

PENGARUH LAMA HIDROLISIS ASAM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA PATI GARUT

EFFECT OF ACID HYDROLYSIS DURATION ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ARROWROOT STARCH

Christina Winarti^{1)*}, Nur Richana¹⁾, Djumali Mangunwidjaja²⁾, Titi Candra Sunarti²⁾

¹⁾Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12A Cimanggu Bogor 16114
Email: christina.winarti01@gmail.com

²⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, IPB
Kampus IPB Dramaga, PO Box 220 Bogor 16002

ABSTRACT

Slow acid hydrolysis (lintnerization) is a kind of starch modification to produce acid thinned starch. Lintnerization can be carried out as pre or post treatment to enhance starch characteristics. The aim of the study was to find out effect of slow acid hydrolysis on the characteristics of the modified starch especially morphology, digestibility and functional properties. Acid hydrolysis was conducted for 2, 4, 6, 24, 72 and 120 hours in 2.2 N HCl at 35 °C. The parameters observed included yield, polymerization degree (DP), hydrolysis level, amylose content, surface morphology, crystallinity pattern, solubility and swelling power, water absorption capacity (WAC), oil absorption capacity (OAC), and enzymatic digestibility. Result showed that the longer the lintnerization, the yield and DP decreased, as well as amylose content. The relative crystallinity increased but the crystalline pattern remains similar. Starch granule was slightly disrupted at short lintnerization; however, disrupted severely after more than 72 h of lintnerization, without pasting characteristics during gelatinization. Enzymatic digestibility decreased at short duration but afterwards increased slightly. Solubility, WAC, and OAC increased, but the swelling power reduced. Moreover, OAC was higher than WAC.

Keywords: *Maranta arundinacea*, arrowroot starch, lintnerization, acid hydrolysis

ABSTRAK

Hidrolisis asam secara lambat (lintnerisasi) merupakan salah satu proses modifikasi pati untuk menghasilkan pati viskositas rendah. Hidrolisis asam dapat dilakukan sebagai perlakuan awal pada proses modifikasi lainnya. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh hidrolisis asam secara lambat terhadap karakteristik pati termodifikasi terutama morfologi permukaan dan sifat fungsionalnya sebagai bahan matriks. Perlakuan yang dicobakan lama hidrolisis yaitu 2, 4, 6, 24, 72, dan 120 jam menggunakan HCl 2,2 N pada suhu 35°C. Parameter yang diamati meliputi Derajat Polimerisasi (DP), tingkat hidrolisis, kadar amilosa, morfologi, kristalinitas, kelarutan dan *swelling power*, kemampuan menyerap air (*water absorption capacity*/WAC) dan minyak (*oil absorption capacity*/OAC) dan daya cerna pati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen dan DP semakin menurun sementara tingkat hidrolisis meningkat dengan semakin lamanya lintnerisasi, kadar amilosa menurun sementara daya cernanya mula-mula menurun kemudian meningkat. Granula pati mengalami kerusakan walaupun bentuknya masih relatif tidak berubah demikian juga nilai kristalinitas relatif meningkat walaupun pola kristal tetap tipe A, dan tidak memberikan sifat pasting selama gelatinisasi. Kelarutan dan WAC serta OAC meningkat sedangkan *swelling power* (SP) menurun, sementara OAC lebih tinggi dari WAC.

Kata kunci: *Maranta arundinacea*, pati garut, lintnerisasi, hidrolisis asam

PENDAHULUAN

Proses hidrolisis asam secara lambat (lintnerisasi) merupakan salah satu metode modifikasi pati untuk meningkatkan karakteristiknya, diantaranya adalah penurunan viskositas dan *swelling power*, serta peningkatan kelarutan dan suhu gelatinisasi. Asam akan menghidrolisis secara parsial ikatan glikosidik pada rantai molekul amilosa dan amilopektin. Asam kuat akan menghidrolisis ikatan glikosidik sehingga panjang rantai menjadi lebih pendek dan bobot molekul menjadi lebih rendah (Wurzburg, 1989). Menurut beberapa peneliti (Gelders *et al.*, 2005;

Yamashita *et al.*, 2004) panjang rantai amilopektin akan mempengaruhi kemampuan pengikatan bahan aktif bila akan digunakan sebagai bahan matriks. Proses hidrolisis asam akan memotong rantai amilopektin sehingga Derajat Polimerisasi (DP) dan berat molekul (BM) lebih pendek.

Proses hidrolisis asam terjadi dalam dua tahap penyerangan pada granula pati, yaitu tahap penyerangan secara cepat pada bagian amorf dan tahap penyerangan yang lebih lambat pada bagian kristalin pada fraksi amilopektin (Wurzburg, 1989; Jayakody dan Hoover, 2002). Hidrolisis asam tidak mengubah bentuk granula tetapi menyebabkan penurunan kemampuan mengembang (*swelling*) dan

viskositas serta viskositas puncak, selain itu meningkatkan kestabilan pasta pati selama proses gelatinisasi (Ferrini *et al.*, 2008).

Pati garut dihasilkan dari umbi garut (*Maranta arundinacea*) yang memiliki banyak kegunaan. Pengaruh hidrolisis asam terhadap beberapa sifat pati garut memberikan hasil yang tidak konsisten, diantaranya perubahan kadar amilosa dan daya cerna. Menurut Wurzburg (1989) jumlah amilosa atau fraksi linier meningkat pada tahap awal proses hidrolisis asam, demikian juga dengan penelitian Faridah *et al.* (2011). Peneliti lain melaporkan bahwa hidrolisis asam menurunkan kadar amilosa seperti dilaporkan Jyoti *et al.* (2005) pada pati garut; Palma-Rodriguez *et al.* (2012) pada pati beras, jagung dan kentang serta Wang *et al.* (2003) pada pati jagung. Daya cerna pati dilaporkan meningkat akibat hidrolisis asam (Faridah *et al.*, 2011; Srichuwong *et al.*, 2005a) sementara John *et al.* (2002) melaporkan bahwa hidrolisis asam tidak berpengaruh terhadap daya cerna enzimatis secara *in vitro* pati garut, sedangkan menurut Nagahata *et al.* (2013) hidrolisis asam menyebabkan daya cerna menurun.

Dengan perbedaan-perbedaan karakteristik pati garut terhidrolisis asam yang dilaporkan oleh beberapa peneliti di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh lama hidrolisis yang berbeda terhadap karakteristik fisiko-kimia dan fungsional pati garut yang dihasilkan. Dengan mengetahui karakteristik tersebut diharapkan pemanfaatan pati garut menjadi lebih luas diantaranya aplikasinya sebagai matriks pengikat bahan aktif.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan adalah pati dari umbi garut umur 11 bulan dari varietas Creole yang berasal dari daerah sekitar Bogor. Bahan kimia yang digunakan untuk modifikasi pati antara lain HCl, etanol, NaOH, dan bahan kimia untuk analisis

Metodologi

Karakterisasi Bahan Baku

Bahan baku umbi garut diekstrak untuk menghasilkan pati garut dengan teknik ekstraksi basah. Umbi garut yang sudah dicuci bersih dihancurkan/disawut, ditambahkan air dan disaring kemudian diendapkan. Endapan pati dikumpulkan dan dikeringkan dengan oven. Rendemen yang dihasilkan sekitar 11,5%. Selanjutnya pati garut dianalisis proksimat meliputi kadar air (925.10 AOAC, 1998); kadar abu (923.03 AOAC, 1998); kadar lemak (SNI 01-2891-1992); kadar protein (960.52 AOAC, 1998); kadar karbohidrat (*by difference*). Dianalisis juga kadar amilosa (Perez dan Juliano, 1978) serta sifat *birefringence* dengan mikroskop polarisasi.

Pembuatan Pati Lintnerisasi

Pati Lintnerisasi dibuat berdasarkan rekomendasi Faridah *et al.* (2011) serta Jayakody dan Hoover (2002) yang dimodifikasi dengan rasio lebih tinggi karena konsistensinya yang cukup kental. Pati (200 g) dibuat suspensi dalam larutan HCl konsentrasi 2,2 N dengan nisbah 1:2. Suspensi pati diinkubasikan pada suhu 35°C selama 2, 4, 6, 24, 72 dan 120 jam dengan menggunakan *waterbath* goyang. Suspensi pati garut yang telah mengalami perlakuan hidrolisis asam pada jam yang telah ditentukan kemudian dicuci dengan menggunakan NaOH 1 M sampai netral (pH 6,0), dilanjutkan pencucian dengan etanol dan disaring dengan kertas saring. Endapan pati terhidrolisis kemudian dikeringkan dengan oven bersuhu 50°C selama 24 jam hingga mencapai kadar air sekitar 10%. Setelah kering pati digiling dengan *disc mill* dan disaring kemudian diayak dan disimpan dalam *freezer* sampai digunakan.

Parameter yang diamati meliputi: rendemen, sifat fisiko-kimia: Derajat Polimerisasi (DP) dihitung dengan membagi kadar total gula (Dubois *et al.*, 1956) dengan gula pereduksi (Takeda *et al.*, 1993), kadar amilosa (Perez dan Juliano, 1978); dan tingkat hidrolisis dihitung dengan membagi kadar total gula pada lama lintnerisasi tertentu terhadap kadar total gula pati garut alami, morfologi permukaan granula (SEM), pola gelatinisasi dengan Rapid Visco Analyzer (RVA), dan kristalinitas (XRD); serta analisis sifat fungsional: *swelling power* dan kelarutan (Leach *et al.*, 1959); WAC dan OAC (Das *et al.*, 2010) serta daya cerna pati *secara in-vitro* menggunakan *pancreatin amylase* (Spence dan Jane, 1999).

Rancangan Percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan perlakuan lama hidrolisis (2, 4, 6, 24, 72 dan 120 jam) masing-masing diulang 3 kali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

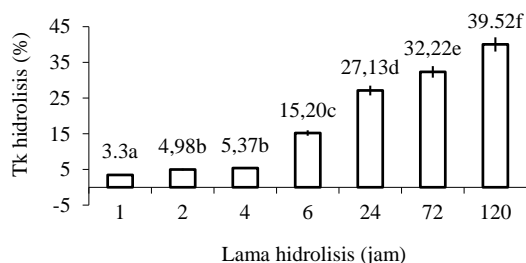
Bahan baku pati garut yang digunakan dalam penelitian mengandung komponen karbohidrat dalam porsi besar (87,94%) dan komponen minor (protein dan lemak yang rendah, masing-masing 0,12 dan 0,46%, seperti umumnya pati dari umbi-umbian. Pati garut mengandung amilosa dalam jumlah yang tinggi (35,68%). Hasil ini berbeda dengan yang dilaporkan Faridah *et al.* (2011) dimana kadar amilosa hanya 24,64%. Sedangkan menurut Richana *et al.* (2000) kadar amilosa pati garut 29,03-31,34%. Hal itu disebabkan perbedaan umur panen.

Karakteristik Pati Lintnerisasi

Proses lintnerisasi menyebabkan pemutusan pada struktur amorf amilopektin dan amilosa yang dapat menyebabkan kehilangan komponen pati. Rendemen dan kadar amilosa pati lintnerisasi

disajikan pada Tabel 1. Makin lama waktu hidrolisis rendemen pati cenderung semakin rendah dengan kadar air berkisar antara 8,69 – 10,33%. Rendahnya rendemen disebabkan karena semakin lama hidrolisis semakin banyak komponen pati yang terlarut dalam medium asam sehingga rendemen turun. Hal itu terlihat dari tingkat hidrolisis yang menggambarkan jumlah karbohidrat terhidrolisis dibanding jumlah gula mula-mula dimana makin lama hidrolisis jumlah karbohidrat terlarut makin banyak sehingga rendemen turun.

Tingkat hidrolisis pati garut semakin meningkat dengan makin lamanya proses lintnerisasi (Gambar 1). Persentase kenaikan karbohidrat terlarut sebagai hasil hidrolisis sampai 3 jam pertama kenaikannya relatif kecil kemudian setelah jam ke 4 menjadi lebih cepat. Hasil penelitian Srichuwong *et al.* (2005a) menyebutkan bahwa tingkat hidrolisis pati garut setelah 48 jam sekitar 10% dan menjadi 30% setelah 120 jam dengan menggunakan HCl 2,2N suhu 35°C, dengan tingkat hidrolisis sebesar 7,5% pada 0-5 hari pertama (120 jam), sementara dari hidrolisis pati garut hasil penelitian mencapai 39% setelah 120 jam. Selain lama hidrolisis, Wang *et al.* (2003) menyatakan bahwa tingkat hidrolisis juga dipengaruhi konsentrasi asam yang digunakan.



Gambar 1. Tingkat hidrolisis pati garut pada berbagai lama hidrolisis dengan HCl 2,2 N

Hidrolisis asam terjadi dalam dua tahap yaitu pada tahap awal asam menyerang bagian amorf pada kecepatan yang tinggi sedangkan tahap kedua menyerang bagian kristalin dengan kecepatan lebih rendah. Kecepatan yang rendah pada penyerangan daerah kristalin, ada dua hipotesis yang menyebabkan yaitu (1) *packing* yang rapat pada daerah rantai kristalin menyulitkan penetrasi H₃O⁺

ke dalamnya; dan (2) hidrolisis asam pada ikatan glikosidik mungkin memerlukan perubahan konformasi dari unit α-glukopiranosil (Hoover 2000). Dari situ terlihat bahwa asam lebih suka menyerang daerah amorf. Hal itu dapat dilihat dari Gambar 1 bahwa setelah 24 jam tingkat hidrolisis sudah mencapai 26% dan setelah 120 jam.

Kadar Amilosa

Kadar amilosa cenderung menurun dengan makin lamanya proses hidrolisis asam seperti terlihat pada Tabel 1. Hal itu sejalan dengan penelitian terdahulu seperti Wang *et al.* (2003) pada pati jagung dan John *et al.* (2002) pada pati garut serta Palma-Rodriguez *et al.* (2012) pada pati beras, jagung dan kentang. Menurut Wang *et al.* (2003) pati terhidrolisis asam akan sedikit meningkat derajat kristalinitasnya dengan kadar amilosa lebih rendah dibanding pati alaminya yaitu dari 27,5% menjadi 24,8% menggunakan HCl 1,0 N. Sementara pada penelitian ini kadar amilosa menurun dari 35,69% berturut-turut menjadi menjadi 28,69%, 26,78%, 23,43% dan 10,19% dengan lama hidrolisis 2, 4, 6 dan 24 jam pada suhu 35°C. Setelah hidrolisis 72 dan 120 jam amilosa sudah tidak terdeteksi dengan pengukuran kompleks-iod. Hal itu kemungkinan disebabkan molekul amilose yang terhidrolisis sudah terlalu pendek untuk membentuk kompleks dengan iod. Menurut Palma-Rodriguez *et al.* (2012), perlakuan asam menurunkan kadar amilosa pada semua jenis pati yang diuji dengan nilai antara 3,1 dan 6,4%, Penurunan tersebut dikarenakan hidrolisis asam terutama terjadi pada fraksi amorf dimana amilosa berada.

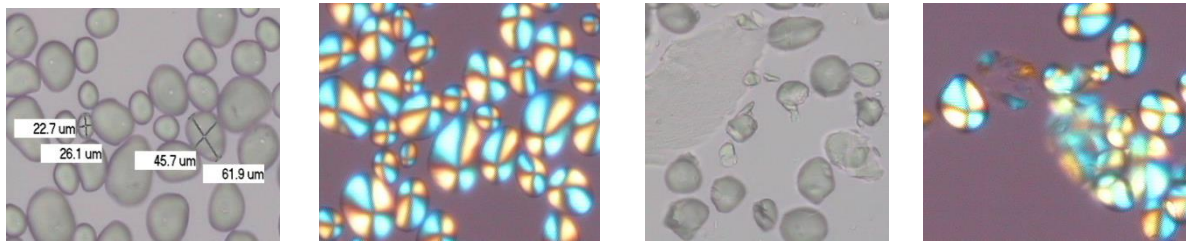
Morfologi

Ukuran granula dan sifat *birefringence* pati dilakukan dengan mikroskop polarisasi. Ukuran granula pati garut berkisar antara 22,7 – 45,7 μm. Hasil yang sama ukuran granula pati garut bervariasi yaitu antara 5-50 μm (Moorthy, 2002) dan 20-42,2 (Srichuwong *et al.*, 2005b). Ukuran granula hasil penelitian masih dalam rentang ukuran granula hasil penelitian lainnya. Gambar granula dan ukuran serta sifat *birefringence* pati serta morfologi pati garut alami dan lintnerisasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

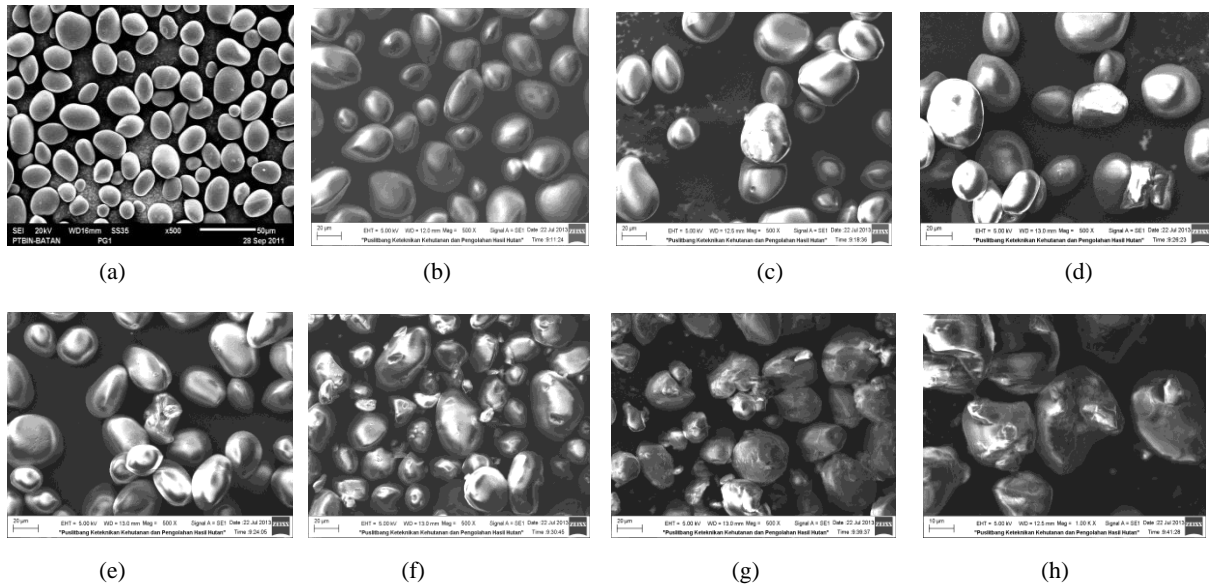
Tabel 1. Rendemen, kadar amilosa dan DP pati lintnerisasi pada berbagai tingkat hidrolisis

| Lama lintnerisasi | Rendemen (%) | Kadar amilosa (%) | DP |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 0 (pati alami) | - | 35,68±1,15 | 1389,91± 75,64 |
| 2 jam | 97,61 ± 2,14 ^c | 30,12 ± 0,85 ^{cd} | 355,27 ± 13,40 ^c |
| 4 jam | 93,27 ± 1,68 ^c | 27,54 ± 0,80 ^c | 316,33 ± 20,06 ^c |
| 6 jam | 92,36 ± 2,95 ^{bc} | 24,74 ± 1,54 ^b | 224,10 ± 11,20 ^{bc} |
| 24 jam | 90,49 ± 1,43 ^b | 11,46 ± 0,75 ^a | 103,57 ± 10,03 ^b |
| 72 jam | 85,57 ± 1,30 ^a | tt | 35,63 ± 5,5 ^a |
| 120 jam | 82,73 ± 1,99 ^a | tt | 16,60 ± 1,1 ^a |

Ket. Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%
tt : tidak terukur



Gambar 2. Mikroskopi dan sifat *birefringence* granula pati alami dan pati lintnerisasi 2 jam



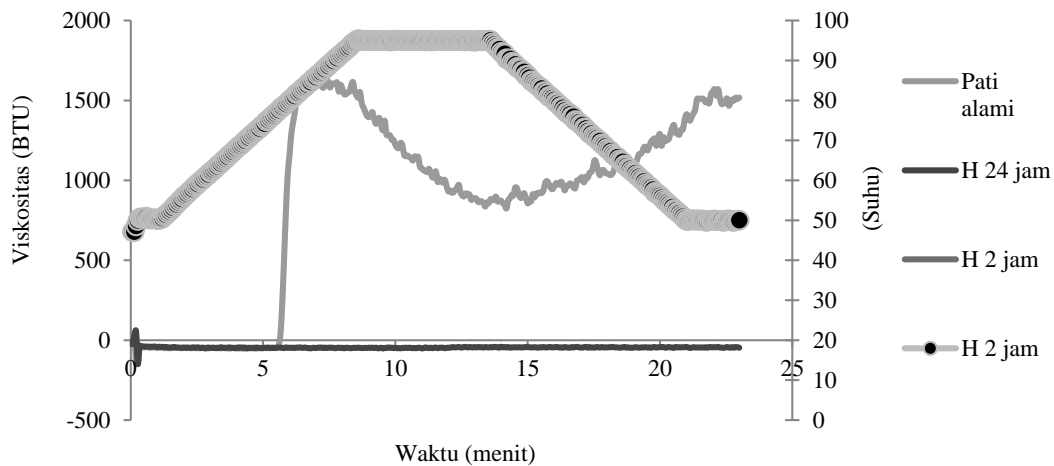
Gambar 3. Perubahan morfologi granula: (a) pati alami, (b) selama lintnerisasi 2 jam, (c) 4 jam, (d) 6 jam, (e) 24 jam, (f) 72 jam, (g) 120 jam (perbesaran 500x) dan (h) 120 jam perbesaran 1000x

Morfologi granula pati tidak terlalu banyak mengalami perubahan selama proses lintnerisasi, terutama untuk hidrolisis dalam waktu pendek seperti 2, 4 atau 6 jam seperti terlihat pada Gambar 3 (b, c, d). Hal itu disebabkan asam hanya menyerang daerah amorf sementara daerah kristalin tetap (Srichuwong *et al.*, 2005a) sehingga bentuk granula tidak banyak berubah (Ferrini *et al.*, 2008), walaupun pada permukaan granula mulai terlihat pengerutan, lekukan atau retakan. Bahkan hidrolisis dalam jangka waktu lama (setelah lebih dari 72 jam) akan memperlihatkan beberapa granula pati terpecah menjadi lebih kecil karena terjadinya erosi yang berat pada permukaan granula, sebagaimana dilaporkan Hoover (2000) dan Miao *et al.* (2011) dan Li *et al.*, 2010). Beberapa peneliti menyatakan bahwa pada permukaan granula terdapat pori-pori yang akan meningkatkan besarnya difusi H_2O dalam interior granula (Hoover, 2000). Dilaporkan oleh Miao *et al.* (2011) bahwa dari SEM granula yang terpecah dapat disimpulkan bahwa granula pati membentuk lubang atau terowongan yang berkembang pada interior granula sebelum mereka terpecah.

Profil Gelatinisasi (RVA)

Hasil pengukuran RVA menunjukkan bahwa viskositas puncak dan viskositas *setback* (viskositas akhir) pati garut alami cukup tinggi dibanding pati jagung sebagai pembanding yaitu 1600 dan 1500 BTU dibanding 500 dan 400 BTU (Gambar 4). Hal itu menunjukkan bahwa kemampuan retrogradasi pati garut lebih tinggi dibanding pati jagung. Sementara pati lintnerisasi baik 2 jam maupun 24 jam ternyata tidak memberikan perubahan viskositas (garis lurus). Hasil ini menunjukkan bahwa pati lintnerisasi mempunyai viskositas yang rendah sehingga berpotensi sebagai bahan matriks enkapsulasi.

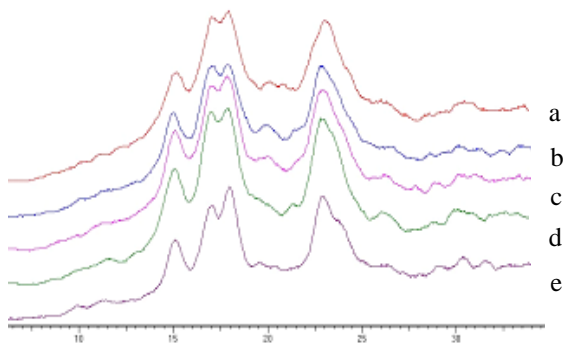
Menurut Palma Rodriguez *et al.* (2012) pati terhidrolisis asam tidak menunjukkan profil *pasting* karena beberapa sebab, antara lain terjadi peluruhan amilosa dari granula, penurunan panjang rantai amilopektin dan peningkatan rantai pendek yang menyebabkan terbentuknya struktur dengan lebih banyak cabang tetapi kemampuan *swelling* menurun. Walaupun perlakuan asam mempertahankan *maltese cross* dan tingkat kristalinitasnya, strukturnya menjadi rentan sehingga tidak mampu membentuk viskositas (sistem *pasting*).



Gambar 4. Profil gelatinisasi pati garut alami dan pati terhidrolisis asam pati garut alami dan pati lintnerisasi 2 dan 24 jam

Pola Kristalinitas Pati dengan XRD

Pati garut alami mempunyai kristalinitas tipe A (Srichuwong *et al.*, 2005; Faridah *et al.*, 2011; John *et al.*, 2002). Tipe ini mempunyai karakteristik puncak 2 teta berada pada 15°C,17°C, 18°C dan 23° C. Perlakuan hidrolisis asam tidak merubah pola kristalinitasnya (Gambar 5), tetapi merubah kristalinitasnya. Kristalinitas pati alami hasil penelitian sebesar 19,39%.



Gambar 5. Pola kristalinitas : (a) 0 jam/pati alami, (b) pati lintnerisasi selama 6 jam, (c) 24 jam, (d) 72 jam dan (e) 120 jam

Perlakuan hidrolisis asam selama 2 jam meningkatkan kristalinitasnya menjadi 26,05% dan meningkat menjadi 34,14%; 39,87%; 42,74% dan 44,79% berturut-turut untuk perlakuan 6, 24, 72 dan 120 jam (Tabel 2). Hal itu sejalan dengan penelitian terdahulu seperti Wang *et al.* (2003) bahwa pati terhidrolisis asam akan sedikit meningkat derajat kristalinitasnya. Peningkatan kristalinitas disebabkan kecenderungan asam untuk menyerang daerah amorf, walaupun Bertoft (2004) menyatakan bahwa hidrolisis asam tidak hanya menyerang bagian amorf tetapi juga daerah kristalin. Peningkatan kristalinitas berkaitan pula dengan kandungan amilosa. Menurut

Jayakody dan Hoover (2002) kristalinitas relatif pati alami meningkat dengan turunnya kadar amilosa. Dalam penelitian juga terlihat bahwa amilosa cenderung menurun dengan makin lamanya hidrolisis (Tabel 2).

Peningkatan % kristalinitas akibat lintnerisasi terjadi karena hidrolisis terutama terjadi pada lamela amorfous dan *background amorphous* (Jenkins dan Donald, 1997). Mekanismenya diterangkan oleh Waigh *et al.* (2000) bahwa degradasi oleh asam meningkatkan kristalinitas, tetapi susunan lamela menurun. Lamela pati terdiri atas 3 komponen: *backbone*, rantai sisi dan heliks ganda. *Debranching* pada rantai sisi dan *backbone* oleh H₃O⁺ merusak heliks amilopektin yang akan meningkatkan kristalinitas.

Tabel 2. Perubahan kristalinitas dan posisi puncak akibat lintnerisasi

| Lama lintnerisasi | Kristalinitas relatif (%) | Posisi puncak pada sudut 2θ (°) |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 0 jam (pati alami) | 23,31 | 17,19; 17,84; 23,21; 15,11 |
| 2 jam | 26,05 | 17,22; 17,91; 22,96; 14,94 |
| 6 jam | 34,14 | 17,12; 17,84; 23,14; 15,08 |
| 24 jam | 39,87 | 17,84; 17,04; 23,15; 15,19 |
| 72 jam | 42,74 | 17,06; 17,82; 23,16; 15,09 |
| 120 jam | 44,79 | 17,39; 18,02; 23,25; 15,14 |

Sifat Fungsional Pati Lintnerisasi

Kelarutan dan Swelling Power

Hasil analisis kelarutan dan *swelling power* (SP) menunjukkan bahwa perlakuan hidrolisis asam secara signifikan meningkatkan kelarutan tetapi menurunkan SP (kemampuan mengembang) (Tabel 3). Pada pati alami kelarutan pada suhu 85°C hanya 45,25% dan meningkat menjadi lebih dari 60% dengan proses hidrolisis asam selama 2 jam. Hal itu disebabkan proses hidrolisis telah merusak granula dan memecah rantai pati menjadi lebih pendek sehingga lebih mudah terlarut. Rantai pati yang lebih

pendek menunjukkan berat molekul yang lebih kecil sehingga meningkatkan kelarutan. Di lain pihak, dengan pendeknya rantai pati, sifat kristalinitas pati meningkat dengan pendeknya rantai meningkat sehingga SP menurun. Hal itu disebabkan pengembangan dihambat oleh kekakuan dari jaringan amilopektin pada daerah kristalin pati (Cairns *et al.*, 1990).

Hasil penelitian sejalan dengan Raja dan Sindhu (2000) kelarutan pati garut alami pada suhu kamar adalah $2,9 \pm 0,14\%$ sedangkan pada suhu 90°C adalah $45,60 \pm 0,36\%$, sedangkan hasil penelitian Radhika dan Moorthy (2008) kelarutan pada suhu gelatinisasi lebih rendah yaitu $28,6 \pm 0,72\%$. Sementara data hasil penelitian memberikan nilai kelarutan $3,50\%$ pada suhu kamar dan $43,04 \pm 2,04\%$ pada 70°C . Menurut Radhika dan Moorthy (2008) kelarutan pati dipengaruhi oleh SP, kekuatan *inter associative*, dan adanya komponen lainnya seperti lipid.

SP semakin menurun dengan semakin lamanya proses lintnerisasi (Gambar 6). Penurunan SP kemungkinan disebabkan terjadinya ikatan H pada bagian luar heliks dengan molekul air sehingga menunda *swelling*. Selain itu ikatan H dalam daerah amorf dan kristalin dapat menurunkan jumlah grup hidroksil yang tersedia untuk berinteraksi dengan air (Hoover dan Manuel, 1996). Menurut Jayakody dan Hoover (2002), kristalinitas yang sangat tinggi atau

sangat rendah dapat menghambat *swelling* granula pati, sedangkan Palma-Rodriguez *et al.* (2012) menyatakan bahwa pada pati terhidrolisis asam dimana amilosa luruh dan rantai pendek amilopektin meningkat akan membentuk struktur lebih bercabang tetapi kemampuan mengembang menurun.

Kapasitas Menyerap Air (WAC) dan Minyak (OAC)

Lintnerisasi menurunkan kecenderungan pati untuk mengabsorb air sehingga kemampuan menyerap air (WAC) menurun (Tabel 4). Rendahnya WAC pada pati terhidrolisis asam kemungkinan disebabkan penurunan area amorf pada granula pati, sehingga akan menurunkan jumlah situs pengikat yang bisa mengikat air pada granula (Lawal, 2004). Hasil penelitian menunjukkan penurunan kemampuan WAC dibanding pati alami. Dari data juga terlihat bahwa kemampuan menyerap minyak (OAC) lebih tinggi daripada kemampuan menyerap air (WAC) dan makin lama lintnerisasi kemampuannya meningkat walau kemudian menurun. Hasil ini agak berbeda dengan pernyataan Das *et al.* (2010) bahwa penurunan daerah amorf akan menurunkan kemampuan menyerap minyak karena penurunan jumlah situs yang bisa mengikat minyak.

Tabel 3. Pengaruh lama lintnerisasi terhadap kelarutan dan *swelling power* pati garut pada suhu kamar dan suhu 70°C

| Lama lintnerisasi | Suhu kamar | | Suhu 70°C | |
|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| | Kelarutan (%) | SP (%) | Kelarutan (%) | SP (%) |
| 0 jam (pati alami) | $3,50 \pm 0,63^a$ | $2,72 \pm 0,15^{ab}$ | $43,04 \pm 2,04^a$ | $32,46 \pm 1,59^d$ |
| 2 jam | $3,87 \pm 0,61^a$ | $2,44 \pm 0,34^{ab}$ | $62,67 \pm 1,59^b$ | $13,20 \pm 1,33^c$ |
| 4 jam | $3,83 \pm 0,12^a$ | $3,03 \pm 0,50^b$ | $64,55 \pm 1,00^b$ | $12,68 \pm 2,02^c$ |
| 6 jam | $5,31 \pm 0,11^b$ | $2,71 \pm 0,73^{ab}$ | $76,14 \pm 1,64^c$ | $10,19 \pm 1,82^b$ |
| 24 jam | $7,41 \pm 0,09^c$ | $2,25 \pm 0,13^{ab}$ | $78,04 \pm 1,88^{cd}$ | $8,16 \pm 1,07^{ab}$ |
| 72 jam | $7,51 \pm 0,12^c$ | $2,13 \pm 0,08^{ab}$ | $79,22 \pm 1,64^d$ | $7,53 \pm 1,01^a$ |
| 120 jam | $8,91 \pm 0,09^d$ | $1,91 \pm 0,38^a$ | $80,46 \pm 0,83^d$ | $6,21 \pm 0,93^a$ |

Tabel 4. Pengaruh lintnerisasi terhadap daya cerna, kemampuan menyerap air (WAC) dan menyerap minyak (OAC)

| Lama lintnerisasi | Daya Cerna (%) | WAC (%) | OAC (%) |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 jam (pati alami) | $74,07 \pm 2,61^b$ | $272,1 \pm 26,4^a$ | $264,6 \pm 37,3^a$ |
| 2 jam | $72,25 \pm 0,49^b$ | $244,0 \pm 18,6^{ab}$ | $378,1 \pm 6,3^{ab}$ |
| 4 jam | $71,16 \pm 0,96^b$ | $248,2 \pm 32,1^{ab}$ | $298,2 \pm 16,7^{ab}$ |
| 6 jam | $70,48 \pm 0,33^{ab}$ | $249,4 \pm 12,1^{ab}$ | $318,2 \pm 59,4^{ab}$ |
| 24 jam | $66,69 \pm 0,11^a$ | $225,7 \pm 10,2^{ab}$ | $369,2 \pm 47,5^{ab}$ |
| 72 jam | $73,83 \pm 3,87^b$ | $212,5 \pm 46,3^{ab}$ | $374,8 \pm 31,0^{ab}$ |
| 120 jam | $74,71 \pm 3,39^b$ | $190,7 \pm 31,8^b$ | $323,76 \pm 72,2^b$ |

Ket. Angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%

Daya Cerna Enzimatis

Daya cerna pati cenderung menurun dengan semakin lamanya proses hidrolisis walaupun setelah 72 jam meningkat kembali seperti terlihat pada Tabel 3. Hal itu berkaitan dengan semakin tingginya kristalinitas pati karena asam menghidrolisis bagian amorf dan menyisakan bagian kristalin sehingga resistensi pati terhadap hidrolisis enzim amilolitik meningkat. Menurut Nagahata *et al.* (2013) daerah kristalin pada pati jagung tinggi amilosa yang dihidrolisis asam selama 24 jam lebih resisten terhadap serangan enzim daripada daerah kristalin pati alaminya, tetapi pada pati yang dihidrolisis asam selama 100 jam, resistensi enzim menjadi lebih rendah. Jiang *et al.* (2010) menyatakan bahwa dilihat dari hasil SEM dimana setelah 24 jam strukturnya masih sama dengan pati alaminya mengindikasikan bahwa hidrolisis asam memperkuat bagian luar granula yang secara alami tersusun rapi sehingga sangat resisten terhadap aktivitas enzim. Sedangkan setelah 72 jam granula sudah terpecah-pecah (Gambar 3). Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian dimana di atas 72 jam daya cerna meningkat kembali. Pendeknya rantai pati akibat degradasi pati selama hidrolisis pada lama yang panjang dan rusaknya granula akibat erosi yang parah oleh asam menyebabkan enzim mudah untuk menghidrolisisnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Proses lintnerisasi menyebabkan perubahan karakteristik pati garut menjadi pati kristalin dengan BM yang lebih rendah, panjang rantai (DP), daya cerna dan kemampuan pengembangan (SP) menurun, tetapi meningkatkan kelarutan, serta kemampuan mengabsorb minyak, dan kristalinitas relatif. Morfologi granula relatif tetap hanya terjadi sedikit kerusakan pada permukaannya, tetapi menjadi terpecah-pecah setelah lintnerisasi di atas 72 jam.

Saran

Disarankan untuk melakukan analisis untuk mengetahui karakteristik yang lain seperti perubahan sifat termal dan melakukan kombinasi modifikasi seperti pregelatinisasi atau asetilasi untuk memperluas aplikasinya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian melalui Program KKP3T Tahun 2012, No Kontrak: 1143/LB.620/I.1/3/2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertoft E. 2004. Lintnerization of two amylose-free starches of A- and B-Crystalline types, respectively. *Starch*. 56(5):167-180.
- Cairns P, Leloup VM, Miles MJ, Ring SG, Morris VJ. 1990. Resistant starch: An X-ray diffraction study into the effect of enzymatic hydrolysis on amylose gels in vitro. *J Cereal Sci*.12: 203–206.
- Das AB, Singh G, Singh S, Riar CS. 2010. Effect of acetylation and dual modification on physico-chemical, rheological and morphological characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas*) starch. *Carbohydr Polym*. 80:725-732.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem*. 28:350-356.
- Faridah DN, Fardiaz D, Andarwulan N, Sunarti TC. 2011. Perubahan struktur pati garut (*Maranta arundinaceae*) sebagai akibat modifikasi hidrolisis asam, pemotongan titik percabangan dan siklus pemanasan-pendinginan. *J Teknol Ind Pangan* XXI(2):135-142.
- Ferrini LMK, Rochaa TS, Demiate IM, Franco CLM. 2008. Effect of acid methano, treatment on the physicochemical and structural characteristics of cassava and maize starch. *Starch/Starke*. 60:417-425.
- Gelders GG, Duyck JP, Goesart H, Delcour JA. 2005. Enzyme and acid resistance of amylose-lipid complexes differing in amylose chain length, lipid and complexation temperature. *Carbohydr Polym*. 60:379-389.
- Gonzalez-Soto RA, Mora-Escobedo R, Hernandez-Sanchez H, Sanchez-Rivera M, Belo-Perez A. 2007. The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranch banana starch. *Rood Res Int*. 40:304-310.
- Gunaratne A dan Corke H. 2007. Influence of prior acid treatment on acetylation of wheat, potato and maize starches. *Food Chem*. 105: 917–925.
- Jayakody L dan Hoover R. 2002. The effect of lintnerization on cereal starch granules. *Food Res Int*. 35:665-680.
- Jenkins PJ dan Donald AM. 1997. The effect of acid hydrolysis on native starch granule structure. *Starch*. 49:262-267.
- Jiang H, Horner HT, Pepper TM, Blanco M, Campbell M, Jane JL. 2010. Formation of elongated starch granules in high-amylose maize. *Carbohydr Polym*. 80:533-538.

- John JK, Raja KCM, Rani S, Moorthy SN, Eliasson A. 2002. Properties of arrowroot starch treated with aqueous HCl at ambient temperature. *J Food Sci.* 67(1):10-14.
- Jyothi AN, Sheriff JT, dan Sajeev. 2009. MS Physical and Functional Properties of Arrowroot Starch Extrudates. *J Food Sci.* 74 (2): E97-104.
- Hoover R. 2000. Acid-treated starches. *Food Rev Int.* 16:369-392.
- Hoover R dan Manuel H. 1996. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of legume starches. *Food Res Int.* 29:731-750.
- Kim JY dan Lim ST. 2009. Preparation of nano-sized starch particles by complex formation with n-butanol. *Carbohydr Polym.* 76:110-11
- Lawal OS. 2004. Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chem.* 87: 205–218.
- Leach HW, Mc.Cowen LD, dan Schoch TJ. 1959. Swelling power and solubility of granular starches. *Cereal Chem.* 36:534-544.
- Li X, Gao W, Wang J, Jiang Q, Huang L. 2010. Comparison of the morphological, crystalline, and thermal properties of different crystalline types of starches after acid hydrolysis. *Starch/Stärke* 62:686–696.
- Miao M, Jiang B, Zhang T, Jin Z, Mu W. 2011. Impact of mild acid hydrolysis on structure and digestion properties of waxy maize starch. *Food Chem.* 126:506-513.
- Moorthy SN. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch/Stärke* 54:559–94.
- Murua PB, Beristain GCI, dan Martinez BF. 2009. Preparation of starch derivatives using reactive extrusion and evaluation of modified starches as shell materials for encapsulation of flavoring agents by spray drying. *J Food Eng.* 91:380-386.
- Nagahata Y, Kobayashi I, Goto M, Nakaura Y, Inouchi Y. 2013. The formation of resistant starch during acid hydrolysis of high-amylose corn starch. *J Appl Glycosci.* 60:123-130.
- Palma RHM, Agama AE, Mendez MG, Gonzalez SRA, Vernon CE, Bello PLA. 2012. Effect of acid treatment on the physicochemical and structural characteristics of starches from different botanical sources. *Starch/Stärke.* 64:115–125.
- Perez CM dan Juliano BO. 1978. Modification of the simplified amylose test for milled rice. *Starch.* 30: 424-426.
- Radhika GS dan Moorthy SN. 2008. Improvement of functional properties of arrowroot starch by complexing with lipids from sunflower seeds. *J Root Crops.* 4(1):54-60.
- Raja MKC dan Sindhu P. 2000. Properties of Steam-Treated Arrowroot (*Maranta arundinacea*) Starch. *Starch/Stärke.* 52 (2000): 471–476.
- Richana N, Lestari NC dan Widowati S. 2000. Karakterisasi bahan berpati tapioka, garut, dan sagu) dan pemanfaatannya menjadi glukosa cair. Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan, Surabaya, 10-11 Oktober, 2000.
- Saibene D dan Seetharaman K. 2010. Amylose involvement in the amylopectin clusters of potato starch granules. *Carbohydr Polym.* 82:376-383.
- Spence KE dan Jane J. 1999. Chemical and physical properties of ginkgo (*Ginkgo biloba*) starch. *Carbohydr Polym.* 40:261-269.
- Srichuwong S, Isono N, Mishima T, Hisamatsu M. 2005a. Structure of lintnerized starch is related to X-ray diffraction pattern and susceptibility to acid and enzyme hydrolysis of starch granules. *Int J Biol Macromol.* 37:115–121.
- Srichuwong S, Sunarti TC, Mishima T, Isono N, Hisamatsu M. 2005b. Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydr Polym.* 62:25-34.
- Takeda Y, Guan HP, dan Preiss J. 1993. Branching of amylose by the branching isoenzymes of maize endosperm. *Carbohydr Res.* 240:253-163.
- Wang YJ, Truong VD, dan Wanga LF. 2003. Structures and rheological properties of corn starch as affected by acid hydrolysis. *Carbohydr Polym.* 52:327–333.
- Waigh TA, Kato IS, Gidley MJ, Clarck CJ, Riekkel C. 2000. Side chain liquid crystalline model for starch. *Starch.* 52:450-460.
- Wurzburg OB. 1989 “*Converted Starches*” In: *Modified Starches: Properties And Uses*, Wurzburg OB. (Ed.). Boca Raton. Florida: CRC Press Inc.
- Yamashita M, Taniguchi H, Onogi S, Hisamatsu M. 2004. Analysis of amylose chain length forming complexes with lyso phosphatidil choline. *Appl Glycosci.* 51:54-58.