

DAYA PEMBENGGKAKAN SERTA SIFAT PASTA DAN TERMAL PATI SAGU, PATI BERAS DAN PATI UBI KAYU

Swelling Power, Pasting and Thermal Properties of Sago Starch, Rice Starch and Cassava Starch

Shanti Fitriani

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Subrantas Km 12,5, Pekanbaru 28293. Telp. (0761) 63270
Email: shanti.fitriani@lecturer.unri.ac.id.

ABSTRAK

Pati sagu diekstrak dari batang pohon sagu (*Metroxylon sago*), yang banyak ditemukan di kawasan Asia Tenggara. Dibandingkan dengan beras, produk pangan berbasis sagu lebih sedikit ditemukan di pasaran Indonesia. Banyak aplikasi yang menggunakan pati melibatkan pemanasannya di dalam air. Transisi termal yang dialami pati dan interaksi dengan air pada tingkat granula dan makromolekul membedakan sifat-sifat pati dan dapat menentukan potensinya sebagai bahan penyusun makanan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman tentang sifat pasta dan termal serta daya pembengkakan pati sagu yang dibandingkan dengan dua pati lainnya yang banyak diproses di Asia Tenggara, yaitu beras dan ubi kayu (tapioka). Sifat-sifat pati yang diuji termasuk daya pembengkakan, sifat pasta menggunakan RVA dan sifat termal menggunakan DSC. Pati ubi kayu memiliki daya pembengkakan tertinggi (34,6 g/g) yang tidak berbeda nyata dengan pati sagu (29,0 g/g). Dalam hal sifat pasta, pati sagu memiliki nilai viskositas terendah untuk viskositas puncak, panas, dan viskositas akhir sementara suhu pasting tertinggi. Suhu gelatinisasi dan nilai entalpi pati sagu merupakan yang tertinggi dan pati beras terendah. Semua sampel yang dijalankan pada DSC disimpan pada suhu 4°C untuk mengukur rekristalisasi/retrogradasi. Pati sagu menunjukkan re-ordering amilopektin yang signifikan, sementara hanya sedikit untuk pati ubi kayu. Hanya pati beras yang menunjukkan adanya kompleks amilosa-lipid.

Kata kunci: pati sagu, daya pembengkakan, sifat pasta, sifat termal

ABSTRACT

*Sago starch extracted from the sago tree trunk (*Metroxylon sago*), which is widely found in Southeast Asia. Compared to rice, sago-based food products are less found in the Indonesian market. Many applications using starch involves heating in water. The thermal transition exposed by starch and the interaction with water at the level of granules and macromolecules distinguishes the properties of starch and can determine its potential as a food ingredient. This study aims to gain an understanding of the paste and thermal properties as well as swelling of sago starch as compared with the other two processed starches in Southeast Asia; rice and cassava. The properties of the starch tested including swelling properties, pasting properties using RVA and thermal properties using DSC. The cassava starch had the highest swelling (34.6 g/g) which was not significantly different from sago starch (29.0 g/g). In terms of pasting properties, sago starch has the lowest viscosity value for peak viscosity, heat, and final viscosity while highest pasting temperature. Sago starch has the highest temperature of gelatinization and enthalpy value while rice starch is the lowest. All samples run on DSC are stored at 4°C to measure recrystallization or retrogradation. Sago starch showed significant re-ordering of amylopectin, while only slightly for cassava starch. Only rice starch indicates the presence of amylose-lipid complexes.*

Keywords: sago starch, swelling power, pasting properties, thermal properties

PENDAHULUAN

Pati yang merupakan polisakarida hasil sintesis dari tanaman hijau melalui proses fotosintesis adalah komponen utama yang membentuk tekstur pada produk makanan semi-solid. Jenis pati yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda dalam pengolahan, yang utamanya digunakan sebagai pengental dan penstabil dalam makanan. Pati alami (*native*) dapat dimodifikasi untuk memperbaiki beberapa karakteristiknya agar sesuai dengan tujuan aplikasi.

Salah satu bahan baku pembuatan pati adalah batang pohon sagu yang diekstrak (pati sagu). Pati sagu berpotensi menjadi sumber karbohidrat yang bermanfaat, yang banyak terdapat di beberapa daerah di Indonesia, termasuk Riau, tetapi masih perlu pemanfaatan yang lebih luas dalam produk pangan. Sementara itu, ubi kayu dapat tumbuh dengan baik di Indonesia dengan jumlah produksi yang besar dan harga yang murah, sehingga dapat menghasilkan pati dalam jumlah besar pula. Sebagai produk ekstrusi, pati beras biasa digunakan dan diproses sebagai sereal untuk sarapan yang memiliki karakteristik yang diinginkan saat terkena susu (Bao dan Bergman, 2004). Pati ubi kayu juga berhasil digunakan sebagai bahan pakan dalam produksi ekstrudat atau sebagai campuran dengan bahan lainnya (Leonel dkk., 2009). Namun, studi tentang pemanfaatan pati sagu sebagai produk ekstrusi masih sangat terbatas.

Dengan memahami sifat-sifat yang berbeda dari tiga jenis pati alami tersebut, dapat dilakukan pemilihan pati serta perbaikan atau modifikasi sifatnya jika diperlukan untuk mendapatkan produk makanan yang diharapkan. Beberapa penelitian telah melakukan pengamatan sifat-sifat fisikokimia pati-pati tersebut, namun, karena variasi dalam satu jenis pati serta metode berbeda yang digunakan, akan sulit membuat perbandingan sampel secara langsung. Sifat-sifat yang dibahas dalam penelitian ini adalah perilaku pati saat dipanaskan dalam air (daya pembengkakan, sifat pasta dan sifat termal). Banyak aplikasi yang menggunakan pati melibatkan pemanasannya di dalam air. Transisi termal yang dialami pati dan interaksi dengan

air pada tingkat granula dan makromolekul membedakan pati dan dapat menentukan potensinya sebagai bahan makanan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui beberapa sifat fisikokimia tiga jenis pati alami yaitu pati sagu, pati beras dan pati ubi kayu berupa sifatnya ketika dipanaskan di dalam air yang meliputi daya pembengkakan, sifat pasta dan sifat termal.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan yaitu pati alami berupa pati sagu yang diperoleh dari PT Riau Sago Lestari, pati beras dibeli dari Sigma-Aldrich (Gillingham, UK) dan pati ubi kayu disuplai oleh Ingredion (Manchester, UK). Peralatan dan instrumen yang digunakan yaitu pipet (Eppendorf Multipipette® Xstream), *waterbath* (DMU26, Fisher Scientific, Loughborough, UK), sentrifus (JOUAN CR3i, Thermo Fisher Scientific, Hampshire, UK), oven (Mettler, Schwabach, Jerman), *Rapid Visco Analyzer* (RVA, Model RVA Super 4, Newport Scientific Pvt Ltd, Warriewood, Australia) dengan perangkat lunak Thermocline for Windows versi 2.4 (Newport Scientific Pvt. Ltd., Warriewood, Australia), DSC-823e (Mettler-Toledo, Columbus, OH, USA) yang digabungkan dengan robot sampel (TS0801RO Mettler Toledo, Columbus, OH, USA) dilengkapi perangkat lunak program analisis DB default 9.0.

METODE PENELITIAN

Daya Pembengkakan

Daya pembengkakan pati diperoleh dengan menggunakan metode keseimbangan massa yang dimodifikasi dari Leach dkk. (1959). Untuk mengetahui daya pembengkakan, sampel berupa pati alami ($0,3 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$) dimasukkan ke dalam tabung sentrifus 50 ml dan ditambahkan 30 ml akuades ke dalam masing-masing tabung menggunakan pipet Eppendorf. Tabung lalu ditutup dan segera dikocok untuk mencegah pembentukan gumpalan di dalam sampel, kemudian ditempatkan dalam *waterbath* dengan suhu konstan yaitu $95 \pm 2^\circ\text{C}$ dan dibalikkan dua kali pada interval 20 detik selama 3 menit

pertama saat sampel mengalami gelatinisasi. Kemudian pencampuran berlangsung pada interval 30 detik selama 2 menit, kemudian setiap 1 menit selama 5 menit, dan setiap 5 menit sampai total waktu 30 menit. Setelah dikeluarkan dari *waterbath*, tabung segera ditempatkan di dalam air es hingga mencapai suhu kamar. Tabung kemudian dimasukkan ke dalam *waterbath* pada suhu 25°C selama 5 menit lalu disentrifugasi pada 1.000 x g selama 20 menit. Supernatan dipindahkan ke dalam wadah aluminium foil yang telah diketahui beratnya dengan menggunakan pipet Pasteur dan berat pati yang membengkak (tertinggal di dalam tabung) juga dicatat. Supernatan ditimbang sebelum dan sesudah dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 12 jam. Daya pembengkakan dihitung menggunakan persamaan (1) dan dinyatakan sebagai gram pembengkakan sampel per gram berat kering sampel.

$$\frac{\text{Berat sampel pati yang membengkak}}{\text{Berat sampel awal} - \text{Berat supernatan kering}} \quad (1)$$

Sifat Pasta

Profil pasta pati sagu, pati beras dan pati ubi kayu alami dianalisis dengan menggunakan RVA. Pati yang diketahui kadar airnya ditimbang ke dalam tabung aluminium untuk sampel RVA dengan basis berat kering 12,5% b/b dan ditambahkan akuades hingga berat total 28 g. Viskositas kemudian diukur dengan menggunakan profil standar 'standar 1'; suhu awal 50°C selama 1 menit diikuti pemanasan bertahap hingga 95°C selama 4 menit, dipertahankan pada suhu ini selama 2 menit, didinginkan hingga 50°C selama 4 menit, dan terakhir dipertahankan pada suhu 50°C selama 2 menit. Kecepatan pengadukan pada 960 rpm untuk 10 detik pertama dan kemudian konstan pada 160 rpm hingga selesai 13 menit pengukuran. Interval antara pembacaan adalah 4 detik. Instrumen RVA memplot kurva profil pasta pati sebagai hubungan dari nilai viskositas (cP) pada sumbu y dengan perubahan suhu (°C) selama fase pemanasan dan pendinginan pada sumbu x.

Sifat Termal

Sifat termal sampel pati-pati alami diukur menggunakan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Aliran panas dan suhu dikalibrasi menggunakan indium murni. Sampel pati dicampur dengan akuades langsung ke dalam *pan* sampel baja tahan karat yang telah ditimbang sebelumnya dengan rasio pati:air sebesar 1:3. *Pan* kemudian ditutup rapat (segel) dan ditimbang kembali. Semua sampel yang telah disegel lalu diekuilibrasi pada suhu kamar paling sedikit 12 jam untuk memungkinkan hidrasi sampel, sebelum dipanaskan pada suhu 10°C/menit dari 20 sampai 100°C untuk mengamati adanya puncak entalpi gelatinisasi. Profil suhu dan entalpi (dinyatakan sebagai J/g) ditentukan dengan menggunakan perangkat lunak instrumen DSC. Suhu onset (T_o), suhu puncak (T_p) dan suhu endset (T_e) dikaitkan dengan gelatinisasi pati dan retrogradasi (pati yang telah mengalami gelatinisasi disimpan pada suhu 4°C selama tujuh hari).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Pembengkakan

Hasil pengukuran daya pembengkakan granula pati disajikan pada Tabel 1 dan dinyatakan sebagai gram pembengkakan sampel per gram berat kering sampel seperti yang didefinisikan dalam persamaan (1). Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa daya pembengkakan pati sagu pada suhu 95°C berbeda tidak nyata dengan daya pembengkakan pati ubi kayu, namun untuk daya pembengkakan kedua pati tersebut secara signifikan lebih tinggi daripada pati beras. Hasil ini sesuai dengan penelitian Ahmad dan Williams (1998) yang melaporkan bahwa daya pembengkakan 11 jenis pati sagu berimbang dengan pati ubi kayu. Nilai untuk daya pembengkakan pati ubi kayu (pada suhu 95°C) seperti yang dilaporkan oleh Swinkels (1985) adalah 71 g/g, namun metode yang digunakan di laboratorium yang berbeda sulit untuk dibandingkan. Sementara itu menurut Wang dan Wang (2002), daya pembengkakan pati beras pada suhu 95°C telah terbukti bervariasi bahkan pada saat yang bersamaan.

Tabel 1. Daya pembengkakan pati sagu, pati beras dan pati ubi kayu pada suhu 95°C

Jenis pati	Daya pembengkakan (g/g)
Sagu	29,0 ^a ± 3.8
Beras	12,5 ^b ± 1.5
Ubi kayu	34,6 ^a ± 3.0

Nilai adalah rerata ± SD ($n = 3$). Rerata dengan superskrip yang sama, berbeda tidak nyata ($p > 0,05$)

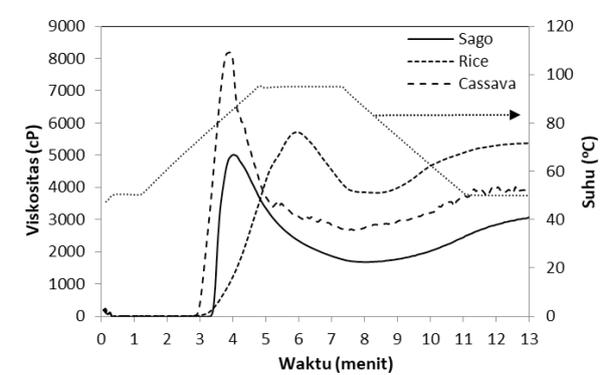
Daya pembengkakan pati dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Tester dan Morrison (1990), sifat pembengkakan pati dari sereal terutama terkait dengan struktur amilopektin. Faktor lain yang dilaporkan mempengaruhi daya pembengkakan adalah rasio amilosa dan amilopektin, tingkat ikatan silang kimiawi dalam granula (Schoch, 1964), zat non-karbohidrat seperti lipid atau fosfat (Leach dkk., 1959) dan protein (Wang dan Seib, 1996).

Kandungan lipid dan protein yang tinggi pati beras (data tidak ditunjukkan), seperti umumnya pati dari sereal, kemungkinan besar berkontribusi pada terhambatnya pembengkakan pati, karena adanya peningkatan jumlah kompleks amilosa-lipid. Kejernihan pasta pati yang mengalami gelatinisasi yang mengakibatkan kesulitan dalam memisahkan pati yang bengkak dari supernatan adalah indikasi tidak ada atau rendahnya tingkat kompleksitas amilosa pada pati sagu dan pati ubi kayu. Leach (1959) melaporkan bahwa beberapa pati tertentu, misalnya jagung, beras dan sorgum, menunjukkan pembengkakan terbatas dibandingkan dengan jenis *waxy* karena adanya ikatan intermolekul yang lebih kuat dan lebih banyak seperti kompleks amilosa-lipid.

Sifat Pasta

Profil viskositas pasta dari tiga jenis pati yang dianalisis menggunakan RVA disajikan pada Gambar 1, sementara nilai untuk setiap parameter dirangkum dalam Tabel 2. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa struktur profil pasta pati sagu dan pati ubi kayu hampir sama sementara untuk pati beras sangat berbeda. Pati ubi kayu memiliki viskositas puncak yang paling tinggi dan waktu gelatinisasi paling cepat, tetapi

hampir bersamaan dengan pati sagu. Pati sagu memiliki viskositas puncak yang paling rendah. Pati beras memiliki waktu terlalu lama untuk mencapai viskositas puncak. Sementara untuk suhu pasting (suhu dimana mulai terjadinya pembengkakan granula pati saat dilarutkan dalam air yang berdampak pada viskositas), pati sagu lebih tinggi daripada pati ubi kayu.



Gambar 1. Profil pasta pati sagu, pati beras dan pati ubi kayu yang diukur menggunakan RVA. Profil suhu ditunjukkan dalam gambar.

Perbedaan nilai viskositas puncak dan viskositas panas dari masing-masing pati menyebabkan nilai viskositas *breakdown* dan viskositas *setback* tidak bisa digunakan untuk membandingkan kerentanan terhadap panas dan kecenderungan retrogradasi antar sampel. Agar bisa dilakukan perbandingan antar sampel, maka viskositas *breakdown* dinyatakan dalam bentuk % relatif terhadap viskositas puncak (VBR) dan viskositas *setback* dinyatakan dalam bentuk % relatif terhadap viskositas panas (VSR). Nilai VBR tertinggi pada pati ubi kayu yang diikuti dengan pati sagu sementara nilai VSR pati sagu adalah yang tertinggi dan yang terendah adalah pati beras.

Tabel 2. Hasil pengukuran profil pasta pati sagu, pati beras dan pati ubi kayu menggunakan RVA

Jenis Pati	Viskositas (cP)					Suhu <i>pasting</i> (°C)
	Puncak	Panas	Akhir	Breakdown relatif (VBR)	Setback relatif (VSR)	
Sagu	5012 ^a ± 16	1683 ^a ± 108	3033 ^a ± 23	66,4 ± 2,2	80,2 ± 10,8	77,3 ^a ± 0,5
Beras	5721 ^b ± 16	3835 ^b ± 32	5382 ^b ± 34	33,0 ± 0,7	40,3 ± 0,9	74,8 ^b ± 0,5
Ubi kayu	8208 ^c ± 11	2650 ^c ± 102	3903 ^c ± 70	67,7 ± 1,2	47,3 ± 8,1	71,3 ^c ± 0,5

Nilai adalah rerata ± SD ($n = 3$). Rerata dengan superskrip yang sama, berbeda tidak nyata ($p > 0,05$)

Viskositas puncak, yang didefinisikan sebagai viskositas maksimum sebelum dimulainya pendinginan sampel selama pengadukan (Tie dkk., 2008), dikaitkan dengan tingkat daya pembengkakan maksimum dari granula pati dalam keadaan masih utuh. Viskositas puncak tertinggi yaitu pati ubi kayu yang juga memiliki daya pembengkakan tertinggi (Tabel 1). Viskositas puncak terendah pada pati sagu diduga merupakan konsekuensi dari kandungan amilosa yang relatif tinggi (data tidak disajikan). Kandungan amilosa yang tinggi dan rendahnya amilopektin dapat menyebabkan penurunan viskositas puncak karena pembengkakan granula pati dan pasta dikaitkan dengan tingkat dan struktur amilopektin (Jane dkk., 1999). Namun, kemungkinan juga karena granula yang bengkak menjadi sangat rapuh dan pecah ketika mulai membengkak. Sementara itu, viskositas *breakdown*-relatif (VBR) berhubungan dengan kerentanan granula terhadap pemanasan dan pengadukan serta viskositas *setback*-relatif (VSR) mengindikasikan potensi pembentukan gel dan kecenderungan retrogradasi. Nilai VBR pati beras yang paling rendah menunjukkan bahwa pati beras lebih tahan terhadap proses pemanasan dan pengadukan dibandingkan pati sagu dan pati ubi kayu. Nilai VSR pati beras

juga lebih rendah, mengindikasikan bahwa gel dari pati beras memiliki kekerasan yang lebih rendah. Pati dengan kecenderungan retrogradasi rendah mengindikasikan kemampuan untuk mempertahankan tekstur selama penyimpanan (Copeland dkk., 2009).

Sifat Termal

Untuk memahami transisi termal secara lebih rinci, sampel dikuantifikasi sifat termalnya dalam hal gelatinisasi dan retrogradasi dengan menggunakan instrumen DSC. Suhu gelatinasi dan retrogradasi (*onset*, puncak dan *endset*: T_o , T_p dan T_e), serta entalpi (ΔH) pati sagu, beras, dan ubi kayu disajikan pada Tabel 3. Contoh termogram DSC aktual dari sampel ditunjukkan pada Gambar 2.

Data T_o , T_p and T_e gelatinisasi yang tertinggi diperoleh pada pati sagu, sedangkan pati beras menunjukkan nilai terendah untuk ketiga karakteristik suhu ini. Nilai T_p untuk pati sagu terdeteksi pada suhu 76°C, hampir sama dengan 75 - 77°C yang diperoleh Tie dkk. (2008) untuk pati sagu yang dipanen pada tahap pertumbuhan yang berbeda. Namun, beberapa peneliti melaporkan T_p yang lebih rendah untuk pati sagu yaitu sekitar 70°C (Ahmad dkk., 1999; Maauf dkk., 2001), dan sekitar 67°C (Adawiyah dkk., 2013).

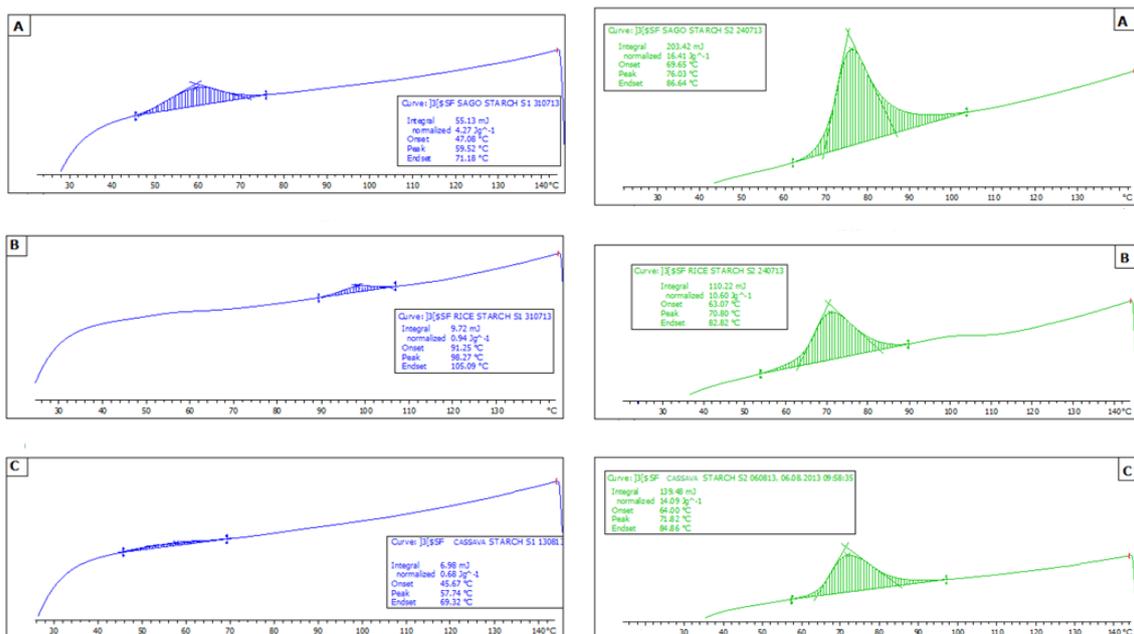
Tabel 3. Sifat termal pati sagu, pati beras dan pati ubi kayu diukur menggunakan DSC pada tingkat pemanasan 10°C/menit. Nilai retrogradasi diperoleh setelah penyimpanan selama 7 hari pada suhu 4°C

Jenis pati	Gelatinisasi				Retrogradasi			
	T_o	T_p	T_e	ΔH_g	T_o	T_p	T_e	ΔH_r
	(°C)			(J/g)	(°C)			(J/g)
Sagu	69,7	76,0	86,6	16,4	47,9	59,9	71,1	3,9
Beras	63,1	70,8	82,8	10,6	91,6	98,3	105,2	0,9
Ubi kayu	64,0	71,8	84,9	14,1	45,7	57,9	68,5	0,6

Jumlah kristalinitas biasanya tercermin dalam energi total yang dibutuhkan untuk melelehkan tatanan kristal dan heliks. Hal ini tercermin pada nilai yang lebih tinggi untuk entalpi gelatinisasi (ΔH_g) pada pati sagu sebesar 16,4 J/g. Suhu transisi pati beras dalam penelitian ini lebih tinggi namun ΔH_g lebih rendah daripada yang diperoleh Li dan Yeh (2001) yang menggunakan pati beras yang diisolasi dari beras Japonica yang memperoleh T_o 57,7°C, T_p 65,1°C dan ΔH_g 11,5 J/g. Hal ini dapat dikaitkan dengan sumber pati beras yang berbeda yang digunakan bersamaan dengan struktur kristal amilopektin yang berbeda (Adawiyah dkk., 2013). Sementara itu, hasil penelitian ini sejalan dengan Li dan Yeh (2001) untuk T_o , T_p dan ΔH_g pati singkong masing-masing 64,5°C, 71°C dan 13,0 J/g.

Selanjutnya pengukuran kembali dengan

DSC pada pati yang telah dipanaskan dalam air dan disimpan dalam *pan* DSC akan menunjukkan apakah terjadi retrogradasi. Pati yang telah mengalami gelatinisasi dipanaskan kembali setelah disimpan pada suhu 4°C selama tujuh hari, dan diamati perubahan suhu dan entalpinya (Tabel 3). Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa suhu dan entalpi lebih rendah untuk pati yang mengalami retrogradasi kecuali suhu untuk pati beras. T_p untuk pati sagu dan ubi kayu retrogradasi berada pada kisaran 55 sampai 60°C, dan tidak ditemukan entalpi pada pati beras pada kisaran suhu observasi pelelehan amilopektin. Pati yang mengalami retrogradasi menunjukkan entalpi lebih rendah daripada sebelum retrogradasi. Nilai ΔH_r untuk tiga jenis pati dalam penelitian ini berkisar antara 0,6 sampai 3,9 J/g dimana pati ubi kayu memiliki nilai jauh lebih rendah daripada pati sagu.



Gambar 2. Termogram DSC dari sistim pati-air dengan tingkat pemanasan 10 °C/menit; A, pati sagu; B, pati beras; dan C, pati ubi kayu; sebelum dan setelah retrogradasi. Keterangan menunjukkan suhu gelatinisasi dan nilai entalpi.

Suhu gelatinisasi puncak yang lebih tinggi pada pati sagu menunjukkan bahwa kristal-kristal pati sagu yang mengalami pelelehan (*melting*) lebih stabil daripada sampel lainnya. Sementara itu, variasi dalam ΔH_g merepresentasikan perbedaan kekuatan ikatan antara heliks ganda yang membentuk kristal-kristal amilopektin, yang menghasilkan

pelurusan ikatan hidrogen yang berbeda dalam molekul pati (Cooke dan Gidley, 1992; McPherson dan Jane, 1999). Oleh karena itu, ΔH_g yang lebih tinggi mengarah pada stabilitas granula dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi terlihat jelas pada pati sagu dalam penelitian ini.

Interaksi molekular (terutama ikatan hidrogen antara rantai pati) yang terjadi

setelah pendinginan pasta pati gelatinisasi dikenal sebagai retrogradasi, yang melibatkan gelasi amilosa, yaitu pembentukan jaringan gel dan rekristalisasi amilopektin (Hoover, 2001). Rendahnya suhu onset untuk sampel retrogradasi biasanya terkait dengan fakta bahwa rekristalisasi rantai bercabang amilopektin terjadi dengan cara yang kurang teratur dibandingkan dengan yang ada pada pati alami (Sandhu dan Singh, 2007). Tidak ada entalpi yang terlihat untuk pati beras pada kisaran suhu pelelehan amilopektin, akan tetapi terdapat entalpi yang diduga merepresentasikan pelelehan kompleks amilosa-lipid. Hal ini relevan karena tidak ada puncak entalpi yang diamati untuk pati sagu dan pati ubi kayu pada kisaran suhu tersebut.

Nilai entalpi pati retrogradasi yang lebih rendah dibanding sebelum retrogradasi diduga disebabkan oleh lemahnya kristalinitas pati retrogradasi (Sasaki dkk., 2000). Penelitian ini tidak dirancang untuk memaksimalkan retrogradasi, namun menarik untuk dicatat bahwa entalpi retrogradasi setinggi 9,9 J/g telah dilaporkan dalam literatur (Tie dkk., 2008). Hal ini merupakan indikasi bahwa pati sagu memang memiliki kecenderungan kuat untuk mengalami retrogradasi amilopektin.

KESIMPULAN

Pemanasan pati dalam air berlebih menunjukkan bahwa pati ubi kayu dapat menyerap air dan membengkak sampai batas yang lebih tinggi daripada pati sagu dan pati beras. Pola profil pasta untuk pati sagu dan ubi kayu sangat mirip dan menunjukkan pembengkakan yang tinggi dan kemudian *breakdown*, yang diasosiasikan dengan rendahnya stabilitas granula pati saat membengkak. Pengukuran sifat termal dengan instrumen DSC menunjukkan tingginya suhu puncak dan suhu akhir pati sagu yang dipanaskan. Nilai entalpi juga tinggi untuk pati sagu dan hal ini mencerminkan jumlah heliks ganda pada sampel. Pati sagu yang mengalami retrogradasi juga menunjukkan penyusunan kembali amilopektin dalam jumlah yang signifikan, sementara hanya sedikit untuk pati ubi kayu. Sementara pati beras hanya menunjukkan adanya kompleks amilosa-lipid.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Val Street yang membantu dalam pengoperasian instrument DSC. Terima kasih juga disampaikan kepada Dirjen Dikti dalam pendanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R., Sasaki, T., dan Kohyama, K., 2013. Characterization of Arenga Starch in Comparison with Sago Starch. *Carbohydrate Polymers* (92): 2306-2313.
- Ahmad, F. B., dan Williams, P. A., 1998. Rheological Properties of Sago Starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (46): 4060-4065.
- Ahmad, F. B., Williams, P. A., Doublier, J.-L., Durand, S., dan Buleon, A., 1999. Physico-Chemical Characterisation of Sago Starch. *Carbohydrate Polymers* (38): 361-370.
- Bao, J., dan Bergman, C. J., (2004). The functionality of rice starch. *Dalam: Eliasson, A.-C. (ed.). Starch in Food: Structure, Function and Applications*, Bab 9. CRC Press LLC, Florida.
- Cooke, D., dan Gidley, M. J., 1992. Loss of Crystalline and Molecular Order during Starch Gelatinisation: Origin of The Enthalpic Transition. *Carbohydrate Research* (227): 103-112.
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., dan Tang, M. C., 2009. Form and Functionality of Starch. *Food Hydrocolloids* (23): 1527-1534.
- Hoover, R. 2001. Composition, Molecular Structure, and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches: a Review. *Carbohydrate Polymers* (45): 253-267.
- Jane, J., Chen, Y., Lee, L., Mcpherson, A., Wong, K., Radosavljevic, M., dan Kasemsuwan, T., 1999. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on The Gelatinization and Pasting Properties of Starch 1. *Cereal Chemistry* (76): 629-637.
- Leach, H. W., Mccowen, L., dan Schoch, T. J., 1959. Structure of The Starch Granule.

- I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. *Cereal Chemistry* (36): 534-544.
- Leonel, M., Freitas, T. S. D., dan Mischan, M. M., 2009. Physical Characteristics of Extruded Cassava Starch. *Scientia Agricola* (66): 486-493.
- Li, J.-Y., dan Yeh, A.-I., 2001. Relationships between Thermal, Rheological Characteristics and Swelling Power for Various Starches. *Journal of Food Engineering* (50): 141-148.
- Maaurf, A. G., Che Man, Y. B., Asbi, B. A., Junainah, A. H., dan Kennedy J. F., 2001. Gelatinisation of Sago Starch in The Presence of Sucrose and Sodium Chloride as Assessed by Differential Scanning Calorimetry. *Carbohydrate Polymers* (45): 335-345.
- McPherson, A., dan Jane, J., 1999. Comparison of Waxy Potato with Other Root and Tuber Starches. *Carbohydrate Polymers* (40): 57-70.
- Sandhu, K. S., dan Singh, N., 2007. Some Properties of Corn Starches II: Physicochemical, Gelatinization, Retrogradation, Pasting and Gel Textural Properties. *Food Chemistry* (101): 1499-1507.
- Sasaki, T., Yasui, T., dan Matsuki, J., 2000. Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation, and Pasting Properties of Starches from Waxy and Nonwaxy Wheat and their F1 Seeds. *Cereal Chemistry* (77): 58-63.
- Schoch, T. 1964. Swelling Power and Solubility of Granular Starches. *Methods in Carbohydrate Chemistry* (4): 106-108.
- Swinkels, J. 1985. Composition and Properties of Commercial Native Starches. *Starch-Stärke* (37): 1-5.
- Tester, R. F., dan Morrison, W. R., 1990. Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. I. Effects of Amylopectin, Amylose, and Lipids. *Cereal Chemistry* (67): 551-557.
- Tie, A. P. L., Karim, A. A., dan Manan, D. M. A., 2008. Physicochemical Properties of Starch in Sago Palms (*Metroxylon Sagu*) at Different Growth Stages. *Starch-Stärke* (60): 408-416.
- Wang, L., dan Seib, P. A., 1996. Australian Salt-Noodle Flours and Their Starches Compared to US Wheat Flours and Their Starches. *Cereal Chemistry* (73): 167-175.
- Wang, Y.-J., dan Wang, L., 2002. Structures of Four Waxy Rice Starches in Relation To Thermal, Pasting, and Textural Properties. *Cereal Chemistry* (79): 252-256.