

# KARAKTERISASI TIGA JENIS PATI SAGU (*Metroxylon sp.*) HIDROKSIPROPIL

*Characterization of Three Types of Hidroxypropylated Sago (Metroxylon sp.) Starches*

Febby J. Polnaya<sup>1</sup>, J. Talahatu<sup>1</sup>, Haryadi<sup>1</sup>, Djagal W. Marseno<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Pati sagu alami (PSA) telah dimodifikasi dengan propilen oksida. Hidroksipropilasi dengan variasi propilen oksida berturut-turut 2,5, 5,0 dan 7,5 mL dalam suasana alkali pada suhu 40 °C selama 24 jam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh variasi propilen oksida terhadap sifat-sifat pati sagu hidroksipropil (PSHP). Parameter perubahan yang diukur meliputi kemampuan menggelembung, daya larut, kejernihan pasta, sifat amilografi dan warna pati. Spektra fourier transform infrared (FT-IR) digunakan untuk menunjukkan tersubstitusinya gugus hidroksil oleh gugus hidroksipropil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa molar substitusi (MS) PSHP adalah 0,03-0,09. Sifat-sifat seperti kemampuan menggelembung 21,32-51,11 g/g, suhu awal gelatinisasi (SAG) 58,5-67,5 °C dan suhu puncak gelatinisasi (SPG) 69-75 °C adalah rendah jika dibandingkan dengan PSA yaitu 51,11-77,78 g/g, 71,50-72 °C dan 77,25-79,50 °C berturut-turut untuk kemampuan menggelembung, SAG dan SPG. Kejernihan pasta 59,23-82,18; 35,23-42,09 dan 35,70-44,25 %T berturut-turut untuk pati sagu hidroksipropil Tuni (PSHPT), PSHP Ihur (PSHPI) dan PSHP Molat (PSHPM) lebih tinggi dibandingkan PSA 56,20, 33,27 dan 30,22 %T berturut-turut untuk PSA Tuni, PSA Ihur dan PSA Molat. Warna PSHP ( $L^* 93,39-97,58$ ) menunjukkan nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan PSA ( $L^* 62,75-65,01$ ) dengan nilai  $a^*$  (0,25-1,38) dan nilai  $b^*$  (6,38-9,37) rendah.

**Kata kunci:** Hidroksipropilasi, pati sagu, molar substitusi, kemampuan menggelembung, kejernihan pasta, warna pati

## ABSTRACT

Native sago starch (NSS) was chemically modified with propylene oxide. Hydroxypropylation reaction was arranged using 2.5, 5.0 and 7.5 mL in alkaline condition at 40°C for 24 h. The objective of this study was to identify the effect of propylene oxide on the properties of hydroxypropyl sago starch (HPSS). In addition, swelling power, starch solubility, paste clarity, amylograph properties and starch color were measured. Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy was used to examine the substitution of hydroxypropyl group. The result showed that molar substitution (MS) HPSS was 0.03-0.09. Swelling power (21.32-51.11 g/g), initial gelatinisation temperature (IGT) (58.5-67.5 °C) and peak gelatinisation temperature (PGT) (69-75 °C) was the lowest in comparison to NSS was 51.11-77.78 g/g, 71.50-72 °C and 77.25-79.50 °C respectively for swelling power, IGT and PGT. Paste clarity 59.23-82.18; 35.23-42.09 and 35.70-44.25 %T respectively for hydroxypropyl sago starch (HPSS) Tuni, HPSS Ihur and HPSS Molat was highest compared to NSS 56.20, 33.27 and 30.22 %T respectively for NSS Tuni, NSS Ihur and NSS Molat. The color of HPSS ( $L^* 93.39-97.58$ ) was highest compared to NSS ( $L^* 62.75-65.01$ ) with  $a^*$  (0.25-1.38) and  $b^*$  (6.38-9.37) was the lowest.

**Keywords:** Hydroxypropylation, sago starch, molar substitution, swelling power, paste clarity, starch color

## PENDAHULUAN

Modifikasi secara kimiawi telah digunakan untuk mengintroduksi sifat-sifat baru pati untuk berbagai keperluan. Hidroksipropilasi, asetilasi dan ikatan silang adalah metode yang secara luas dipergunakan untuk menghasilkan modifikasi pati. Pati dengan ikatan silang dapat menghasilkan pati yang

lebih tahan terhadap kondisi medium asam, panas dan tekanan, sementara hidroksipropilasi pati dapat meningkatkan sifat stabilitas beku-cair atau penyimpanan pada suhu rendah (Yeh dan Yeh, 1993). Pati yang diasetilasi menghasilkan stabilitas sol dan sifat-sifat fungsional seperti hidrofobik, karakter kationik atau anionik (Rutenberg dan Solarek, 1984).

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka – Ambon 97233

<sup>2</sup> Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Sosio Yustisia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

Cardinali dkk. (2002) mengemukakan bahwa, hidroksipropilasi dapat menghasilkan stabilitas massa cair yang tinggi, memperbaiki kelarutan dan tekstur yang lebih lembut pada larutan. Gugus hidrofobik dapat menempel pada pati untuk mengubah kelarutan, menghasilkan ikatan yang lebih baik, dan memperbaiki sifat mengalir bahan.

Hidroksipropil pati sugu (Polnaya dan Talahatu, 2007; Wattanachant dkk., 2002, 2003), beras (Yeh dan Yeh, 1993), gandum (Choi dan Kerr, 2003; Wootton dan Haryadi, 1991; Wootton dan Haryadi, 1992), kentang (Richardson dkk., 2001), pisang (Waliszewski dkk., 2003) serta pati jagung dan amaranth (Kshirsagar dan Singhal, 2008) telah banyak dilaporkan, sedangkan publikasi tentang hidroksipropil tiga jenis pati sugu dari Pulau Ambon belum ada.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat-sifat fisiko-kimia tiga jenis pati sugu yang dimodifikasi dengan hidroksipropil. Ketiga jenis pati sugu tersebut adalah pati sugu tuni (*Metroxylon rumphii* Mart.), ihur (*M. sylvestre* Mart.) dan molat (*M. sugu* Rott.). Sifat-sifat fisiko-kimia yang diidentifikasi meliputi gugus hidroksipropil, molar substitusi (*MS*), *fourier transform infrared (FT-IR)*, kejernihan pasta pati, profil amilografi dan warna pati.

**METODE PENELITIAN**

**Bahan**

Bahan penelitian terdiri atas tiga jenis pati sugu berturut-turut sugu tuni (PSAT), sugu ihur (PSAI), dan sugu molat (PSAM). Pati sugu tersebut adalah hasil penelitian pada tahap sebelumnya (Polnaya dkk., 2008). Pati sugu dimodifikasi dengan cara hidroksipropilasi. Kadar air dan kadar amilosa PSA untuk ketiga jenis pati dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar air dan amilosa pati sugu alami

Jenis sugu	Air (% bk)	Amilosa (% bk)
Tuni	12,96	37,34
Ihur	12,53	35,13
Molat	12,77	38,27

Sumber: Polnaya dkk. (2008)

Bahan kimia yang digunakan meliputi propilen oksida (Merck), natrium hidroksida (Merck), natrium sulfat (Merck), asam sulfat (Merck), propilen glikol (Nacalai Tesque), kristal 1,2,3-triketohydrindene (Merck), dan bahan kimia lainnya adalah kategori *pure analysis (pa)*.

**Pati Hidroksipropil**

Modifikasi pati sugu dengan cara hidroksipropilasi, dipersiapkan sesuai metode yang dikemukakan oleh Leegwater

dan Luten (1971) dalam Haryadi dkk. (1994). Pelaksanaannya adalah sebagai berikut: pati sugu 80 g disuspensikan dalam 200 mL larutan alkali pada suhu kamar ( $\pm 27$  °C).

Suspensi dipanaskan di atas penangas air pada suhu 40 °C selama 5 menit. Selanjutnya, propilen oksida berturut-turut 2,5; 5,0; dan 7,5 mL ditambahkan dan suspensi dibiarkan pada suhu 40 °C selama 24 jam sambil digojog. Kemudian suspensi dinetralkan dengan asam sulfat 1%. Pati sugu hidroksipropil (PSHP) dicuci dengan akuades dan diendapkan dengan sentrifugasi (IEC UV centrifuge, Damon/IEC Division). Proses pencucian dan pengendapan dilakukan berulang kali sampai pati bebas ion sulfat. Padatan PSHP yang diperoleh dikeringkan dengan pengering kabinet pada suhu 40°C sampai dicapai kadar air  $\pm 12$  %.

**Analisis Molar Substitusi Pati Hidroksipropil**

Analisis *MS* pati hidroksipropil dipersiapkan sesuai dengan metode yang dikemukakan oleh (FAO dan WHO, 2001). Pelaksanaannya adalah sebagai berikut: pati hidroksipropil ditimbang 100 mg kemudian dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan ditambah 25 mL asam sulfat 1 N. Perlakuan yang sama digunakan untuk pati sugu alami. Suspensi pati dipanaskan di atas penangas air sampai seluruh pati tersuspensi sempurna. Selanjutnya sampel didinginkan hingga suhu kamar ( $\pm 27$  °C) kemudian diencerkan dengan akuades sampai volume menjadi 100 mL. Jika diperlukan, pengenceran dilakukan kembali untuk meyakinkan bahwa keberadaan gugus hidroksipropil tidak lebih dari 4 mg/100 mL, dan pati sugu alami diperlakukan dengan cara yang sama. 1 mL suspensi pati di pipet dan masukan ke dalam 25 mL tabung reaksi tertutup, direndam dalam air dingin, kemudian ditambah 8 mL asam sulfat pekat. Sampel digojog hingga merata, kemudian dipanaskan di atas penangas air mendidih (Mommert) selama 3 menit. Sampel secepatnya dipindah ke dalam "ice bath" sampai suspensi pati menjadi dingin. Sampel ditambah 0,6 mL reagen ninhidrin melalui dinding tabung reaksi, kemudian dikocok hingga rata. Tabung reaksi ditempatkan di atas penangas air pada suhu 25 °C selama 100 menit. Volume sampel dijadikan 25 mL dengan ditambah asam sulfat pekat dan dicampur dengan cara membolak-balik tabung tersebut beberapa kali (jangan dikocok). Sampel dipindah ke dalam kuvet, dan setelah 5 menit, diukur absorbansi pada panjang gelombang 590 nm (UV-1800 Shimadzu) dan pati alami digunakan sebagai blanko.

Kurva standar disiapkan dengan cara yang sama, dengan kadar propilen glikol berturut-turut 10, 20, 30, 40, dan 50 µg/mL. Sementara reagen ninhidrin dibuat dengan dilarutkan 3 % kristal 1,2,3-triketohydrindene dalam larutan sodium bisulfat 5 %.

Persentasi gugus hidroksipropil dan *MS* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Gugus hidroksipropil (HP) (\%)} = \frac{C \times 0,7763 \times 100 \times F}{(10^6 \times W)}$$

Jika:

C = jumlah propilen glikol pada sampel, ditentukan berdasarkan kurva kalibrasi (µg/mL)

F = faktor pengenceran (apabila pengenceran dilakukan)

W = bobot sampel (mg)

$$\text{Molar substitusi (MS)} = \frac{\% \text{ HP}}{59,08} \times \frac{162,14}{(100 - \% \text{ HP})}$$

Keterangan: 59,08 adalah bobot molekul gugus hidroksipropil dan 162,14 adalah bobot molekul unit glukosa anhidro.

### Analisis Gugus Fungsional Pati Sagu Alami (PSA) dan Pati Sagu Hidroksipropil (PSHP)

Spektra *FT-IR* PSA dan PSHP ditentukan dengan instrument *FT-IR* (IRPrestige-21, Shimadzu) dengan menggunakan metode seperti dikemukakan oleh Singh dkk. (2004). PSA dan PSHP ditimbang ± 3 mg, lalu masing-masing ditumbuk bersama 800 mg KBr. Campuran sampel dan KBr tersebut kemudian di press, untuk dibentuk pelet dengan diameter ± 1 cm. Pelet diletak dalam *FT-IR*, dan dilakukan *scanning* mulai dari bilangan gelombang 4000-400 1/cm. Spektra hasil pengukuran kemudian diinterpretasi untuk identifikasi gugus-gugus fungsional dalam pati.

### Kemampuan Menggelembung dan Daya Larut

Kemampuan menggelembung dan daya larut ditentukan dengan menggunakan metode seperti yang dikemukakan oleh Adebowale dkk. (2002). Pati disuspensikan dengan akuades (1%, b/v) dalam tabung reaksi yang telah diketahui beratnya ( $b_1$ ). Kemudian dipanaskan di atas penangas air pada suhu 95 °C selama 30 menit, selanjutnya didinginkan hingga suhu kamar (±27 °C). Suspensi pati disentrifugasi (IEC UV centrifuge, Damon/IEC Division) pada 5.000 rpm selama 15 menit, sehingga terpisah residu dan supernatan. Supernatan (10 mL) dikeringkan hingga berat konstan pada suhu 110 °C. Residu hasil pengeringan supernatan, menunjukkan jumlah pati yang terlarut dalam air (%).

Residu dan air yang ditahan setelah sentrifugasi kemudian ditimbang ( $b_2$ ). Kemampuan menggelembung pati (berdasarkan berat kering) ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Kemampuan menggelembung (g/g)} = \frac{(b_2 - b_1)}{\text{Berat pati}}$$

### Kejernihan Pasta Pati

Kejernihan pasta pati ditentukan dengan menggunakan metode seperti yang dikemukakan oleh Craig dkk. (1989). Suspensi pati dibuat dengan konsentrasi 2% (b/v) dan

dipanaskan di atas penangas air pada suhu 90 °C selama 30 menit sambil digojog. Suspensi didinginkan hingga suhu ± 30°C, kemudian disimpan pada suhu 4 °C selama lima hari. Persen transmansi (%T) diukur dengan spektrofotometer (UV-1800 Shimadzu) pada panjang gelombang 650 nm. Akuades digunakan sebagai blanko.

### Sifat Amilografi Pati

Sifat amilografi pasta pati diukur menggunakan *brabender amylograph* (Duisburg Kultursrtabe 800121) seperti yang dikemukakan oleh Subarna dkk. (2000) sebagai berikut: 45 g pati disuspensi di dalam 450 mL akuades. Suhu awal pengukuran adalah 30°C dan suhu dinaikkan secara perlahan dengan kecepatan kenaikan suhu 1,5°C/menit. Suhu awal gelatinisasi (SAG), suhu puncak gelatinisasi (SPG) dan viskositas maksimum (VM) diukur secara berurutan.

### Warna Pati

Warna pati diukur dengan Chromameter (Minolta CR-300). Instrumen dikalibrasi dengan plat kalibrasi berwarna putih. Warna ditunjukkan sebagai  $L^*$ ,  $a^*$ , dan  $b^*$  (berturut-turut untuk *luminosity*, merah dan kuning pada skala Hunter). Untuk komposisi makanan, nilai  $L^*$  digunakan untuk evaluasi *darkness* (skala 100 = putih dan skala 0 = hitam).

### Analisis Statistik

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dengan tiga kali ulangan. Jika berbeda nyata atau sangat nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMRT) ( $\alpha = 0,05$ ).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gugus Hidroksipropil dan MS

Gugus hidroksipropil dan MS PSHP ditunjukkan pada Tabel 2. Interaksi perlakuan jenis pati sagu dan propilen oksida berpengaruh sangat nyata terhadap parameter gugus hidroksipropil maupun MS. Kisaran gugus hidroksipropil PSAT, PSAI dan PSAM berturut-turut sebesar 0,99-2,39, 1,40-3,13 dan 0,97-2,92 %. Sedangkan MS untuk PSAT, PSAI dan PSAM berturut-turut sebesar 0,03-0,07; 0,04-0,09 dan 0,03-0,08.

Hasil penelitian yang serupa juga ditunjukkan oleh Haryadi dkk. (1994), dengan memodifikasi pati tapioka hidroksipropil. MS yang dihasilkan adalah 0,018; 0,028 dan 0,058 untuk perlakuan reagen propilen oksida berturut-turut sebesar 2,5; 5,0 dan 7,5 mL per 80 g pati, dengan waktu reaksi 24 jam. Wattanachant dkk. (2003), menunjukkan MS pati sagu hidroksipropil-ikat silang yang diperoleh adalah berkisar 0,010 sampai 0,033 untuk pemberian propilen oksida dengan kisaran 6-12 %.

Tabel 2. Gugus hidroksipropil dan molar substitusi pati sagu hidroksipropil pada tiga jenis pati sagu dengan variasi penambahan propilen oksida

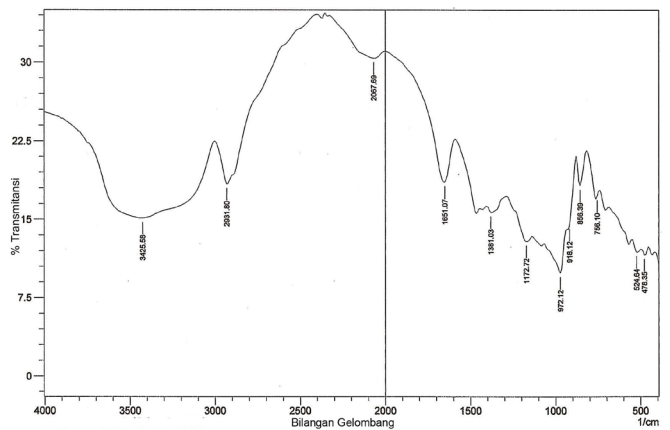
Jenis sagu	Gugus hidroksipropil (%)				Molar substitusi			
	Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)			
	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5
Tuni	0,00	0,99	1,45	2,39	0,00	0,03	0,04	0,07
	h	g	f	c	h	g	f	c
Ihur	0,00	1,40	2,12	3,13	0,00	0,04	0,06	0,09
	h	f	d	a	h	f	d	a
Molat	0,00	0,97	2,05	2,92	0,00	0,03	0,06	0,08
	h	g	e	b	h	g	e	b

Keterangan: Nilai rata-rata dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ )

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan MS PSHP dari 0,03 menjadi 0,07; 0,04 menjadi 0,09; dan 0,03 menjadi 0,08 berturut-turut untuk PSHP, PSHP, dan PSHPM, seiring jumlah reagen modifikasi yang ditambahkan. Hasil yang serupa juga ditunjukkan oleh Kshirsagar dan Singhal (2008) untuk pati jagung dan amaranth. Meningkatnya gugus hidroksipropil dan MS disebabkan karena granula pati makin mudah untuk menggelembung pada suasana alkalis selama hidroksipropilasi berlangsung, sehingga gugus hidroksipropil lebih mudah menggantikan gugus hidroksil granula pati (Haryadi dkk., 1994).

**FT-IR**

Spektra FT-IR dapat digunakan untuk menunjukkan tersubstitusinya gugus hidroksil oleh gugus hidroksipropil pada granula PSHP. Serapan pada 1375-1480 1/cm adalah serapan khas dari gugus metil (-CH<sub>3</sub>) (Gambar 1b), yang mengindikasikan tersubstitusinya gugus hidroksipropil pada granula pati sagu. Jika dibandingkan dengan spektra FT-IR PSA (Gambar 1a), tidak terdapat serapan khas gugus metil. Hasil penelitian Polnaya dan Talahatu (2007) menunjukkan bahwa serapan gugus metil PSHP terjadi pada 1508,2 1/cm.



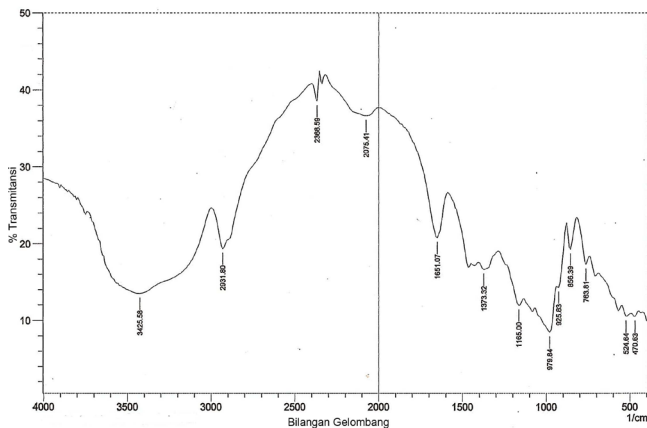
Gambar 1. Spektra FT-IR: a) PSA; dan b) PSHP (MS = 0,09)

**Sifat-sifat PSA dan PSHP**

**Kemampuan menggelembung dan daya larut pati.**

Kemampuan menggelembung dan daya larut pati ditunjukkan pada Tabel 3. Kemampuan menggelembung PSA lebih tinggi (51,11-77,78 g/g) dibandingkan dengan PSHP (21,32-51,14 g/g) untuk ketiga jenis PSA. Hasil ini tidak sejalan dengan hasil penelitian Waliszewski dkk. (2003) yang menunjukkan peningkatan kemampuan menggelembung pati hidroksipropil dibandingkan pati alami. Kemampuan menggelembung pati pisang alami 8,7 g/g meningkat menjadi 13,8 g/g untuk pati pisang hidroksipropil (MS 0,02).

PSHP menunjukkan kecenderungan peningkatan kemampuan menggelembung seiring meningkatnya perlakuan reagen modifikasi dan menunjukkan perbedaan nyata ( $\alpha = 0,05$ ) dibandingkan pati alami (Tabel 3). Hal ini disebabkan karena melemahnya kekuatan ikatan hidrogen antara molekul pati sebagai akibat tersubstitusinya gugus hidroksipropil. Polnaya dan Talahatu (2007) mengemukakan bahwa terjadi peningkatan kemampuan menggelembung PSHP dari 30,86 g/g (MS 0,02) menjadi 36,76 g/g (MS 0,06).



Tabel 3. Kemampuan menggelembung dan daya larut pati sagu alami dan pati sagu hidroksipropil dengan variasi penambahan propilen oksida

Jenis sagu	Kemampuan menggelembung (g/g)				Daya larut (%)			
	Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)			
	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5
Tuni	68,26 b	42,23 f	43,95 ef	48,99 cd	12,48 cd	21,89 abc	24,22 ab	27,88 a
Ihur	77,78 a	46,71 de	48,38 cd	51,14 c	10,11 d	14,03 bcd	16,30 abcd	18,26 abcd
Molat	51,11 c	21,05 g	21,32 g	23,52 g	22,94 abc	21,37 abc	21,80 abc	22,58 abc

Keterangan: Nilai rata-rata dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ )

Daya larut PSHP (14,03-27,88 %) lebih tinggi dibandingkan dengan PSA (10,11-12,48 %), kecuali untuk PSAM (22,94 %), menunjukkan daya larut yang lebih tinggi dibandingkan PSAT maupun PSAI, juga untuk daya larut PSHPM, walaupun berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) hanya berbeda nyata dengan PSAI (Tabel 3). Semakin tinggi MS menghasilkan peningkatan daya larut PSHP. Hal ini disebabkan karena gugus modifikasi cenderung mengakibatkan molekul pati merenggang satu sama lain dan menurunkan kekuatan ikatan intermolekuler, memfasilitasi akses air pada daerah amorf serta meningkatkan *hydrophylicity* pati.

Sitohy dkk. (2000) mengemukakan bahwa, kecenderungan molekul pati untuk merenggang antara *positively charged grup* modifikasi pada molekul pati disebabkan karena tersubstitusinya gugus hidroksipropil pada molekul pati, menurunkan kekuatan ikatan intermolekuler.

**Kejernihan pasta pati.** Kejernihan pasta PSA dan PSHP ditunjukkan pada Tabel 4. Modifikasi pati cenderung meningkatkan kejernihan pasta menjadi 59,23-82,18 %T; 35,23-42,09 %T dan 35,70-44,25 %T berturut-turut untuk PSHP, PSHPi dan PSHPM jika dibandingkan dengan PSA yaitu 56,20, 33,26 dan 30,22 %T berturut-turut untuk

PSAT, PSAI dan PSAM. PSHP cenderung berbeda nyata dibandingkan PSA berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ). Pomeranz (1991) mengemukakan kejernihan pasta pati sagu sebesar 54,2%T. Granula pati hidroksipropil cenderung untuk merenggang antara granula pati yang berdekatan memfasilitasi peningkatan % transmitansi. Meningkatnya kejernihan pasta pati termodifikasi secara hidroksipropilasi ditunjukkan juga oleh Craig dkk. (1989) untuk pati hidroksipropil dan Yook dkk. (1993) untuk pati beras hidroksipropil.

Craig dkk. (1989) mengemukakan bahwa perubahan granula pati dan struktur molekul oleh hidroksipropilasi dapat memfasilitasi penetrasi air dan absorpsi granula pati, sehingga menyebabkan pati mudah menggelembung dan meningkatkan kejernihan pasta. Hal ini berarti tersubstitusinya gugus hidroksipropil ke dalam granula pati, dapat menghambat terjadinya retrogradasi, yang berpengaruh pada kejernihan pasta pati.

Betancur dkk. (1997) dalam Singh dkk. (2004) mengemukakan bahwa, meningkatnya kejernihan pasta pati disebabkan karena masuknya gugus substitusi hidrofilik, yang mana menahan molekul air untuk membentuk ikatan hidrogen pada granula pati.

Tabel 4. Kejernihan pasta pati sagu alami dan pati sagu hidroksipropil dengan variasi penambahan propilen oksida

Jenis sagu	Kejernihan pasta pati (%T)				Kejernihan pasta pati setelah di simpan selama 5 hari pada suhu 4 °C (%T)			
	Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)			
	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5
Tuni	56,20 d	59,23 c	65,69 b	82,18 a	1,91 i	58,10 c	68,12 b	79,30 a
Ihur	33,26 i	35,23 h	39,35 g	42,09 f	1,73 i	34,75 g	38,79 f	41,96 e
Molat	30,22 j	35,70 h	39,13 g	44,25 e	4,32 h	34,85 g	38,52 f	43,55 d

Keterangan: Nilai rata-rata dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ )

Kejernihan pasta pati sagu, diukur setelah pasta pati disimpan selama lima hari pada suhu 4 °C, digunakan untuk melihat tendensi retrogradasi yang terjadi pada pasta pati sagu. Apabila pasta pati dibiarkan mendingin, lama kelamaan akan menjadi buram, karena proses retrogradasi dan akan dipercepat pada suhu rendah.

Berdasarkan hasil pengukuran kejernihan pasta setelah pasta pati sagu disimpan selama lima hari pada suhu 4 °C (Tabel 4), mengakibatkan penurunan tingkat kejernihan sebesar ±1-2 % untuk PSHP. Sedangkan untuk PSA mengalami penurunan tingkat kejernihan sebesar 54,29 %, 31,53 % dan 25,92 % berturut turut untuk PSAT, PSAI, PSAM, sebagai hasil dari tendensi retrogradasi. Efek retrogradasi berkurang pada PSHP disebabkan karena kekuatan ikatan yang bertanggung jawab terhadap retrogradasi, mengalami penurunan dengan tersubtitusinya gugus modifikasi. Hasil pengukuran kejernihan pasta setelah pasta pati sagu disimpan selama lima hari pada suhu 4°C, menunjukkan penurunan tingkat kejernihan PSHP sebesar ± 1-2 %.

**Sifat Amilografi PSA dan PSHP**

Sifat amilografi PSA dan PSHP ditunjukkan pada Tabel 6. SAG PSA (71,5-72,5 °C) lebih tinggi dan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) dibandingkan PSHP (58,50-67,50 °C). Kecenderungan yang sama ditunjukkan juga untuk SPG. Kisaran SPG PSHP adalah 69-75 °C lebih rendah dan berbeda nyata berhasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) dibanding-

kan PSA 77,25-79,5 °C, kecuali untuk PSAT dengan PSHM ( $MS = 0,03$ ).

Turunnya SAG dan SPG PSHP menunjukkan bahwa gugus modifikasi hidroksipropil memperlemah integritas ikatan hidrogen molekuler, sehingga struktur granula pati menjadi kurang kompak, mengakibatkan kemudahan air terdifusi ke dalam granula. Hal ini menyebabkan menggelembungnya granula pati lebih cepat dan berhubungan dengan naiknya viskositas suspensi pati, sehingga suhu pembentukan pasta akan turun atau membutuhkan panas yang lebih rendah untuk terjadinya gelatinisasi. Viskositas maksimum PSHPT (1620-1648 BU) dan PSHPI (1430-1540 BU) cenderung menurun dan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) dibandingkan PSAT (1720 BU) dan PSAI (1914 BU), sedangkan PSHPM (1265-1268 BU) menunjukkan kecenderungan meningkat dibandingkan PSAM (1009 BU).

Wattanachant dkk. (2002) menyatakan bahwa tersubtitusinya gugus hidroksipropil dapat mengurangi ikatan antara granula pati, sehingga menghasilkan penurunan suhu yang diperlukan untuk hidrasi. Turunnya suhu gelatinisasi pasta pati asetil dibandingkan pati alaminya, ditunjukkan oleh Elliason dkk. (1988) pada pati jagung tinggi amilosa, suhu gelatinisasi turun dari 74,60 °C menjadi 72,10 °C. Perubahan ini terjadi karena melemahnya ikatan hidrogen akibat disubstitusi oleh substituen pada gugus hidroksil unit glukosa penyusun molekuler pati. Dengan melemahnya ikatan-ikatan hidrogen granula pati menyebabkan integritas granula pati melemah, sehingga lebih mudah tergelatinisasi.

Tabel 6. Sifat amilografi pati sagu alami dan pati sagu hidroksipropil dengan variasi penambahan propilen oksida

Jenis sagu	Suhu awal gelatinisasi (°C)				Suhu puncak gelatinisasi (°C)				Viskositas maksimum (BU)			
	Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)			
	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5
Tuni	72,50 a	67,50 b	64,50 c	61,50 d	77,25 ab	72,00 cde	69,00 ef	69,00 ef	1720 b	1627 cd	1620 cd	1648 c
Ihur	71,50 a	67,50 b	64,50 c	61,50 d	79,50 a	73,50 cd	70,50 def	67,50 f	1914 a	1430 f	1530 e	1540 d
Molat	72,00 a	67,50 b	64,50 c	58,50 e	79,50 a	75,00 bc	70,50 def	69,00 ef	1009 h	1265 g	1266 g	1268 g

Keterangan: Nilai rata-rata dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ )

**Warna Pati Sagu**

Karakteristik warna PSA dan PSHP meliputi  $L^*$ ,  $a^*$  dan  $b^*$  ditunjukkan pada Tabel 7. Kisaran warna nilai  $L^*$  adalah 87,33-91,22; 83,79-86,95; dan 93,39-97,58 berturut-

turut untuk PSAT, PSAI, dan PSAM. Kisaran warna nilai  $a^*$  adalah 0,25-1,08; 0,79-1,06; dan 0,79-1,38 berturut-turut untuk PSAT, PSAI, dan PSAM. Sedangkan kisaran warna nilai  $b^*$  adalah 6,38-8,09; 8,28-9,37; dan 8,21-8,79 berturut-turut untuk PSAT, PSAI, dan PSAM.

Tabel 7. Karakteristik warna pati sagu alami dan pati sagu hidroksipropil dengan variasi penambahan propilen oksida

Jenis sagu	Karakteristik warna											
	<i>L*</i>				<i>a*</i>				<i>b*</i>			
	Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)				Propilen oksida (mL)			
	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5	0,0	2,5	5,0	7,5
Tuni	65,01 i	87,33 f	89,01 e	91,22 d	4,49 b	1,08 g	0,70 i	0,25 j	-0,22 k	8,09 g	6,40 h	6,38 h
Ihur	64,67 i	83,79 h	85,30 g	86,95 f	5,62 a	1,33 e	1,06 g	0,79 h	1,87 j	9,37 a	9,07 B	8,28 e
Molat	62,75 j	93,39 c	95,51 b	97,58 a	4,36 c	1,38 d	1,14 f	0,79 h	3,06 i	8,79 c	8,21 f	8,49 d

Keterangan: Nilai rata-rata dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ )

Hasil penelitian menunjukkan bahwa PSHP adalah berwarna putih (nilai *L\** tinggi: 83,79-97,58), warna merah yang rendah (nilai *a\** rendah: 0,25-1,38) dan warna kuning yang rendah (nilai *b\** rendah: 6,38-9,37). Semua PSHP menunjukkan nilai *L\** lebih tinggi dan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ) dibandingkan PSA. Demikian juga untuk karakteristik warna *a\** dan *b\**, PSA berbeda nyata dibandingkan dengan PSHP berdasarkan uji DMRT ( $\alpha = 0,05$ ).

Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan warna putih berdasarkan nilai *L\** dari 62,75-65,01 untuk PSA menjadi 83,79-97,58 untuk PSHP. Hasil penelitian Waliszewski dkk. (2003) menunjukkan bahwa nilai *L\** pati pisang hidroksipropil 57,26.

**KESIMPULAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi dengan cara hidroksipropilasi dapat merubah sifat-sifat fisik PSA. Tersubstitusinya gugus hidroksil oleh hidroksipropil dapat ditunjukkan oleh gugus hidroksipropil adalah 0,97-3,13 % dan *MS* PSHP adalah 0,03-0,09. Spektra *FT-IR* menunjukkan serapan pada 1375-1480 1/cm sebagai serapan khas dari gugus metil (-CH<sub>3</sub>).

Kemampuan menggelembung PSA lebih tinggi (51,11-77,78 g/g) dibandingkan dengan PSHP (21,05-51,14 g/g) untuk ketiga jenis pati sagu. Sedangkan daya larut PSA sebesar 10,11-22,94%, cenderung lebih rendah dibandingkan dengan PSHP sebesar 14,03-27,88 %. PSHP cenderung meningkatkan kejernihan pasta PSHP jika dibandingkan dengan PSA untuk masing-masing jenis pati sagu. Hasil pengukuran kejernihan pasta setelah pasta pati sagu disimpan selama lima hari pada suhu 4°C, menunjukkan penurunan tingkat kejernihan PSHP sebesar ± 1-2 %, sedangkan PSA mengalami penurunan sebesar 54,29 %, 31,53 % dan 25,92 % berturut turut untuk PSAT, PSAI dan PSAM, sebagai hasil dari tendensi retrogradasi.

SAG PSA adalah 71,50-72,50 °C lebih tinggi dibandingkan PSHP (58,50-67,50 °C). Kecenderungan yang sama ditunjukkan juga untuk SPG dan kisaran SPG PSHP adalah 69-75 °C, lebih rendah dibandingkan PSA 77,25-79,50 °C. Viskositas maksimum PSAT sebesar 1720 BU lebih tinggi dibandingkan PSHP sebesar 1620-1648 BU, sedangkan viskositas maksimum PSAI sebesar 1914 BU lebih tinggi dibandingkan PSHP sebesar 1430-1540 BU. PSAM menunjukkan nilai tertinggi berdasarkan nilai *L\** sebesar 93,39-97,58.

PSHP dengan *MS* 0,03-0,07 menunjukkan sifat-sifat yang lebih baik dibandingkan dengan pati sagu lainnya pada sifat kemampuan menggelembung (42,23-48,99 g/g) dan daya larut tertinggi (21,89-27,88 %), kejernihan pasta pati tertinggi (59,23-82,18 %), SAG (61,5-67,5 °C) dan SPG (69,00-72,00) yang lebih rendah, viskositas maksimum yang tinggi (1620-1720 BU) dan warna pati yang putih dimana nilai *L\** tinggi (87,33-91,22) tetapi nilai *a\** (0,25-1,38) dan nilai *b\** (6,38-9,37) adalah rendah.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M DIKTI yang telah memberikan dana bantuan penelitian melalui Program Hibah Pekerti Tahun 2008 dengan Surat Kontrak Nomor 035/SP2H/PP/DP2M/III/2008 dan Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta sebagai institusi peneliti mitra yang telah mengijinkan penelitian di laboratorium di lingkungan Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian (TPHP) Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adebowale, K.O., Afolabi, T.A. dan Lawal, O.S. (2002). Isolation, chemical modification and physicochemical characterisation of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterrananea*) starch and flour. *Food Chemistry* **78**: 305-311.

- Ahmad, F.B. dan Williams, P.A. (1998). Rheological properties of sago starch. *Journal of Agriculture Food Chemistry* **46**: 4060-4065.
- Association of Official Analytical Chemist (1984). *Official Methodes of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. 14th ed. AOAC Inc. Arlington. Virginia.
- Cardinali, M.S., Schweid, B. dan Hamm, J. (2002). *Aesthetic Enhancement of Personal Washing Products With Starch Specialties*. Courtney Stokes National Starch and Chemical Company, Bridgewater, NJ 08807 USA. p:1-12.
- Choi, S.G. dan Kerr, W.L. (2003). Effects of chemical modification of wheat starch on molecular mobility as studied by pulsed <sup>1</sup>H-NMR. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* **36**: 105-112.
- Craig, S.A.S., Maningat, C.C., Seib, P.A. dan Hosene, R.C. (1989). Starch paste clarity. *Cereal Chemistry* **66**: 173-182.
- Food and Agriculture Organization (FAO) dan World Health Organization (WHO) (2001). *Compendium of Food Additive Specifications*. Paper 52. Addendum 5.
- Haryadi, Kuswanto, K.R. dan Marwanti, B.A. (1994). Effect of preparation conditions on the characteristics of hydroxypropyl tapioca starch. *Indonesian Food and Nutrition Progress* **1**: 34-38.
- Howling, D. (1980). The influence of the structure of starch on its rheological properties. *Food Chemistry* **6**: 51-61.
- Kawabata, A., Sawayama, S., Nagasima, N., Rosario, R.R. dan Nakamura, M. (1984). Some physicochemical properties of tropical starches. *Journal of Japan Society Starch Science* **31**: 224-232.
- Kshirsagar, A.C. dan Singhal, R.S. (2008). Preparation of hydroxypropyl corn and amaranth starch hydrolyzate and its evaluation as wall material in microencapsulation. *Food Chemistry* **108**: 958-964.
- Polnaya, F.J. dan Talahatu, J. (2007). Karakterisasi pati sago hidroksipropil. *Eugenia* **13**: 335-345.
- Polnaya, F.J., Talahatu, J., Haryadi, Marseno, D.W. dan Tuhumury, H.C.D. (2008). Karakterisasi sifat fisiko-kimia beberapa jenis pati sago (*Metroxylon* sp.). Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Agroindustri Berbasis Sumberdaya Lokal untuk Mendukung Ketahanan Pangan, 14 Agustus. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Hal. 80-88.
- Pomeranz, Y. (1991). *Functional Properties of Food Components*. 2nd ed. Academic Press, Inc. New York.
- Richardson, S., Cohen, A. dan Gorton, L. (2001). High-performance anion-exchange chromatography-electrospray mass spectrometry for investigation of the substituent distribution in hydroxypropylated potato amylopectin starch. *Journal of Chromatography A* **917**: 111-121.
- Rutenberg, M.M. dan Solarek, D. (1984). *Starch Derivatives: Production and Uses*. Dalam: Whistler, R.L. (Ed.). *Starch Chemistry and Technology*. Academic Press, New York.
- Sim, S.L., Oates, C.G. dan Wong, H.A. (1991). Characterization and comparison of sago starches obtained from *Metroxylon sagu* processed at different times. *Starch* **43**: 459-466.
- Singh, N., Chawla, D. dan Singh, J. (2004). Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. *Food Chemistry* **86**: 601-608.
- Sitohy, M.Z., El-Saadany, S.S. dan Ramadan, M.F. (2000). Physicochemical properties of different type of starch phosphate monoesters. *Starch* **52**: 101-105.
- Subarna, Koswara, S., Tirtasujana, D.R., Tresnakusumah, D., Dewi, S. dan Permana, A.W. (2000). *Ekstruksi, Pemanggangan, dan Penggorengan*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tuschoff, J.V. (1986). *Hydroxypropylated Starches*. Dalam: Wurzburg, O.B. (ed). *Modified Starches: Properties and Uses*, hal. 89-96. CRC Press, Inc. Florida.
- Waliszewski, K.N., Aparicio, M.A., Bello, L.A. dan Monroy, J.A. (2003). Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate Polymers* **52**: 237-242.
- Wattanachant, S., Muhammad, S.K.S., Hashim, D.M. dan Rahman, R.Abd. (2002). Characterisation of hydroxypropylated crosslinked sago starch as compared to commercial modified starches. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* **24**: 439-450.
- Wattanachant, S., Muhammad, S.K.S., Hashim, D.M. dan Rahman, R.Abd. (2003). Effect of crosslinking reagent and hydroxypropylation levels on dual-modified sago starch properties. *Food Chemistry* **80**: 463-471.
- Wootton, M. dan Haryadi (1991). Identification and quantitation of components of acid hydrolysates of hydroxypropyl wheat starch. *Journal of Cereal Science* **14**: 179.
- Wootton, M. dan Haryadi (1992). Effects of Starch Type and Preparation Conditions on Substituent Distribution in Hydroxypropyl Starch. *Journal of Cereal Science* **15**: 181.



Yeh, A.I. dan Yeh, S.L. (1993). Some characteristics of hydroxypropylated and cross linked rice starch. *Cereal Chemistry* **70**: 596-601.

Yook, C., Pek U-H. dan Park K-H. (1993). Gelatinization and retrogradation characteristics of hydroxypropylated and cross-linked rices. *Journal of Food Science* **58**: 405-407.