

Karakterisasi Sifat Kimia-Fisika Pati Sagu Resisten

Wiwit Sri Werdi Pratiwi¹, Dr. Anil Kumar Anal², Prof. Surya Rosa Putra³

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia^{1,3}

wiwit.swiper@gmail.com

Asian Institute of Technology, Pathumthani, Thailand^{1,2}

Abstrak

Pati sagu adalah salah satu jenis pati yang tinggi kandungan amilosa dan amilopektin. Indonesia merupakan salah satu pusat distributor terbesar pati sagu. Sifat dasar pati yang mudah tergelatinisasi membuat penggunaan pati sagu sangat terbatas dalam produksi makanan. Dalam penelitian ini, pati sagu resisten diproduksi dengan menggunakan variasi konsentrasi asam sitrat diikuti metode autoklaf serta diukur nilai pati resisten (RS). Karakterisasi pati resisten dibandingkan dengan pati sagu murni, hidrolisis pati sagu dengan air distilasi (DW) serta hidrolisis pati dengan hanya menggunakan asam sitrat tanpa diikuti metode autoklaf. Variasi waktu tidak mempengaruhi produksi RS, tetapi variasi konsentrasi asam sitrat mempengaruhi nilai RS. Karakterisasi dari RS dibandingkan dengan pati sagu murni, dan sagu modifikasi lainnya. Kandungan amilosa menurun setelah hidrolisis DW dan hidrolisis asam, tetapi meningkat saat hidrolisis asam diikuti proses autoklaf. Kandungan lemak dan protein menurun setelah proses hidrolisis tetapi kandungan serat meningkat, dan nilai serat tertinggi saat menggunakan metode autoklaf. Sampel RS memiliki struktur paling padat saat diukur dengan SEM. Nilai absorbansi spektra UV menurun setelah hidrolisis asam dan meningkat setelah dihidrolisis oleh DW dan menggunakan proses autoklaf. Viskositas, daya kembang dan daya ikat air menurun dibandingkan pati sagu asli dan nilai terendah didapat saat menggunakan metode autoklaf.

Kata kunci: pati sagu, hidrolisis oleh asam-autoklaf, nilai pati resisten (RS)

1. Background

Di Asia, sagu telah dianggap sebagai bahan makanan pokok, dimana produksinya setiap tahun mencapai 60 juta ton (Singhal *et al.*, 2008; Ahmad *et al.*, 1999). Seperti sifat pati pada umumnya, pati sagu memiliki nilai viskositas yang tinggi, tidak stabil pada suhu tinggi dan mudah tergelatinisasi. Struktur pati sagu rusak dalam suhu tinggi serta mengalami retrogradasi (Karim *et al.*, 2008). Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas pati sagu, maka pati sagu membutuhkan modifikasi terutama untuk diaplikasikan dalam produksi makanan.

Pati resisten (RS, *resistant starch*) adalah salah satu metode untuk meningkatkan kualitas pati. RS tahan terhadap hidrolisis oleh α -amilase. Fraksi RS tidak bisa dihidrolisis di usus halus, tetapi difermentasi di usus besar oleh bakteri baik. Hasil fermentasi tersebut adalah asam lemak berantai pendek yang dapat meningkatkan metabolisme lemak dan kolesterol.

RS diklasifikasikan dalam 4 tipe, RS₁ (pati yang terdapat di dalam sel matrik), RS₂ (pati natural yang tidak dimodifikasi, pati tersebut dapat membentuk kristal sehingga sulit untuk dihidrolisis), RS₃ (pati yang telah mengalami retrogradasi, terbentuk setelah proses modifikasi), RS₄ (pati modifikasi secara kimiawi) (Shamai, K *et al.*, 2003; Aparicio *et al.*,

2005). Dewasa ini, RS₃ merupakan salah satu penelitian yang menarik bagi para ilmuwan khususnya untuk diterapkan dalam produksi makanan, karena RS₃ memiliki kestabilan dalam suhu tinggi, serta kaya akan nutrisi. RS₃ dihasilkan dari proses kombinasi antara gelatinisasi dan retrogradasi.

Hidrolisis asam merupakan salah satu cara untuk memproduksi RS₃. Metode ini dapat meningkatkan kekristalan dari struktur pati sehingga nantinya sulit untuk dihidrolisis oleh enzim. Selain itu, penelitian Aparicio (2005) menunjukkan bahwa pati resisten yang dibuat dari hidrolisis asam serta diikuti proses autoklaf mengandung karbohidrat yang tidak mudah dicerna. Hal ini mengindikasikan bahwa metode tersebut dapat dikembangkan dalam produksi makanan. Produksi RS₃ dipengaruhi beberapa faktor, konsentrasi asam, waktu hidrolisis dan temperatur (Onyango *et al.*, 2006; Koksel *et al.*, 2007; Zhao and Lin, 2009).

Beberapa penelitian dalam proses hidrolisis asam biasanya menggunakan asam klorida dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Padahal diketahui bahwa asam klorida bersifat racun, apalagi jika diaplikasikan dalam industri makanan. Zhao dan Yang (2009) menyarankan dalam proses hidrolisis untuk produksi RS₃ dapat menggunakan asam sitrat. Retrogradasi pati jagung menggunakan asam sitrat pada suhu

ruang dapat meningkatkan nilai RS. Pada penelitian ini, optimalisasi pati sagu resisten dilakukan serta membandingkan sifat kimia-fisiknya dengan pati sagu asli, hidrolisis pati dengan air destilasi dan hidrolisis pati dengan asam sitrat tanpa menggunakan metode autoklaf.

2. Metodologi

2.1 Hidrolisis pati oleh Asam

Metode ini berdasarkan Koksel *et al.*, (2007) dengan modifikasi. Pati sagu di reaksikan dengan larutan asam sitrat 1N; 1.5N dan 2N (1: 1.5 (w/v). Campuran dipanaskan pada suhu 60°C dengan menggunakan variasi waktu (3 jam; 6 jam and 12 jam), kemudian sample dinetralsasi dengan NaOH 10% dan juga menggunakan air destilasi. Sample dikeringkan pada suhu 40°C selama 2 hari, didinginkan dan digiling hingga berbentuk serbuk berukuran partikel 100 mesh. Sampel disimpan dalam desikator untuk digunakan pada proses selanjutnya.

2.2 Hidrolisis Pati dengan Air destilasi

Metode ini berdasarkan Zhao dan Lin (2009) dengan modifikasi. Pati (10 g) dicampur dengan air destilasi 40 ml dan diautoklaf pada suhu 121°C selama 1 jam, kemudian dikeringkan pada suhu 40°C selama 2 hari, didinginkan dan dihaluskan sehingga berbentuk serbuk berukuran partikel 100 mesh. Sampel disimpan dalam desikator.

2.3 Persiapan Pati Sagu Resisten

Sampel dari hidrolisis oleh asam sitrat ditambahkan air (1:10 w/w) dan di gelatinisasi pada suhu 85° C for 30 min. Sampel diautoklaf pada suhu 135°C selama 30 menit, didinginkan pada suhu 4°C selama 24 jam. Perlakuan autoklaf-pendinginan dilakukan 3 kali dengan menggunakan suhu dan waktu yang sama. Setelah proses tersebut sampel dikeringkan pada suhu 50°C, didinginkan pada suhu ruang dan dihaluskan hingga mendapatkan partikel ukuran 100 mesh.

2.4 Analisis Pati Sagu Resisten

Analisis pati resisten berdasarkan metode McCleary and Monaghan (2002) dengan modifikasi. Sampel (100 mg) diletakkan d botol sentrifus 50 ml. Buffer sodium maleat 1 M (pH 6.0) yang mengandung enzim pancreatic α -amylase (10 mg/mL) and amyloglucosidase (3 U/mL) ditambahkan. Botol tersebut ditutup rapat dan di vortex agar tercampur dengan baik. Sample di inkubasi dalam *shaking water bath* pada suhu 37°C selama 16 h. Reaksi dihentikan dengan penambahan etanol (99%), dan disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Supernatan dipisahkan, sedangkan biomassa ditambahkan dengan 8 ml etanol (50% v/v), diaduk rata dan disentrifuse lagi.

Berikutnya, kadar pati resisten diukur dengan penambahan 2 ml KOH 2 M dan campuran buffer sodium acetate 1.2 M (pH 3.8) yang mengandung amyloglucosidase (3000 U/ml). Campuran tersebut diinkubasi pada suhu 50° C dalam *shaking water bath* 100 rpm selama 30 menit. Kandungan glukosa ditentukan dengan metode oksidasi glukosa (Bergmeyer and Bernt, 1974). Sampel ditambahkan glukosa oksidase peroksidase yang mengandung reagen o-dianisidine kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Asam sulfat 12 N ditambahkan 2 ml untuk menghentikan reaksi. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada $\lambda= 540$ nm.

2.5 Analisis Kandungan Amilosa

Sampel (100 mg) diletakkan daam labu ukur 100 ml, ditambahkan etanol 95% and NaOH 1 N sebanyak 1 ml and 9 ml berturut-turut. Campuran dipanaskan selama 10 menit pada suhu 100° C, didinginkan dan ditambahkan air destilasi hingga batas. Dari sampel tersebut, diambil 5 ml dan dimasukkan ke dalam labu lainnya. Dalam labu tersebut ditambahkan asam asetat 1N sebanyak 1 ml, serta larutan iodine sebanyak 2 ml, ditambahkan pula air destilasi hingga batas, ditunggu 20 menit dan absorbansi diukur pada λ 620 nm dengan spektrofotometer (Juliano, 1971).

2.6 Analisis Kadar Serat

Sampel 2 g diletakkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 200 ml H₂SO₄ panas, kemudian dipanaskan pada suhu 100° C selama 30 menit, disaring dan residu dipisahkan dan dicampur dengan 200 ml NaOH 1.25%, dipanaskan kembali pada suhu 100° C selama 30 menit. Setelah dingin, residu dipisahkan dan dicuci dengan air panas dan etanol 95%. Residu dikeringkan, ditimbng dan dibakar pada suhu 400°C, ditimbang kembali.

Kadar serat=(berat yang hilang/berat awal) x 100
(AOAC, 2002).

2.7 Kelembapan

Sampel 5 g diletakkan dalam cawan petri yang telah diketahui beratnya, kemudian dioven pada suhu 110° C selama 3 jam. Sampel didinginkan di desikator dan di timbang ulang, kemudian dioven lagi pada suhu 110°C selama 30 menit hingga konstant (AOAC, 2004).

Kadar kelembapan = [(berat awal sampel- berat akhir)/berat awal] x 100

2.8 Kadar Protein

Kadar protein ditentukan dengan metode Kjeldahl. Sampel 0.5 g diletakkan dalam tabung *digestion*, ditambahkan H₂SO₄ pekat dan katalis

(CuSO₄: K₂SO₄, 0.5: 1 w/w) sebanyak 10 ml and 1 g, berturut-turut. Berikutnya, dimasukkan ke dalam sistem *digestion* diatur pada suhu 420° C selama 1 jam untuk melepas nitrogen dan membentuk ammonium sulfat. Air destilasi dan NaOH 40% ditambahkan 10 ml and 85 ml berturut-turut kedalam tabung. Kemudian dilakukan proses destilasi, hasil destilasi pada sistem akan diperoleh sekitar 25 ml, ditambahkan asam boric 4% dan campuran indikator *bromocresol green* 0.1% (w/v) dan metil merah 0.1% (w/v). Sampel di titrasi menggunakan HCl 0.1N hingga berubah warna (AOAC, 2002).

$$\text{Total Nitrogen} = \left[\frac{\text{volume titrasi} \times \text{N HCl} \times 14}{\text{berat sample}} \right] \times 100$$

$$\text{Kadar protein} = \% \text{ total N} \times 6.25$$

2.9 Kadar Lemak

Sampel 2 g diekstrak dengan petroleum eter 60 ml, dimana pelarut tersebut diletakkan kedalam gelas yang sudah diketahui beratnya, kemudian di evaporasi pada suhu 110° C selama 30 menit untuk proses pencelupan dalam sistem (menggunakan *Soxtec System, Model HT6, Tecator, Sweden*), 30 menit berikutnya untuk proses pencucian, dan 60 menit berikutnya untuk proses waktu pemulihan. Hasil dari proses tersebut dikeringkan pada suhu 100°C, didinginkan dan ditimbang ulang

$$\text{Crude fat} = \left[\frac{\text{berat gelas setelah ekstraksi} - \text{berat gelas awal}}{\text{berat sample}} \right] \times 100$$

2.10 Kadar Abu

Sampel 5 g diletakkan dalam cawan silica yang sudah diketahui beratnya, kemudian dibakar pada suhu 600°C selama 3 jam. Setelah proses pembakaran, cawan yang berisi sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang ulang.

$$\text{Kadar Abu} = \left(\frac{\text{berat residu setelah pembakaran}}{\text{berat sampel}} \right) \times 100$$

2.11 Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat diukur dari total (100) minus kadar protein, lemak, abu dan serat.

$$\text{Karbohidrat} = 100 - (\text{kadar serat} + \text{protein} + \text{lemak} + \text{abu})$$

2.12 Pasting Properties

Pasting properties diukur dengan *Rapid visco analyzer (RVA) model 4, Newport Scientific Pvt., Ltd Australia*. Sampel 2.5 g diletakkan dalam wadah dan ditambah 25 ml air destilasi. Sampel dijaga pada suhu 50°C selama 1 menit,

kemudian suhu dinaikkan hingga mencapai 95°C selama 3.2 menit, dan diturunkan kembali pada suhu 50°C. Sampel dicampur dan dihomogenkan dengan kecepatan 960 rpm selama 10 detik pada proses awal, dan diturunkan menjadi 160 rpm hingga proses berakhir.

2.13 Daya Kembang dan Kelarutan

Daya kembang dan kelarutan di analisis berdasarkan metode Konik *et al.*, (1993). Sampel 1 g diletakkan dalam botol sentrifuse, ditambahkan 50 ml air destilasi, kemudian dipanaskan dalam *shaking water bath* dengan menggunakan variasi suhu (60-95° C) selama 30 menit. Sample didinginkan dan di sentrifuse pada kecepatan 300 rpm selama 15 menit. Supernatan dikeringkan pada suhu 105° C selama 5 jam. Kelarutan dari sampel dapat dihitung, sedangkan untuk daya kembang, sampel basah (sedimen) di timbang.

$$\text{Kelarutan (\%)} = \left(\frac{\text{berat kering sample dalam supernatant setelah proses}}{\text{berat kering sample}} \right) \times 100$$

$$\text{Daya kembang (\%)} = \left(\frac{\text{berat residu basah}}{\text{berat kering sample}} \right) \times 100$$

2.14 Daya Ikat Air

Sampel 1 g diletakkan kedalam botol sentrifuse, ditambah 50 ml air destilasi, dipanaskan dalam *shaking water bath* dengan variasi suhu (40-90° C) selama 30 menit. Sampel didinginkan dan disentrifuse dengan kecepatan 300 rpm selama 20 menit. Supernatan di pisah, dan sedimen di timbang, dikeringkan, dan di timbang kembali.

$$\text{Daya ikat air} = \left[\frac{\text{berat residu basah} - \text{berat residu kering}}{\text{berat residu kering}} \right] \times 10$$

2.15 Analisis spektra UV/visibel

Sampel 1 g diletakkan dalam erlenmeyer dan di tambah 50 ml air destilasi, kemudian dipanaskan dengan *shaking water bath* pada suhu 95°C selama 30 menit, didinginkan pada suhu ruang. Pati yang sudah tergelatinisasi diambil 10 ml dan diletakkan dalam Erlenmeyer, ditambah 25 ml air destilasi dan dinetralkan dengan HCl 0.1 M hingga pH 3. Suspensi dicampur dengan 100 ml air destilasi dan ditambah 0.5 ml larutan iodine campuran KI (2% (w/w) dan I₂ (0.2% (w/w)). Absorbansi diukur pada λ 190-900 nm dengan spektrofotometer UV (Xin *et al.*, 2012).

2.16 Scanning Electron Microscopy

Partikel sampel di sebarakan kedalam permukaan logam dengan *double tape*, diletakkan kedalam ruang vakum. Sampel di analisis menggunakan SEM (S-3400N HITACHI) dengan voltase 20 kV

2.17 Analisis Statistika

Semua sampel diulang sebanyak 3 kali, serta digunakan rata-rata ± standard deviasi. Analisis statistika ini menggunakan metode ANOVA

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kandungan Pati Resisten

Kandungan pati resisten (RS) dari sampel hidrolisis oleh asam dan hidrolisis oleh asam, diikuti metode autoklaf-pendinginan ditunjukkan pada Table 1. Pada penelitian ini, variasi waktu hidrolisis tidak mempengaruhi kandungan RS, tetapi kandungan RS dipengaruhi oleh variasi konsentrasi asam sitrat. Kandungan RS terbesar terdapat pada sampel saat dihidrolisis oleh asam sitrat 2N. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi asam klorida untuk hidrolisis pati yang diikuti proses autoklaf meningkatkan kadar RS (Zhao et al., 2009; Nasrin et al., 2014). Penggunaan asam sitrat dalam penelitian ini bereaksi dengan pati sagu dan menghasilkan pati modifikasi yang menguatkan struktur pati sagu, sehingga meningkatkan nilai RS. Sebaliknya, kandungan RS sangat kecil ketika hanya dilakukan proses hidrolisis asam tanpa menggunakan proses autoklaf-pendinginan. Hidrolisis asam memecah struktur amilopektin dan menghasilkan rantai pendek yang menyebabkan gerakan molekul semakin bebas. Ketika dilakukan proses autoklaf-pendinginan, rantai pendek tersebut tersusun kembali dan mengkristal serta distabilkan dengan ikatan hidrogen antar rantai sehingga menghasilkan struktur yang lebih padat dan rapat. Sedangkan jika dilakukan proses hidrolisis asam tanpa proses autoklaf-pendinginan, produk pati resisten tidak akan terbentuk, Oleh karena itu menghasilkan kandungan RS yang sangat kecil.

Tabel 1. Kandungan RS dari pati sagu hidrolisis oleh asam, dan pati sagu hidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf.

Waktu hidrolisis (h)	Konsentrasi asam (N)	Kadar RS (%)	
		Hidrolisis oleh asam diikuti autoklaf	Hidrolisis oleh asam
3	1	35.49 ± 0.003	1.24 ± 0.001
	1.5	40.32 ± 0.002	1.24 ± 0.003
	2	40.32 ± 0.002	1.54 ± 0.001
6	1	34.71 ± 0.001	1.24 ± 0.003
	1.5	34.71 ± 0.003	0.96 ± 0.004
	2	40.32 ± 0.001	1.55 ± 0.001
12	1	35.49 ± 0.001	1.10 ± 0.002
	1.5	38.68 ± 0.004	0.72 ± 0.002
	2	40.32 ± 0.001	1.10 ± 0.004

Data adalah rata-rata dan standard deviasi yang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

3.2 Komposisi Kimia

Komposisi kimia yang meliputi kandungan amyloza, kadar serat, kelembapan, protein, lemak, abu dan karbohidrat baik dari sampel hidrolisis pati sagu oleh asam, dan sampel hidrolisis pati sagu oleh asam yang diikuti metode autoklaf-pendinginan dibandingkan komposisi kimianya dengan pati sagu dan pati sagu yang telah dihidrolisis oleh air destilasi. Tabel 2 menunjukkan perbandingan komposisi kimia antara sampel. Kadar amilosa dari pati sagu sebesar 41.14%. Nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan penelitian yang dilakukan Ahmad (1999) yaitu sekitar 24-31%. Kadar amilosa paling tinggi yaitu di dapat dari sampel pati sagu yang dihidrolisis dengan asam yang diikuti metode autoklaf. Hidrolisis pati sagu dengan air destilasi memiliki kadar amylose paling rendah. Sandhu, Singh and Lim (2007) melaporkan penurunan kadar amilosa pati jagung dari 16.9 % menjadi 13.3 % setelah dihidrolisis oleh asam. Atichokudomchai et al., (2000) menjelaskan bahwa penurunan kadar amilosa selama hidrolisis asam yaitu disebabkan asam menyerang daerah amorf dimana amilosa berada.

Pati sagu memiliki kadar protein dan lemak tertinggi. Hidrolisis oleh asam menyebabkan kadar protein dan lemak menurun secara drastis. Bahkan setelah proses autoklaf-pendinginan, kadar protein dan lemak juga menurun. Hal ini dikarenakan proses panas yang digunakan dalam perlakuan tersebut dapat merusak protein dan juga dapat melarutkan lemak. Kadar serat tertinggi terdapat pada sampel yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf-pendinginan. Kadar kelembapan dan kadar abu pada sampel pati sagu menunjukkan kadar yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ahmad (1999). Kadar kelembapan yaitu sekitar 12% pada suhu ruang. Sampel pati sagu yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf-pendinginan memiliki kelembapan terendah yaitu 8.33%. Hal ini dapat dikorelasikan dengan kepadatan struktur yang dimiliki sampel tersebut (lihat 3.3 analisis mikrostruktur)

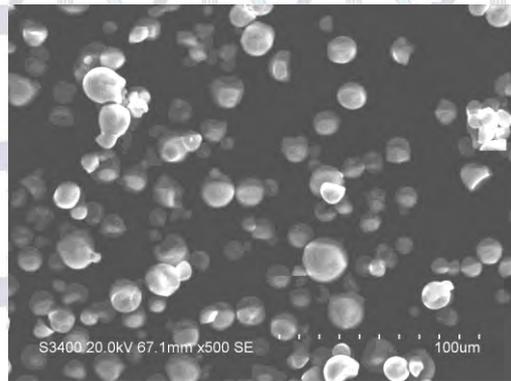
Tabel 2. Komposisi kimia dari pati sagu, pati sagu yang dihidrolisis oleh air destilasi, pati sagu yang dihidrolisis oleh asam dan pati sagu yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf

Komposisi kimia	Pati Sagu (%)	Pati hidrolisis oleh air destilasi (%)	Pati hidrolisis oleh asam (%)	Pati hidrolisis oleh asam + autoklaf (%)
Amylose	41.14 ± 0.006	30.14 ± 0.001	36.52 ± 0.001	57.20 ± 0.006
Moisture	12.73 ± 0.006	11.13 ± 0.02	9.73 ± 0.01	8.33 ± 0.1
Crbohydrate	97.33 ± 0.02	95.22 ± 0.001	97.31 ± 0.006	96.22 ± 0.03
Protein	0.58 ± 0.06	0.35 ± 0.001	0.26 ± 0.001	0.15 ± 0.06
Fat	1.67 ± 0.006	1.0 ± 0.000	0.83 ± 0.006	0.50 ± 0.000
Ash	0.36 ± 0.000	1.44 ± 0.001	0.45 ± 0.002	0.32 ± 0.001
Crude fiber	0.06 ± 0.005	1.99 ± 0.04	1.15 ± 0.02	2.5 ± 0.04

1. Data adalah rata-rata dan standard deviasi yang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.
2. Sampel kering
3. Produksi pati sagu hidrolisis oleh asam sitrat 2N selama 12 jam
4. Produksi pati sagu hidrolisis oleh asam sitrat 2N selama 12 jam dan diautoklaf pada suhu 135°C selama 30 menit, dan dilakukan pendinginan pada suhu 4°C. Proses autoklaf-pendinginan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan suhu dan waktu yang sama.

3.3 Analisis Mikrostruktur

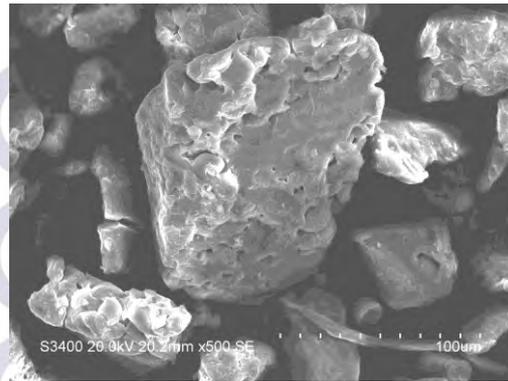
Mikrostruktur sampel yang dianalisis menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 1-4. Struktur dari sampel pati sagu ditemukan berbentuk oval. Dari Gambar 1 dapat dilihat juga bahwa pati sagu memiliki ukuran granula terkecil. Pada Gambar 2-4 granula pati sagu telah kehilangan struktur awal. Struktur dari sampel hidrolisis oleh asam memiliki daerah amorf yang paling besar. Sedangkan jika diamati pada Gambar 4, yaitu sampel hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan memiliki struktur paling rapat, padat dan kaku. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel tersebut mengalami kristalisasi setelah dilakukan proses gelatinisasi dan terrogradasi berturut-turut.



Gambar 1. Mikrostruktur pati sagu



Gambar 2. Mikrostruktur pati modifikasi (dihidrolisis oleh air destilasi)



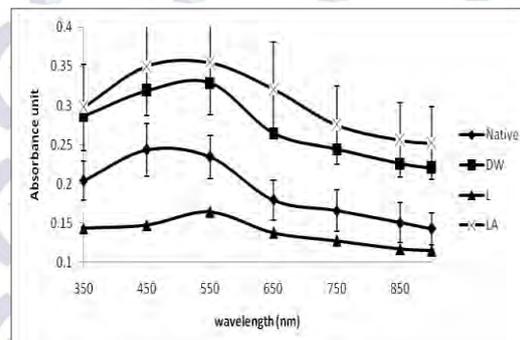
Gambar 3. Mikrostruktur pati modifikasi (dihidrolisis oleh asam)



Gambar 4. Mikrostruktur pati modifikasi (dihidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf)

3.4 Analisis spectra UV/visibel

Spektra UV/visible menunjukkan kompleks antara amilosa dan iodine pada panjang gelombang 550-600 nm. Gambar 5 menunjukkan adanya perbedaan nilai absorpsi antara pati sagu dengan pati yang dihidrolisis oleh air destilasi, pati yang dihidrolisis oleh asam, dan pati yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti oleh proses autoklaf-pendinginan. Nilai absorpsi tertinggi yaitu pada sampel hidrolisis oleh asam yang diikuti metode autoklaf-pendinginan, sedangkan absorpsi terendah yaitu sampel yang hanya dihidrolisis oleh asam. Nasrin dan Anal (2014) melaporkan bahwa intensitas puncak absorpsi dari hidrolisis pati pisang oleh asam memiliki nilai terendah.



Gambar 5. Spektra UV/visibel dari pati sagu (native), pati hidrolisis oleh air destilasi (DW), pati hidrolisis oleh asam (L) dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti oleh autoklaf (LA)

3.5 Pasting Properties

Pasting properties menunjukkan sifat viskositas dan sifat gel dari masing-masing sampel. *Pasting properties* dari pati sagu, pati hidrolisis oleh air destilasi, pati hidrolisis oleh asam dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan ditunjukkan pada Tabel 3. Sifat ini dianalisis menggunakan *Rapid Visco Analyzer (RVA)*. Semua viskositas (kecuali *peak time* dan *pasting temperature*) dari pati modifikasi menunjukkan nilai viskositas yang rendah dibandingkan pati sagu. Hal ini mengindikasikan bahwa sifat gel dari pati sagu berkurang setelah proses modifikasi baik hidrolisis oleh air destilasi, ataupun asam dan hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan. *Pasting temperature* (°C) dari pati hidrolisis oleh air destilasi menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan pati sagu, sedangkan nilai *pasting temperature* (°C) dari sampel pati hidrolisis oleh asam dan hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan tidak terdeteksi. Nilai tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Nasrin (2014), dimana ketika pati pisang dihidrolisis oleh asam klorida 1N menunjukkan *pasting temperature* sebesar 87.5°C, tetapi ketika digunakan konsentrasi asam klorida 1.5 N dan 2N nilai *pasting temperature* tidak terdeteksi. Hidrolisis asam dapat menyebabkan mereduksinya berat molekul dari pati sehingga viskositas berkurang secara signifikan (Wang L., 2001). *Setback value* dari sample pati hidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf-pendinginan menunjukkan nilai terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa sampel tersebut paling besar mengalami proses retrogradasi, sedangkan *through viscosity* menunjukkan pengukuran viskositas terendah dari pasta pati untuk mempertahankan strukturnya selama proses pendinginan.

Table 3. *Pasting properties* dari pati sagu, pati hidrolisis oleh air destilasi, pati hidrolisis oleh asam dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti oleh autoklaf-pendinginan

Sifat	Sampel			
	Native	DW	L	LA
Peak viscosity (RVU)	403.03±34.95	75.00±7.32	23.33±5.46	15.25±3.44
Through (RVU)	146.17±5.48	42.89±1.69	22.17±5.08	11.19±1.48
Break down viscosity (RVU)	256.86±35.44	32.11±5.71	1.17±0.38	4.05±4.79
Final viscosity (RVU)	199.72±8.07	50.28±3.39	29.39±5.92	13.22±1.72
Setback viscosity (RVU)	53.56±5.58	7.39±1.92	7.22±1.71	2.03±0.43
Peak time (min)	3.49±0.14	4.62±0.17	6.71±0.08	4.46±2.91
Pasting temperature (°C)	50.57±0.39	68.92±3.08	ND	ND

Data adalah rata-rata dan standard deviasi yang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan.

Native = pati sagu; DW = pati hidrolisis oleh air destilasi; L= pati hidrolisis oleh asam; LA = pati hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan.

3.6 Kelarutan

Gambar 6 menunjukkan kelarutan dari pati sagu, pati hidrolisis oleh air destilasi, pati hidrolisis oleh asam dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti metode autoklaf-pendinginan. Kelarutan dari sampel yang dihidrolisis oleh asam meningkat secara drastis dibandingkan sampel lainnya. Nasrin *et al.*, (2014) melaporkan bahwa kelarutan meningkat ketika pati pisang dihidrolisis oleh asam klorida 2N dibandingkan menggunakan asam klorida 1N dan 1.5 N. Nilai kelarutan sampel pati hidrolisis asam yang diikuti metode autoklaf-pendinginan pada suhu 95°C adalah sebesar 52.67%, dimana nilai tersebut hampir sama dengan pati sagu 52.00%. Nilai tersebut berbeda dengan penelitian yang dilakukan Nasrin (2014) dan Aparicio (2005) bahwa sampel pati pisang yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti metode autoklaf memiliki nilai kelarutan lebih kecil dibandingkan pati banana. Sedangkan Ozturk *et al.*, (2011) melaporkan bahwa kelarutan dari sampel pati jangung, Hylon V dan Hylon VII yang dihidrolisis dengan asam dan diautoklaf menunjukkan kelarutan yang lebih besar dibandingkan pati asli dan pati yang hanya dihidrolisis oleh asam. Hasil kelarutan dari penelitian ini dapat dihubungkan dengan pengaruh kompleks amilosa-lemak dan kompleks amilosa-protein. Dimana pada penelitian ini, kadar protein dan lemak pada pati sagu lebih tinggi dari pada pati modifikasi. Hal ini dikarenakan bahwa lemak dan protein yang mengomplek dengan amylosa dapat menurunkan kelarutan sehingga memberikan nilai kelarutan yang hampir sama dengan pati yang dihidrolisis dengan asam diikuti metode autoklaf.

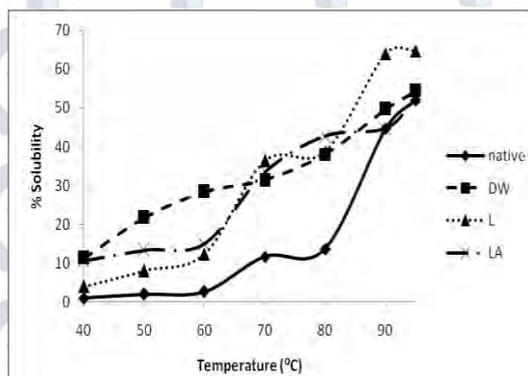


Figure 6. Kelarutan dari pati sagu (*native*), pati hidrolisis oleh air destilasi (DW), pati hidrolisis oleh asam (L) dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti oleh autoklaf (LA)

3.7 Daya Kembang

Daya kembang mengindikasikan bahwa adanya interaksi berlebih pada daerah amorf and daerah kristal dari granula pati. Daya kembang juga berhubungan dengan kelarutan, dan tidak hanya dipengaruhi oleh kompleks amilosa-protein dan kompleks amilosa-lemak tetapi juga dipengaruhi

oleh rasio amilosa-amilopektin, derajat percabangan, panjang rantai cabang dan konfigurasi struktur antar molekul (Ratnayake *et al.*, 2002 and Han *et al.*, 2002). Selama proses pengembangan, ganula pati mendapatkan energi panas yang menyebabkan kehilangan ikatan intra granula, sehingga dapat menyerap air. Granula pati yang memiliki berat molekul amilosa rendah akan lebih mudah larut dan melepaskan granula pada mediana. Dengan proses penggoyangan (*shanking*), hal tersebut mempercepat pecahnya ikatan antar granula sehingga menyebabkan pengembangan yang berlebih (Nasrin *et al.*, 2014).

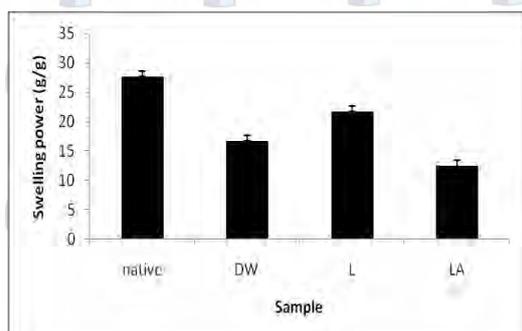


Figure 7. Daya kembang dari pati sagu (*native*), pati hidrolisis oleh air destilasi (DW), pati hidrolisis oleh asam (L) dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti oleh autoklaf (LA)

Dari Gambar 7, nilai terendah daya kembang pada suhu 95°C adalah sampel hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan (12.37%) sedangkan nilai tertinggi daya kembang pada suhu yang sama adalah pati sagu (27.62%). Daya kembang dari pati hidrolisis asam adalah 27.71% dan untuk pati yang dihidrolisis oleh air destilasi mencapai 16.69%. Secara teori bahwa sampel pati yang dihidrolisis asam dan diikuti proses autoklaf menunjukkan daya kembang terendah dibandingkan pati murni ataupun pati yang hanya dihidrolisis oleh asam. Aparicio *et al.*, (2005) and Nasrin *et al.*, (2014) juga menunjukkan bahwa daya kembang dari pati hidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf-pendinginan memiliki nilai terendah dibandingkan pati murni ato pati yang hanya dihidrolisis oleh asam.

3.8 Daya Ikat Air

Daya ikat air menunjukkan kemampuan pati mempertahankan kelembapan asalnya walaupun penggunaan panas juga diterapkan. Rodriguez *et al.*, (2008) menunjukkan bahwa daya ikat air terbesar dipengaruhi oleh granula pati, kadar serat, protein, dan kadar amilosa dalam sampel pati. Daya ikat air pada variasi suhu (40°C-90°C) dari pati sagu, pati hidrolisis oleh air destilasi, pati hidrolisis oleh asam dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan

ditunjukkan pada Gambar 8. Nilai terendah dari daya ikat air pada suhu 90°C adalah pati yang dihidrolisis oleh asam yang diikuti oleh proses autoklaf-pendinginan (10.52%), sedangkan nilai tertinggi dari daya ikat air adalah pati sagu murni (20.30%), dimana nilai tersebut sebanding dengan daya kembang. Pati yang dihidrolisis oleh air destilasi menunjukkan daya ikat air sebesar (11.79%), nilai tersebut lebih rendah dibandingkan pati yang hanya dihidrolisis oleh asam (18.39%). Pati hidrolisis oleh asam memiliki banyak daerah amorf dalam pati granula. Hal ini yang membuat penyerapan air dilakukan dengan lebih mudah. Sedangkan pada pati yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf memiliki struktur yang lebih padat dan rapat sehingga dapat menahan absorpsi air dari luar. Oleh karena itu menghasilkan nilai daya ikat air paling rendah.

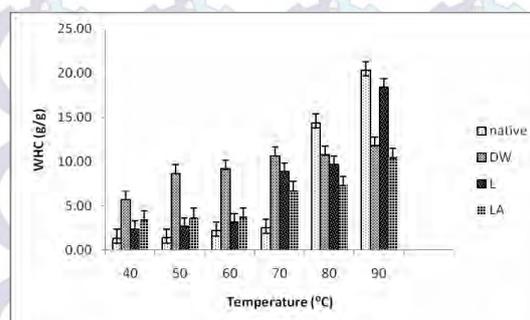


Figure 8. Daya ikat air dari pati sagu (*native*), pati hidrolisis oleh air destilasi (DW), pati hidrolisis oleh asam (L) dan pati hidrolisis oleh asam yang diikuti oleh autoklaf (LA)

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang di dapat dari penelitian ini adalah :

1. Variasi waktu hidrolisis tidak mempengaruhi produksi RS, tetapi variasi dari konsentrasi asam sitrat mempengaruhi nilai RS. Nilai RS terbesar saat menggunakan konsentrasi asam sitrat 2N.
2. Karakterisasi dari RS (pati yang dihidrolisis oleh asam dan diikuti proses autoklaf-pendinginan) dibandingkan dengan pati sagu asli, pati sagu yang dihidrolisis oleh air destilasi pati yang dihidrolisis oleh asam.
3. Kandungan amilosa menurun setelah pati dihidrolisis oleh air destilasi dan asam, tetapi meningkat saat dihidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan.
4. Kandungan lemak dan protein menurun setelah proses hidrolisis tetapi kandungan serat meningkat, dan nilai serat tertinggi saat menggunakan metode autoklaf-pendinginan
5. Sampel RS memiliki mikrostruktur paling padat dan rapat saat diukur dengan SEM.
6. Nilai absorbansi spektra UV/visibel menurun setelah dihidrolisis oleh asam dan meningkat setelah dihidrolisis oleh air destilasi dan

dihidrolisis oleh asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan.

7. Nilai viskositas, daya kembang dan daya ikat air menurun dibandingkan pati sagu dan nilai terendah didapat saat menggunakan metode hidrolisis asam yang diikuti proses autoklaf-pendinginan.

5. Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Dr Anil Kumar Anal, Prof Surya Rosa Putra, Prof. Mardi Santoso yang membantu menyelesaikan penelitian ini serta selalu memberikan motivasi dan saran yang membangun. Selain itu kepada pihak DIKTI yang telah mendukung penelitian ini secara finansial sehingga penelitian ini berjalan dengan baik.

6. Pustaka

- AOAC (2002). *Official Method of Analysis*. The Association of Official Analytical Chemistry, AOAC, Virginia
- AOAC (1990). *Official methods of analysis*. (15th ed.). Association of Official Analytical Chemistry, AOAC, Virginia.
- Aparicio-Saguilan, A., Flores-Huicochea, E., Tovar, J., Garcia-Suarez, F., Gutierrez-Meraz, F., & Bello-Perez, L.A. (2005). Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana starch: partial characterization. *Starch/Starke*, 57, 405–412.
- Aparicio-Saguilan, A., Sayago-Ayerdi, S. G., Vargas-Torres, A., Tovar, J., Ascencio-Otero, T. E., & Bello-Perez, L. A. (2006). Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 175-181.
- Bergmeyer, H. U., & Bernt, E. (1974). Determination of glucose with glucose oxidase and peroxidase, in: Berg-meyer H. U. (Eds.), *Methods of Enzymatic Analysis*. Verlag Chemie-Academic Press. Weinheim-London, 1205-1215.
- Berry, C. S. (1986). Resistant starch formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. *Journal of Cereal Science*, 4, 301–314.
- Escarpa, A., Gonzalez, M. C., et al. (1996). Resistant starch formation: Standardization of high-pressure autoclave process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 924–928
- Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today*, 16: 334-338.
- Kang, K. J., Kim, S. K., Lee, S. K., and Kim, S. K. (1997). Relationship between molecular structure of acid-hydrolyzed rice starch and retrogradation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 876-881.
- Karim, A. A., Tie, A. P. L., Manan, D. M. A., & Zaidul, I. S. M. (2008). Starch from the sago (Metroxylon sagu) palm tree - properties, prospects, and challenges as a new industrial source for food and other uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3), 215-228.
- Karim, A.A., M.H. Norziah and C.C. Seow, 2000. Methods for the study of starch retrogradation. *J. Food Chem.*, 71: 9-36.
- Koksel, H., Basman, A., Kahraman, K., & Ozturk, S. (2007). Effect of acid modification and heat treatments on resistant starch formation and functional properties of corn starch. *International Journal of Food Properties*, 10, 691–702.
- Konik, C.M., Kiskelly, D.M., & Gras, P.W. (1993). Starch: Swelling power, grain hardness and protein relation to sensory properties of Japanese noodles. *Starch/Starke*, 45, 139–144.
- Maaurf, A.G., Y.B. Che Man, B.A. Asbi, et al., (2001). Gelatinisation of sago starch in the presence of sucrose and sodium chloride as assessed by differential scanning calorimetry. *J. Carbohydrate Polymers*, 45: 335-345.
- Mohamed A., B.Jamilah, K.A.Abbas, et al., (2008). A Review on Physicochemical and Thermorheological Properties of Sago Starch. *American Journal of Agriculture and Biological Science*, 3(4), 639-646.
- Nasrin, Taslima Ayesha A., Anal, Anil K. (2014). Resistant Starch III From Culled Banana And Its Functional Properties in Fish Oil Emulsion. *Food Hydrocolloids*, 35, 403-409.
- Ozturk, S., Koksel, H., & Ng, P.K.W. (2011). Production of resistant starch from acid-modified amylotype starches with enhanced functional properties. *Journal of Food Engineering*, 103, 156–164.
- Wattanachant, S., Muhammad, S.K.S., Hashim, D.M. & Rahman, R.A. (2003). Effect of Crosslinking Reagents and Hydroxypropilation Levels on Dual-Modified Sago Starch Properties. *Food Chem.*, 80, pp. 463-471.
- Zhao, X.H., & Lin, Y. (2009). Resistant starch prepared from high amylose maize starch with citric acid hydrolysis and its simulated fermentation in vitro. *European Food Research and Technology*, 228(6), 1015–1021