

PENGARUH PROSES HEAT-MOISTURE TREATMENT (HMT) TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA PATI

[Effect of Heat-Moisture Treatment (HMT) Process on Physicochemical Characteristics of Starch]

Elvira Syamsir*, Purwiyatno Hariyadi, Dedi Fardiaz, Nuri Andarwulan dan Feri Kusnandar

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

Diterima 13 Desember 2010 / Disetujui 15 Februari 2012

SUMMARY

Heat-Moisture Treatment (HMT) is a hydrothermal treatment that modifies the physicochemical properties of starch. Without destroying its granular structure. This treatment involves treatment of starch granules at low moisture levels (<35% moisture w/w) for a certain period of time at temperatures above glass transition temperature (T_g) but below the gelatinization temperatures. In this review, impact of starch conditions (sources, composition) as well as HMT conditions (moisture content, time period and temperature) on the morphological, crystalline, gelatinisation and pasting characteristics of starch will be discussed.

Key words: Heat-Moisture Treatment, starch, physicochemical

PENDAHULUAN

Pati merupakan komponen utama di dalam banyak tanaman, terutama sereal dan umbi-umbian. Bentuk, ukuran, struktur dan komposisi kimia pati sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh asal pati. Aplikasi pati dalam pangan selain sebagai komponen nutrisi, juga menjadi penentu karakteristik produk. Dalam bentuk alamnya, satu jenis pati tidak bisa diaplikasikan untuk semua tipe pengolahan. Penyebab keterbatasan aplikasi pati di industri antara lain adalah hilangnya viskositas pada kondisi pH rendah, suhu tinggi atau perlakuan mekanis; tekstur yang 'panjang' dan terjadinya retrogradasi yang menyebabkan sineresis. Proses modifikasi yang mengubah struktur dan mempengaruhi ikatan hidrogen secara terkontrol, dilakukan untuk memperbaiki karakteristik fisiko-kimia pati agar sesuai untuk suatu aplikasi spesifik. Perubahan ditingkat molekuler ini tidak atau hanya sedikit mengubah bentuk granula sehingga asal botani pati modifikasi masih bisa diidentifikasi secara mikroskopis. Modifikasi bisa dilakukan secara kimia, biokimia dan fisika. Yang banyak digunakan secara komersial saat ini adalah teknik modifikasi kimia (Taggart, 2004).

Modifikasi pati menggunakan *heat-moisture treatment* (HMT) telah dilaporkan meningkatkan ketahanannya terhadap panas, perlakuan mekanis dan pH asam (Taggart, 2004) dengan meningkatkan suhu gelatinisasi dan menurunkan kapasitas pembengkakan granula (Jacobs dan Delcour, 1998). Pada teknik ini, pati dengan kadar air terbatas (kurang dari 35% air, w/w) dipanaskan pada kondisi di atas suhu transisi gelas tetapi masih dibawah suhu gelatinisasinya selama periode waktu tertentu. HMT menyebabkan perubahan konformasi molekul pati dan menghasilkan struktur kristalin yang lebih resisten terhadap proses gelatinisasi (Jacobs dan Delcour,

1998; Collado dan Corke, 1999; Stute, 1992; Singh *et al.*, 2005; Vermeylen *et al.*, 2006; dan Pukkahuta dan Varavinit, 2007). Karakteristik fisiko-kimia dan fungsional pati HMT sangat beragam dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis (sumber) pati (Gunaratne dan Hoover, 2002; Lim *et al.*, 2001; Lorenz dan Kulp, 1982), kadar amilosa (Collado dan Corke, 1999; Hoover dan Manuel, 1996) dan tipe kristalisasi pati (Gunaratne dan Hoover, 2002). Karakteristik pati HMT juga dipengaruhi oleh kondisi proses seperti suhu (Adebowale dan Lawal, 2003; Vermeylen *et al.*, 2006; Pukkahuta dan Varavinit, 2007), kadar air (Vermeylen *et al.*, 2006; Adebowale *et al.*, 2005), pH (Collado dan Corke, 1999) dan lama waktu proses (Collado dan Corke, 1999).

Ketertarikan terhadap produk pangan natural yang bebas aditif kimia membuat metode modifikasi secara fisik seperti dengan proses *heat moisture treatment* (HMT) perlu dikaji dengan lebih baik. Dalam review ini akan dibahas pengaruh dari proses HMT terhadap perubahan bentuk granula, struktur kristal pati, karakteristik gelatinisasi dan *pasting* pati.

Granula pati

Pati adalah polisakarida homoglukan yang dikemas dalam bentuk granula dan disusun oleh monomer α -D-glukopiranosil yang berikatan melalui ikatan glikosidik α -1,4 dan/atau α -1,6 dengan penghilangan air. Granula pati memiliki beragam bentuk (bulat, oval, *lenticular*, poligonal) dan ukuran (diameter 2–100 μ m) yang sifatnya spesifik species. Umumnya, granula pati sereal lebih kecil dari pati umbi-umbian dan kacang-kacangan (Liu, 2005). Amilosa dan amilopektin adalah polisakarida utama penyusun pati.

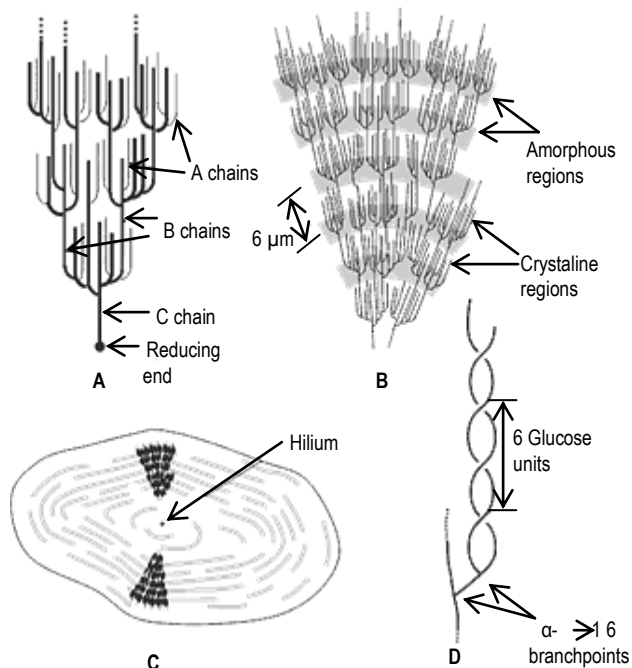
Amilosa membentuk struktur heliks (Shivus *et al.*, 2005) sementara rantai cabang amilopektin membentuk struktur rantai heliks ganda dan membentuk klaster (Roder *et al.*, 2005). Sekitar 80-90% dari suatu klaster amilopektin dibentuk oleh rantai amilopektin tipe A yaitu rantai pendek yang tidak membentuk cabang dengan DP 6 – 15 (Sajilata *et al.*, 2006).

*Korespondensi penulis :
E-mail : elvira_tpg@yahoo.com

Proporsi amilosa dan amilopektin pati bervariasi, umumnya sekitar 25:75 (BeMiller dan Whistler, 1996). Granula mungkin mengandung komponen minor seperti protein, lemak, komponen anorganik dan polisakarida non pati dalam jumlah bervariasi (Murphy, 2001).

Pengamatan granula dengan mikroskop cahaya polarisasi memperlihatkan persilangan birefringence yang tampak sebagai perpotongan dua pita (persilangan Maltese), mengindikasikan pengaturan amilosa-amilopektin secara radial membentuk karakter semi kristalin. Struktur granula tergantung pada interaksi amilosa dan amilopektin melalui ikatan hidrogen intermolekuler. Interaksi yang kuat, banyak dan teratur membentuk daerah kristalin dan jika sebaliknya akan menghasilkan daerah amorfis (Liu, 2005). Birefringence sendiri terbentuk karena perbedaan pola refraksi cahaya dari daerah kristalit dan amorf (Liu, 2005; Czukor *et al.*, 2001).

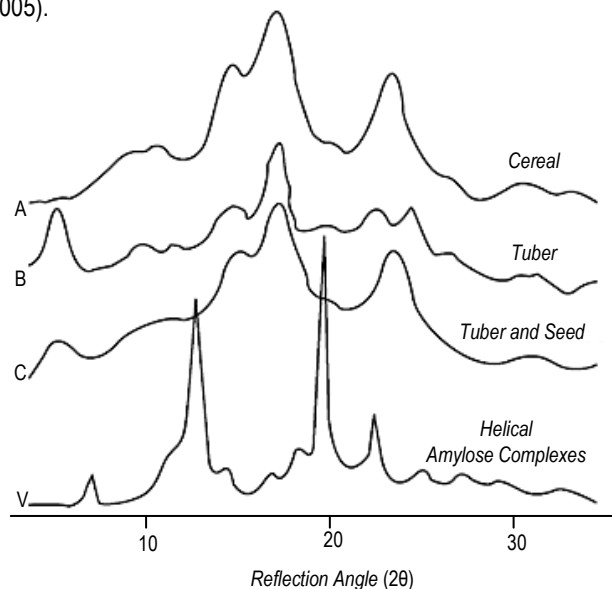
Bagian kristalin dibentuk oleh rantai cabang amilopektin berukuran pendek yang tersusun dalam bentuk klaster dan amilosa, sementara bagian amorfis dibentuk oleh titik percabangan (ikatan α -1,6) amilopektin, amilopektin rantai panjang dan amilosa (Czukor *et al.*, 2001; Liu, 2005; Roder *et al.*, 2005) seperti pada Gambar 1. Kristalinitas disebabkan oleh amilopektin heliks ganda dan bukan amilosa. Sebagian besar amilosa ada dibagian amorfis dalam bentuk bebas atau terikat dengan lemak (Jacobs dan Delcour, 1998). Molekul amilopektin tersusun secara radial dalam granula pati. Meningkatnya jari-jari granula menyebabkan jumlah cabang yang dibutuhkan untuk memenuhi ruang granula juga meningkat. Akibatnya, terjadi pembentukan daerah konsentris dengan struktur amorfis dan kristalin yang berselang-seling.



Gambar 1. Pembentukan struktur heliks ganda amilopektin, pengaturannya dalam bentuk klastering serta daerah kristal dan amorfis pada pati (www.lsbu.ac.uk)

Kristalit granula pati yang diamati dengan difraksi sinar X menunjukkan tiga tipe kristal yaitu tipe A, B dan C. Rantai heliks

ganda dari kristal A dan B tersusun secara heksagonal, tetapi susunan dari tipe A lebih padat dari tipe B. Struktur tipe C merupakan kombinasi tipe A dan B (Sajilata *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 1998). Pola difraksi sinar X granula pati dapat berubah oleh perlakuan panas/ air. Tipe V ditemukan pada pati tergelatinisasi, karena pembentukan kompleks amilosa-lipid (Gambar 2). Kristalinitas relatif tipe A (31,0-37,1%) lebih besar dari tipe B (27,2-29,8%) dan C (27,8%) (Srichuwong *et al.*, 2005).



Gambar 2. Pola difraksi sinar X kristalit pati (Liu, 2005)

Gelatinisasi dan pasting

Gelatinisasi adalah proses transisi fisik bersifat endotermis yang merusak keteraturan molekuler granula dan melibatkan proses pembengkakan granula, pelelehan kristal, hilangnya birefringence dan pelarutan pati (Shamekh, 2002). Analisis dengan *differential scanning calorimetry* (DSC) merupakan prosedur umum yang digunakan untuk mengevaluasi gelatinisasi pati dan memberi informasi mengenai suhu awal (T_0), suhu puncak (T_p), suhu akhir - *conclusion* (T_c), rentang suhu (T_r) dan entalpi pelelehan proses (Lim *et al.*, 2001). Entalpi (ΔH) gelatinisasi menggambarkan hilangnya keteraturan molekuler granula (Shamekh, 2002; Wang *et al.*, 1997; dan Zobel *et al.*, 1988). Puncak endotermik kurva DSC merefleksikan hilangnya ikatan heliks ganda pada amilopektin. Peningkatan suhu dan energi yang dibutuhkan, merefleksikan struktur kristalin yang semakin kuat atau keteraturan molekuler yang semakin tinggi (Cooke dan Gidley, 1992 disitasi oleh Srichuwong *et al.*, 2005). Karakteristik suhu dan entalpi gelatinisasi pati sangat beragam, dan beberapa faktor penyebab keragaman tersebut adalah rasio amilosa-amilopektin, perbedaan jumlah rantai panjang amilopektin, distribusi rantai pendek amilopektin, keberadaan komponen minor (terutama lemak dan ester fosfat), serta bentuk dan ukuran granula.

Pasting adalah fenomena yang mengikuti gelatinisasi (Xie *et al.*, 2006). Profil pasta bisa digunakan sebagai indikator untuk memprediksi sifat fungsional pati dan potensi aplikasinya sebagai *ingredient/aditif* pangan. Perbedaan karakteristik granula dapat menghasilkan keragaman pada karakteristik *pasting*. (Chen, 2003).

Karakteristik pasting diamati dengan *rapid visco analyzer* (RVA) dan/atau *brabender amylograph* (BA) (Collado dan Corke, 1999; Collado *et al.*, 2001; Pukkahuta *et al.*, 2008), yaitu viskometer yang dilengkapi dengan sistim pemanas dan pendingin untuk mengukur resistensi sampel pada pengadukan terkontrol. Informasi yang diperoleh antara lain suhu awal pasting, waktu dan viskositas puncak, viskositas akhir, viskositas jatuh (*breakdown viscosity*-BDV) dan viskositas balik (*setback viscosity*-SBV). Waktu dan viskositas puncak menjadi indikasi daya ikat air pati dan kecenderungan disintegrasinya; BDV mengindikasikan ketahanan terhadap pemanasan; SBV mengindikasikan potensi retrogradasi dan sineresis, dan viskositas akhir mengindikasikan kemampuan membentuk gel.

Menurut Chen (2003), pola viskositas pasta pati bisa dikelompokkan menjadi empat tipe: A (puncak pasta tinggi diikuti dengan pengenceran cepat selama pemanasan); B (puncak pasta lebih rendah dan pengenceran yang tidak terlalu besar selama pemanasan); C (tidak menunjukkan adanya puncak tetapi lebih pada pembentukan viskositas yang sangat tinggi dan tetap konstan atau meningkat selama pemanasan); dan D (konsentrasinya perlu dinaikkan dua–tiga kali lipat untuk menghasilkan viskositas pasta panas seperti tipe C).

Modifikasi pati dengan *heat moisture treatment*

Perlakuan hidrotermal, termasuk *Heat Moisture Treatment* – HMT, merupakan teknik modifikasi pati secara fisik. HMT dilakukan dengan memanaskan pati pada kadar air terbatas (kurang dari 35% air, w/w) pada suhu di atas suhu transisi gelas tetapi masih dibawah suhu gelatinisasinya selama waktu tertentu. Kondisi HMT dari beberapa jenis pati ditampilkan pada Tabel 1. Pada beberapa penelitian, suhu HMT dipilih tanpa memperhatikan suhu gelatinisasi pati pada kadar air yang digunakan. Akibatnya, hasil HMT mungkin dipengaruhi oleh gelatinisasi parsial (Eerlingen *et al.*, 1996 di dalam Jacobs dan Delcour, 1998; Abraham, 1993).

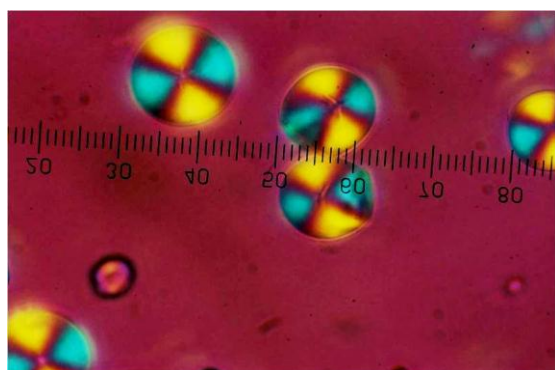
Menurut Ratnayake dan Jackson (2006), energi yang diserap granula selama pemanasan pada suhu yang lebih rendah dari suhu gelatinisasinya tidak hanya membuka lipatan heliks ganda amilopektin tapi juga memfasilitasi pengaturan atau pembentukan ikatan-ikatan baru antar molekul. Modifikasi berlangsung saat fase amorfis pati berada pada kondisi *rubbery* yang bersifat fluida, dimana mobilitas titik percabangan amilopektin meningkat dan mengakibatkan peningkatan interaksi di bagian kristalit (Jacobs dan Delcour, 1998).

Tabel 1. Kondisi HMT pada penelitian dari berbagai jenis pati* (Sumber: Jacobs dan Delcour, 1998)

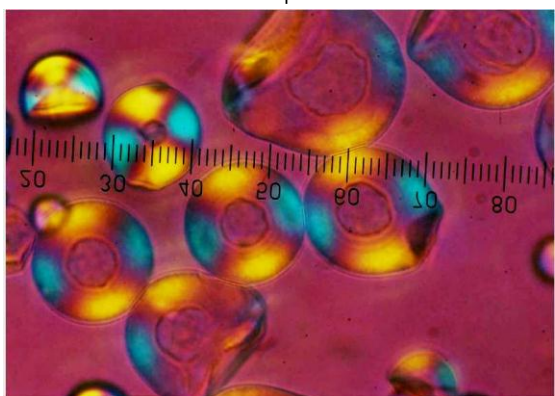
Pati	Suhu (°C)	Waktu	Kadar air (%)	Referensi
Garut dan <i>barley</i>	100	16 jam	18-27	Lorenz dan Kulp, 1982
Tapioka	100	16 jam	18-27	Lorenz dan Kulp, 1982
	110	3-16 jam	18-24	Abraham, 1993
	100	10 jam	30	Gunaratne dan Hoover, 2002
Maizena (amilosa normal, waxy dan tinggi)	95-110	16 jam	18-27	Sair, 1967
	120	30/180 mnt	25	Fukui dan Nikuni, 1969
	125	5/20 mnt	14	Kawabata <i>et al.</i> , 1994
	100	4 jam	25	Schierbaum dan Kettlitz, 1994
	100	16 jam	18-27	Franco <i>et al.</i> , 1995
	100	16 jam	30	Hoover dan Manuel, 1996
Lentil dan oat	100	16 jam	10-30	Hoover dan Vasanthan, 1994; Hoover <i>et al.</i> , 1994
<i>Pea</i>	100	16 jam	30	Hoover <i>et al.</i> , 1993
Kentang	95-110	16 jam	18-27	Sair, 1967
	100	16 jam	18-27	Lorenz dan Kulp, 1981; Kulp dan Lorenz, 1981; Donovan <i>et al.</i> , 1983
	80-120	15-60 mnt	5-27	Kuge dan Kitamura, 1985
	110/120	140/240mnt	20	Stute, 1992
	100	16 jam	10-30	Hoover dan Vasanthan, 1994; Hoover <i>et al.</i> , 1994
Beras	100	30 mnt	16.5	Kawabata <i>et al.</i> , 1994
	84-105	16 jam	20-35	Eerlingen <i>et al.</i> , 1996
	120	30/180 mnt	25	Fukui dan Nikuni, 1969
	100	4 jam	22/25	Radosta <i>et al.</i> , 1992; Schierbaum dan Kettlitz, 1994
<i>Rye</i>	100	16 jam	18-27	Lorenz dan Kulp, 1982
<i>Triticale</i>	100	16 jam	18-27	Lorenz dan Kulp, 1982
Gdanum	120	30/180 mnt	25	Fukui dan Nikuni, 1969
	100	16 jam	18-27	Lorenz dan Kulp, 1981; Kulp dan Lorenz, 1981
	100	16 jam	10-30	Hoover dan Vasanthan, 1994; Hoover <i>et al.</i> , 1994
	100	4 jam	25	Schierbaum dan Kettlitz, 1994
Yam	100	16 jam	10-30	Hoover dan Vasanthan, 1994

Pengaruh HMT pada morfologi granula

HMT menyebabkan pengaruh berbeda terhadap morfologi granula. Pengamatan dengan *scanning electron microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa HMT tidak mengubah morfologi eksternal granula tapioka, pati jagung (normal dan waxy), *millet* (*Eleusine coracana*), yam (*Dioscorea hispida* Dennst), *finger new cocoyam* (*Xanthosoma sagittifolium*), wortel Peru, ubi jalar, jahe, *mucuna bean* (*Mucuna pruriens*), berbagai pati polong-polongan (*legume*), sagu, taro (*Alocassia indica*), *true yam* (*Dioscorea alata*), gandum, oat, lentil dan kentang (Abraham, 1993; Franco *et al.*, 1995; Lawal, 2005; Adebowale^a *et al.*, 2005; Adebowale dan Lawal, 2003; Hoover dan Manuel^a, 1996; Pukkahuta dan Varavinit, 2007; Hoover dan Vasanthan, 1994; Gunaratne dan Hoover, 2002; Vieira dan Sarmento, 2008). Perubahan permukaan granula dilaporkan pada pati jagung dan kentang (Pukkahuta *et al.*, 2008; Pukkahuta *et al.*, 2007 dan Kawabata *et al.*, 1994) serta sebagian kecil pati ubi jalar dan jahe (Vieira dan Sarmento, 2008). Hal ini disebabkan oleh perbedaan intensitas panas HMT. Akan tetapi, sebagian penelitian menyebutkan HMT tidak mengubah morfologi granula (Abraham, 1993; Adebowale dan Lawal, 2003; Singh *et al.*, 2005; Pukkahuta *et al.*, 2008; Pranoto *et al.*, 2009), sebagian yang lain menyebutkan, HMT menyebabkan pembentukan rongga dan kaburnya persilangan polarisasi dibagian tengah granula (Pukkahuta *et al.*, 2007; Vermeylen *et al.*, 2006; Pukkahuta dan Varavinit, 2007; Herawati, 2009; Syamsir *et al.*, 2011). Pembentukan rongga di bagian tengah mengindikasikan struktur jaringan pusat relatif lemah (Gambar 3).



Granula pati awal



Granula pati setelah HMT

Gambar 3. Bentuk mikroskopis granula tapioka (Syamsir *et al.*, 2011)

Kadar air pati, suhu dan waktu HMT mempengaruhi morfologi pati HMT. Pada kadar air tetap, peningkatan intensitas panas (suhu dan waktu proses) menyebabkan peningkatan ukuran rongga (Pukkahuta *et al.*, 2007). Pada waktu tetap dan kadar air $\geq 23\%$, peningkatan suhu proses akan memperbesar rongga pada pati kentang HMT (Vermeylen *et al.*, 2006). Penelitian Syamsir *et al.* (2011, data belum dipublikasi) menunjukkan bahwa proses HMT tapioka berkadar air 20% pada suhu 120°C selama 4 jam akan menyebabkan perubahan bentuk granula tapioka. Perubahan bentuk tidak terjadi jika proses pemanasan dilakukan pada suhu atau kadar air yang lebih rendah.

Pengaruh HMT terhadap kristalinitas pati

HMT mengubah kristal tipe B dan C menjadi tipe A seperti dilaporkan pada pati kentang dan yam (Stute, 1992; Kawabata *et al.*, 1994; Gunaratne dan Hoover, 2002) tapi tidak mengubah kristal tipe A seperti dilaporkan pada pati jagung, ubi jalar, beras dan tapioka (Kawabata *et al.*, 1994; Pukkahuta *et al.*, 2008; Franco *et al.*, 1995; Collado dan Cork, 1999; Gunaratne dan Hoover, 2002; Khunae *et al.*, 2007). Untuk berubah, kristal tipe C membutuhkan kondisi proses yang lebih ekstrim dari tipe B.

Pengaturan ulang rantai heliks ganda karena HMT bisa meningkatkan keteraturan (intensitas difraksi sinar X naik) atau menurunkan keteraturan daerah kristalin (intensitas difraksi sinar X turun) seperti dilaporkan pada pati jagung. Perbedaan dipengaruhi oleh kadar air proses (Franco *et al.*, 1995). Penurunan kristalinitas relatif pati HMT dilaporkan pada kentang (Vermeylen *et al.*, 2006), tapioka dan yam (Gunaratne dan Hoover, 2002).

Interaksi kadar amilosa pati beras dan kadar air proses mempengaruhi kristalinitas pati HMT secara berbeda. Pada amilosa rendah sampai sedang, peningkatan kadar air proses menurunkan kristalinitas relatif. Pada amilosa tinggi, pembentukan kristal V (kompleks amilosa-lemak) meningkat dengan naiknya kadar air. Pembentukan kompleks ini menggantikan hilangnya daerah kristalin pati alami, dan menjelaskan mengapa rasio kristalinitas pada pati beras beramilosa tinggi tidak berubah (Khunae *et al.*, 2007).

Pengaruh suhu dan kadar air HMT pada kristalinitas pati kentang telah dilaporkan (Vermeylen *et al.*, 2006). Perubahan kristal tipe B menjadi A meningkat dengan naiknya suhu dan mencapai maksimal pada 130°C. Kristalinitas total dan jumlah amilopektin dengan DP<6 meningkat pada suhu >120°C. Kondisi berbeda: penurunan kristalinitas total tanpa perubahan pola distribusi DP amilopektin terjadi pada suhu $\leq 120^\circ\text{C}$. Pemecahan ikatan kovalen dan terbukanya ikatan heliks ganda amilopektin pada 130°C menyebabkan amilopektin lebih mudah bergerak dan menyusun diri membentuk kristal yang lebih besar atau lebih rapat. Total kristalinitas (A+B) sendiri tidak tergantung pada kadar air dan berkorelasi secara kuadratik dengan suhu proses; kristalinitas terendah terjadi pada suhu 110°C. Peningkatan suhu memicu peningkatan pembentukan kristal tipe A dan penurunan kristal B.

Teknik pengeringan pasca HMT bisa mempengaruhi entalpi dan jumlah kristal A pati kentang HMT walaupun tidak mempengaruhi T_p dan $(T_c - T_0)$ gelatinisasi. Pengeringan cepat menghasilkan kristal A berukuran kecil sementara pengeringan

lambat memungkinkan pertumbuhan kristal A sehingga ukuran dan jumlahnya meningkat (Vermeylen *et al.*, 2006).

Pengaruh HMT terhadap karakteristik gelatinisasi

Analisis DSC memperlihatkan bahwa HMT mengubah karakteristik termal pati. Pati gandum, kentang, tapioka, beras dan ubi jalar dilaporkan mengalami peningkatan suhu gelatinisasi (T_0 , T_p dan T_c) dan perubahan rentang gelatinisasi ($T_c - T_0$) (Donovan *et al.*, 1983 disitasi oleh Takaya *et al.*, 2000; Stute, 1992; Abraham, 1993; Hormdok dan Noomhorm, 2007; Collado dan Cork, 1999; Khunae *et al.*, 2007). Peningkatan suhu gelatinisasi berbanding lurus dengan kadar air proses. Interaksi amilosa (amorfis) dengan amilopektin (kristalin) selama HMT mereduksi mobilitas rantai amilopektin sehingga suhu gelatinisasi meningkat (Hoover dan Vasanthan, 1994). Peningkatan juga disebabkan oleh perubahan tipe kristal dari B menjadi A (Stute, 1992).

Pengaruh kadar air HMT pada rentang suhu gelatinisasi ($T_c - T_0$) menunjukkan pola berbeda pada pati jagung dengan kadar amilosa berbeda. Pada amilosa rendah, rentang suhu lebih sempit dari pati awal; mengindikasikan naiknya homogenitas kristalit. Pelebaran rentang suhu terjadi pada amilosa normal-tinggi; nilainya meningkat dengan naiknya kadar amilosa dan kadar air (Hoover dan Manuel, 1996^a); mengindikasikan keheterogenan kristalit akibat pengaturan kembali rantai pendek amilopektin dan pembentukan kompleks amilosa-lemak. Pada amilosa tinggi, pelebaran rentang suhu berkorelasi linier dengan peningkatan kadar air (Khunae *et al.*, 2007).

HMT menyebabkan pengaruh berbeda pada entalpi gelatinisasi. Walau meningkatkan entalpi gelatinisasi pati ubi jalar (Collado dan Cork, 1999) tetapi HMT dilaporkan menurunkan entalpi gelatinisasi pati gandum, kentang, tapioka dan beras (Donovan *et al.*, 1983 disitasi oleh Takaya *et al.*, 2000; Stute, 1992; Abraham, 1993; Hormdok dan Noomhorm, 2007). Pada semua kadar amilosa, entalpi gelatinisasi pati beras menurun dengan naiknya kadar air HMT (Khunae *et al.*, 2007), mengindikasikan hilangnya sebagian daerah kristalin sehingga jumlah rantai heliks ganda yang meleleh saat gelatinisasi menjadi berkurang (Hoover dan Manuel, 1996^b; Pukkahuta *et al.*, 2008) atau perpindahan sebagian komponen kristalin ke daerah amorfis sehingga daerah kristalin lebih mudah meleleh (Lim *et al.*, 2001 disitasi oleh Khunae *et al.*, 2007).

Pengaruh suhu dan kadar air HMT terhadap karakteristik gelatinisasi pati kentang dilaporkan oleh Vermeylen *et al.* (2006). T_p dan rentang suhu gelatinisasi meningkat sebagai fungsi dari suhu dan kadar air. Pengaruh kadar air terhadap T_p berkurang dengan naiknya kadar air, sementara pengaruh suhu terhadap peningkatan T_p semakin besar dengan naiknya suhu. Peningkatan rentang suhu gelatinisasi lebih besar pada kondisi kadar air dan suhu tinggi. HMT menurunkan entalpi gelatinisasi. Peningkatan kadar air memperbesar penurunan entalpi pada suhu proses yang lebih tinggi.

Pengaruh HMT terhadap karakteristik pasting

HMT menyebabkan peningkatan suhu *pasting*, penurunan BDV dengan SBV naik atau turun pada pati kentang, jagung, *barley*, *red millet*, *triticale*, *arrowroot*, tapioka, beras, ubi jalar dan sago (Stute, 1992; Pukkahuta *et al.*, 2008; Lorenz dan Kulp,

1983 didalam Takaya *et al.*, 2000; Hormdok dan Noomhorm, 2007; Franco *et al.*, 1995; Singh *et al.*, 2005; Pranoto *et al.*, 2009; Herawati, 2009). Peningkatan atau penurunan SBV tergantung pada intensitas proses; intensitas rendah menghasilkan SBV yang tinggi dan sebaliknya (Stute, 1992). Menurut Hoover *et al.* (1993) dalam Pukkahuta *et al.* (2008), penurunan viskositas puncak, BDV dan viskositas diduga karena meningkatnya keteraturan matriks kristalin dan pembentukan kompleks amilosa-lemak yang menurunkan kapasitas pembengkakan granula dan memperbaiki stabilitas pasta selama pemanasan.

Perbedaan kadar amilosa dilaporkan menyebabkan perbedaan karakteristik pasting pati HMT yang dihasilkan. Pada pati ubi jalar dengan kandungan amilosa berbeda, perlakuan HMT (oven) pada 110°C dan kadar air 25% selama 4-16 jam, pati dengan kandungan amilosa yang lebih rendah menunjukkan penurunan viskositas yang lebih besar dan nilai setback yang lebih rendah (Collado dan Cork, 1999).

Kadar amilosa dilaporkan juga mempengaruhi peranan air dalam proses modifikasi HMT. Menurut Franco *et al.* (1995), peningkatan kadar air HMT memperbaiki stabilitas panas pasta pati jagung normal tapi tidak signifikan untuk pasta pati jagung waxy. Hal ini sesuai dengan Hoover dan Manuel (1996) yang menemukan bahwa pati jagung waxy tidak dipengaruhi oleh proses.

Pengaruh parameter proses (waktu, suhu dan kadar air) pada karakteristik pasting pati HMT telah dilaporkan. Menurut Pukkahuta *et al.* (2008), suhu pasting pati jagung HMT tidak berkorelasi linier dengan waktu HMT (0 - 60 menit, autoklaf, kadar air 20%, 120°C) sementara viskositas puncak, BDV dan viskositas akhir menunjukkan korelasi linier.

KESIMPULAN

HMT menyebabkan perubahan karakteristik fisiko-kimia pati. Intensitas perubahan dipengaruhi oleh kondisi proses (kadar air, suhu dan waktu) dan kondisi pati (jenis, kadar amilosa dan profil amilopektin). Oleh karena itu, interaksi antara kondisi proses dan kondisi suatu jenis pati penting dipahami untuk menghasilkan pati HMT dengan karakteristik yang konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham TE. 1993. Stabilization of paste viscosity of cassava starch by heat moisture treatment. *Starch/Stärke* 45: 131-135.
- Adebowale KO, Lawal OS. 2003. Microstructure, physicochemical properties and retrogradation behaviour of Mucuna bean (*Mucuna pruriens*) starch on heat moisture treatments. *Food Hydrocoll* 17: 265-272.
- Adebowale KO, Afolabi TA, Olu-Owolabi BI. 2005^a. Hydrothermal treatments of finger millet (*Eleusine coracana*) starch. *Food Hydrocoll* 19: 974-983.
- Adebowale KO, Olu-Owolabi BI, Olayinka OO, Lawal OS. 2005^b. Effect of heat moisture treatment and annealing on

- physicochemical properties of red sorghum starch. *African J. of Biotech* 4: 928-933.
- BeMiller, Whistler RL. 1996. *Carbohydrates*. Dalam Fennema OR. (Ed). *Food Chemistry* (3rd ed.). Marcel Dekker, Inc.
- Chen Z. 2003. *Physicochemical Properties of Sweet Potato Starches and Their Application in Noodle Products*. PhD. Thesis Wageningen University, The Netherlands.
- Collado LS, Corke H. 1999. Heat-moisture treatment effects on sweetpotato starches differing in amylose content. *Food Chem* 65: 339-346. American Chem Society.
- Collado LS, Mabesa LB, Oates CG, Corke H. 2001. Bihon-type noodles from heat-moisture treated sweet potato starch. *J. Food Sci* 66: 604-609.
- Czukur B, Bogracheva T, Cserhalmi Z, Czukur B, Fornal J, Schuster-Gajzago I, Kovacs ET, Lewandowicz G, Soral-Smietana M. 2001. *Processing*. Dalam Hedley CL. (Ed). *Carbohydrates in Grain Legume Seeds: Improving Nutritional Quality and Agronomic Characteristics*. CABI Publishing. Wallingford.
- Franco CML, Ciacco CF, Tavares DQ. 1995. Effect of the heat-moisture treatment on the enzymatic susceptibility of corn starch granules. *Starch/Stärke* 47: 223-228.
- Gunaratne A, Hoover R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydr Polym* 49: 425-437.
- Herawati D. 2009. *Modifikasi Pati Sagu Dengan Teknik Heat Moisture Treatment (HMT) dan Aplikasinya Dalam Memperbaiki Kualitas Bihun*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Hoover R, Manuel H. 1996^a. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of legume starches. *Food Res Int* 29: 731-750.
- Hoover R, Vasanthan T. 1994. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume and tuber starches. *Carbohydr Res* 252: 33-53.
- Hoover R, Manuel H. 1996^b. The Effect of Heat-Moisture Treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylo maize V starches. *J of Cereal Sci* 23: 153-162.
- Horndok R, Noomhorm A. 2007. Hydro-thermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT - Food Sci and Tech* 40: 1723-1731.
- Jacobs H, Delcour JA. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *J of Agr and Food Chem* 46: 2895-2905.
- Kawabata A, Takase N, Miyoshi E, Tokyo, Sawayama S, Kimura T, Saitama, Kudo K. 1994. Microscopic observation and x-ray diffractometry of heat/moisture-treated starch granules. *Starch/Stärke* 46: 463-469.
- Khunae P, Tran T, Sirivongpaisal P. 2007. Effect of heat-moisture treatment on structural and thermal properties of rice starches differing in amylose content. *Starch/Stärke* 59: 593-599.
- Lawal OS. 2005. Studies on the hydrothermal modifications of new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Int J of Bio Macromol* 37: 268-277.
- Lim ST, Chang EH, Chung HJ. 2001. Thermal transition characteristics of heat-moisture treated corn and potato starches. *Carbohydr Polym* 46: 107-115.
- Liu Q. 2005. *Understanding starches and their role in foods*. Dalam: *Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications*. Taylor & Francis Group.
- Lorenz K, Kulp K. 1982. Cereal and root starch modification by heat-moisture treatment. I. Physico-chemical properties. *Starch/Stärke* 34: 50-54.
- Murphy P. 2001. *Starch*. Dalam: Phillips GO dan Williams PA (Ed). *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press. Woodhead Publishing Limited. Cambridge.
- Pranoto Y, Haryadi, Rakshit SK. 2009. *Karakterisasi pati ubi jalar varietas tipikal Indonesia dan modifikasi sifat reologisnya dengan heat-moisture treatment (HMT) untuk pembuatan mie*. Laporan Akhir Hasil Penelitian Hibah Pekerti (Tahun Kedua). Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada.
- Pukkahuta C, Varavinit S. 2007. Structural transformation of sago starch by heat-moisture and osmotic-pressure treatment. *Starch-stärke* 59: 624-631.
- Pukkahuta C, Suwannawat B, Shobsngob S, Varavinit S. 2008. Comparative study of pasting and thermal transition characteristic of osmotic pressure and heat-moisture treated corn starch. *Carbohydr Polym* 72: 527-536.
- Pukkahuta C, Shobsngob S, Varavinit S. 2007. Effect of osmotic pressure on starch: new method of physical modification of starch. *Starch/Stärke* 58: 78-90.
- Ratnayake WS, Jackson DS. 2006. Gelatinization and solubility of corn starch during heating in excess water: new insights. *J Agric Food Chem* 54: 3712-3716.
- Roder N, Ellis PR, Butterworth PJ. 2005. Starch molecular and nutritional properties: a review. *Adv in Mol Med* 1: 5-14.
- Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. 2006. Resistant starch – a review. *CRFSFS*. 5. 2006 .
- Shamekh SS. 2002. *Effects of lipids, heating and enzymatic treatment on starches*. Technical Research Center of Finland.
- Shivus B, Uhlen AK, Harstad OM. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim Feed Sci and Tech* 122: 303-320.
- Singh S, Raina CS, Bawa AS, Saxena DC. 2005. Effect of heat-moisture treatment and acid modification on rheological, textural, and differential scanning calorimetry characteristics of sweetpotato starch. *J of Food Sci* 70: E373 – E 378.
- Srichuwong S, Sunarti TC, Mishima T, Isno N, Hisamatsu M. 2005. Starches from different botanical sources I: contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility. *Carbohydr Polym* 60: 529-538.

- Stute R. 1992. Hydrothermal modification of starches: The difference between annealing and heat/moisture-treatment. *Starch/Stärke* 44: 205-214.
- Syamsir E, Hariyadi P, Fardiaz D, Andarwulan N, Kusnandar F. 2011. Pengaruh *heat-moisture treatment* (HMT) pada karakteristik fisikokimia tapioka lima varietas ubi kayu berasal dari daerah Lampung. Paper disampaikan pada Seminar Nasional PATPI 2011 di Manado, 15-18 September 2011.
- Taggart P. 2004. Starch as an ingredient: manufacture and applications. Dalam: Eliasson A-C (Ed). *Starch In Food: Structure, Function and Applications* (1st ed). Woodhead Publishing Limited. Cambridge.
- Takaya T, Sano C, Nishinari K. 2000. Thermal studies on the gelatinisation and retrogradation of heat-moisture treated starch. *Carbohydr Polym* 41: 97-100.
- Wang TL, Bogracheva TY, Hedley CL. 1998. Starch: as simple as A, B, C? (Review article). *J of Exp Bot* 49: 481-502.
- Wattanachant S, Muhammad K, Hasyim DM, Rahman RA. 2003. Effect of Ikatan silang reagent and hydroxypropilation levels on dual-modified sago starch properties. *Food Chem* 80: 463-471.
- Vermeylen R, Goderis B, Delcour JA. 2006. An x-ray study of hydrothermally treated potato starch. *Carbohydr Polym* 64: 364-375.
- Vieira FC, Sarmiento SBS. 2008. Heat-moisture treatment and enzymatic digestibility of peruvian carrot, sweet potato and ginger starches. *Starch/Stärke* 60: 223-232.
- www.lsbu.ac.uk. *Starch*. [10 Mei 2008].
- Xie F, Liu H, Chen P, Xue T, Chen L, Yu L, Corrigan P. 2006. Starch gelatinization under shearless and shear conditions. *Int. J of Food Eng* 2: Art. 6.
- Zobel HF, Young SN, Rocca LA. 1988. Starch gelatinization: an x-ray diffraction study. *Cereal Chem* 65: 443-446.
- Zobel HF. 1988. Molecules to granules: a comprehensive starch review. *Starch/Stärke* 40: 44-50.
- Zondag MD. 2003. Effect of microwave heat moisture and annealing treatments on buckwheat starch characteristics. Research Paper. University of Wisconsin. Stout.