties of Modified Corn Starches and Its Effect on Noodle Quality. *Annals of Agricultural Science* 57(1):19-27.
- Yuan, M.L., Lu Z.H, Cheng YQ, Li L.T. 2008. Effect of Spontaneous Fermentation on The Physical Properties of Corn Starch And Rheological Characteristics of Corn Starch Noodle. *Journal of Food Engineering* 85:12-17.
- Yuliasih, I. 2008. *Fraksinasi dan Asetilasi Pati Sagu (Metroxylon sagu Rottb) Serta Aplikasi Produknya Sebagai Bahan Campuran Plastik Sintetis*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Zhao, X.H. dan Lin Y. 2009. Resistant Starch Prepared from High–Amylose Maize Starch with Citric–Acid Hydrolysis and Its Simulated Fermentation in Vitro. *European Food Research and Technology* 228:1015-1021.

BIODATA PENULIS :

I Gusti Putu Adi Palguna, dilahirkan di Gianyar, 24 Pebruari 1986. Pendidikan S1 Jurusan Tehnik Kimia diselesaikan pada tahun 2009 di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta dan S2 di bidang 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 di tempuhnya di Institut Pertanian Bogor.