

## PENGARUH FOTOOKSIDASI UV-C TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA DAN BAKING EXPANSION PATI SAGU (*Metroxylon sago*)

Eduard Fransisco Tethool\*, Angela Myrra Puspita Dewi, Abadi Jading

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua

Email: [e.tethool@unipa.ac.id](mailto:e.tethool@unipa.ac.id)

### ABSTRACT

Native Sago starch is difficult to be used in industry because of the limitations of its properties. The aim of this research was to study effect of UV-C photo-oxidation on chemical properties and baking expansion of sago starch. Five slurry ratio (starch : water ratio): 1:2; 1:4; 1:6; 1:8; and 1:10 were oxidized with UV-C irradiation for 20 minutes, and then compared with native sago starch. The results showed that UV-C photooxidation increased amylose content and paste viscosity, but decreased swelling power and solubility, and carbonyl and carboxyl content. Used of UV-C as a photooxidator was effective in increasing baking expansion characteristic, and the best slurry ratio was 1:6, which has 6.97 ml/g specific volume or 33.7% higher than that of native sago starch (5.22 ml/g)

**Keywords:** *sago, photo-oxidation, uv-c, baking expansion*

### PENDAHULUAN

Sagu (*Metroxylon sago*) merupakan salah satu sumber bahan pangan di beberapa daerah di Indonesia seperti Maluku, Papua, Mentawai, dan Sulawesi (Haryanto dan Pangloli, 1991). Flach (1997) menyebutkan bahwa dari 2,2 juta ha lahan sagu yang ada di seluruh dunia, sekitar 1,4 juta ha terdapat di hutan-hutan Indonesia dan sekitar 0,994 juta areal sagu terdapat di Papua. Salah satu sentra produksi sagu di Papua adalah daerah Sentani. Khusus di daerah sentani saja, terdapat sekitar 20 kultivar sagu. Dari sekian banyak kultivar tersebut yang paling sering dikonsumsi oleh masyarakat Sentani adalah kultivar Para, Yepha, Ruruna dan Rondo. Hal ini disebabkan karena keempat kultivar ini memiliki produktivitas dan citarasanya yang lebih yang lebih baik dibandingkan kultivar lainnya (Limbongan, 2007). Dari keempat kultivar tersebut, kultivar Ruruna memiliki sifat pengembangan pati yang paling baik (Tethool *et al.*, 2009).

Meskipun memiliki potensi sagu yang besar, pemanfaatan pati sagu khususnya di Papua masih terbatas sebagai bahan makanan tradisional, dengan konsumsi terbatas pada masyarakat lokal asli Papua. Pemanfaatan sagu dalam industri pangan yang lebih luas

masih terbatas, karena sifat fisikokimia yang dimiliki. Tethool *et al.* (2009) melaporkan bahwa pati sagu varietas unggul memiliki kandungan amilosa yang tinggi sehingga daya pengembangannya menjadi terbatas. Padahal sifat pengembangan ini dibutuhkan oleh berbagai industri pangan lainnya seperti industri mi dan bakery.

Guna memperbaiki sifat pengembangan ini maka salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan modifikasi kimia berupa oksidasi. Oksidasi pati banyak digunakan karena menghasilkan pati yang memiliki viskositas rendah, stabilitas pasta tinggi, kejernihan pasta tinggi, serta memiliki daya pengembangan dan sifat perekat yang baik (Sanchez-Rivera *et al.* 2005). Selama proses oksidasi, gugus hidroksil pada molekul pati akan teroksidasi menjadi gugus karboksil dan karbonil. Reaksi oksidasi juga mengakibatkan terjadinya degradasi molekul pati sehingga viskositas pasta rendah. Metode oksidasi yang dapat digunakan antara lain dengan reagen kimia atau fotooksidasi dengan ultra violet.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fotooksidasi Ultraviolet tipe C (UV-C) terhadap sifat fisikokimia dan sifat *baking expansion* pati sagu, sehingga dapat dijadikan informasi dasar untuk

pengembangan potensi pemanfaatan pati sagu.

## BAHAN DAN METODE

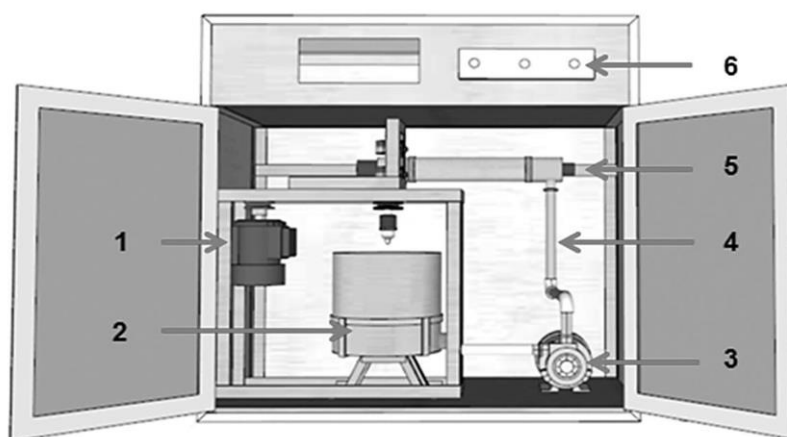
### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: pati sagu asal Wasior – Papua Barat, aquades, NaOH, HCl, Hydroxilamine, amilosa standar serta bahan kimia lain untuk analisa, keseluruhannya dalam grade untuk analisa (PA) Sigma. Peralatan yang digunakan: alat reaktor oksidasi yang dilengkapi dengan lampu UV-C, oven (UNB-400); chromameter (Konica Minolta CR-400); spectrophotometer (Shimadzu UV mini 1240), serta alat gelas dan peralatan analisa lainnya.

### Metode Pengujian

#### Fotooksidasi Pati

Fotooksidasi dilakukan dengan menggunakan reaktor oksidasi yang dilengkapi lampu UV-C untuk reaksi fotooksidasi, tangki bahan berbahan stainless steel, pompa air, dan motor pengaduk seperti ditampilkan pada Gambar 1. Bahan yang berupa slurry pati dengan rasio tertentu dimasukkan dalam tangki bahan kemudian *slurry* pati dialirkan melewati lampu UV-C secara kontinu, untuk mencegah terbentuknya endapan pati maka *slurry* pati dilakukan pengadukan.



Keterangan :

- |                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Motor Pengaduk            | 4. Pipa Sirkulasi                 |
| 2. Tanki Bahan (Slurry Pati) | 5. Lampu UV-C (Tanki Fotoreaktor) |
| 3. Pompa Bahan               | 6. Panel Kontrol                  |

Gambar 1. Skema Alat Fotooksidasi

Perlakuan yang digunakan adalah 5 taraf rasio *slurry* (perbandingan pati : air), yaitu 1 (pati) : 2 (air); 1:4; 1:6; 1:8; dan 1:10. *Slurry* pati yang dibuat sesuai perlakuan masing-masing dimasukkan ke dalam tangki bahan, selanjutnya dipompa dan dialirkan ke dalam tabung berisi lampu UV C sebagai fotooksidator, dan kemudian akan kembali lagi ke dalam tangki bahan. Sirkulasi fotooksidasi dilakukan selama 20 menit, dengan laju aliran *slurry* dipertahankan pada kecepatan 5 gpm. Setelah proses fotooksidasi selesai, *slurry* pati dikeluarkan kemudian

dicuci dengan pembilasan air bersih sebanyak 3 kali untuk menghentikan reaksi oksidasi, selanjutnya dilakukan pengendapan. Pati sagu teroksidasi yang diperoleh kemudian dikeringkan pada *cabinet dryer* dengan suhu 50 °C selama 18 jam.

#### Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati Sagu

Pati sagu hasil oksidasi dengan 5 rasio *slurry* selanjutnya dikarakterisasi sifat fisikokimianya, dengan pati alami sebagai pembanding. Warna pati (derajat putih) diukur

dengan menggunakan chromameter (Minolta CR-400).

Daya pengembangan dan kelarutan ditentukan dengan metode Adebowale *et al.* (2002). Pati sebanyak 1 g dimasukkan dalam tabung uji dan ditimbang kembali (W1, g). Sampel kemudian didispersikan dengan ditambahkan air hingga volume 50 ml.; dipanaskan pada suhu 95 °C selama 30 menit dalam waterbath. Campuran yang telah

tergelatinisasi kemudian didinginkan hingga 30 °C dan disentrifugasi (500 rpm, 15 menit). Supernatant yang dihasilkan, diambil aliquot (5 ml) lalu dikeringkan pada suhu 110 °C hingga diperoleh berat konstan. Kelarutan ditentukan berdasarkan residu kering yang dihasilkan. Endapan gel ditimbang bersama wadah tabung (W2) dan ditentukan sebagai daya pengembangan pati.

$$\text{Daya Pengembangan Pati} = W2 - W1 / \text{berat pati}$$

Kadar amilosa pati ditentukan dengan metode AOAC (2005). Sebanyak 100 mg sampel pati dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 1 ml etanol 95% dan 9 ml NaOH 1 N. Campuran dipanaskan selama 10 menit, dipindahkan dalam labu takar 100 ml ditepatkan sampai tanda tera dengan aquades. Larutan tersebut diambil 5 ml, dimasukkan dalam labu takar 100 ml, ditambahkan 1 ml asam asetat 1 N dan 2 ml iod 0,2%, ditambahkan aquades sampai tanda tera, lalu dibiarkan 20 menit dan intensitas warna biru ditera dengan spektrofotometer pada  $\lambda$  625

nm. Kadar amilosa sampel ditentukan dengan kurva standar menggunakan amilosa murni.

Kadar karbonil ditentukan dengan metode Smith *et al.* (1986). Sebanyak 2 g sampel dilarutkan dalam 100 ml aquades, kemudian larutan digelatinisasi pada suhu 100°C (20 menit), lalu didinginkan hingga suhu 40°C. pH sampel diatur 3,2 dengan penambahan 0,1 N HCl. Ke dalam sampel ditambahkan 15 ml reagen hydroxylamine, kemudian dipanaskan dalam waterbath pada suhu 40°C selama 4 jam. Sisa hydroxylamine ditentukan dengan titrasi menggunakan 0,1 N HCl.

$$\text{kadar karbonil (\%)} = \frac{(\text{ml blangko} - \text{ml sampel}) \times N \text{ asam} \times 0,028 \times 100}{\text{berat pati (dry basis)}}$$

Kadar karboksil ditentukan dengan metode ISO 11214 (1996). 5 g sampel ditambah 25 ml HCl 0,1 N, kemudian diaduk 30 menit dengan magnetic stirer. Slury kemudian disaring dengan pembilasan menggunakan 300 ml aquades. Pati yang

tertinggal ditambahkan 300 ml aquades, kemudian di panaskan pada suhu 100 °C ( 15 menit). Sampel lalu dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga pH mencapai 8,3 dengan pati sagu alami digunakan sebagai blangko.

$$\text{kadar karboksil (\%)} = \frac{(\text{ml sampel} - \text{ml blangko}) \times N \text{ NaOH} \times 0,045 \times 100}{\text{berat pati (dry basis)}}$$

Karakteristik amilografi tepung ditentukan dengan menggunakan Brabender Viscoamylograph, dengan kondisi larutan tepung (7%) dipanaskan pada suhu 30 – 90 °C, dengan laju peningkatan suhu 1,5 °C/menit. Selanjutnya suhu dipertahankan pada 90 °C selama 20 menit kemudian sampel didinginkan hingga suhu 50 °C dengan laju pendinginan 1.5 °C/menit.

### **Penentuan Sifat Baking Expansion Pati Sagu**

*Baking expansion* pati sagu ditentukan menggunakan metode Demiate *et al.* (2000), dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 24 gram pati ditambah 30 ml aquades, lalu digelatinisasikan. Adonan dibagi rata menjadi 3 bagian, lalu dioven pada suhu 200°C selama 25 menit. Hasil pangangan kemudian didinginkan, ditimbang, kemudian dilapisi

permukaannya dengan pencelupan dalam parafin. Volume hasil pangangan ditentukan dengan mencelupkan sampel dalam gelas ukur berisi air, hingga seluruh bagian terendam, dan peningkatan volume tercatat. Sifat *baking expansion* dinyatakan dalam volume spesifik, dengan membagi volume dengan massa hasil pangangan (ml/g).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh fotooksidasi UV C terhadap derajat putih pati sagu

Pengaruh fotooksidasi terhadap derajat putih pati sagu dapat dilihat pada Tabel 1. Adapun pengukuran derajat putih dilakukan menggunakan chromameter Minolta CR-400 dan diperoleh nilai L dari masing-masing perlakuan. Oksidasi pati menggunakan oksidator kimia dilaporkan dapat meningkatkan derajat putih tapioka (Dewi, 2011; Tetelepta, 2011).

Tabel 1. Warna Pati

Perlakuan	Derajat Putih
Pati alami	92,05 <sup>e</sup>
Rasio 1:2	89,11 <sup>d</sup>
Rasio 1:4	88,72 <sup>c</sup>
Rasio 1:6	88,39 <sup>c</sup>
Rasio 1:8	87,04 <sup>b</sup>
Rasio 1:10	86,35 <sup>a</sup>

Ket: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan pada taraf 95%

Namun, perlakuan pemaparan dengan UV dapat menurunkan derajat putih pati sagu. Dari Tabel 1, derajat putih pati sagu alami sebesar 92,05 sedangkan nilai derajat putih pati sagu oksidasi 86,35-89,11. Hal ini diduga karena adanya kandungan enzim fenolase pada pati sagu (Miftahorrachman dan Novianto, 2003). Dimana ketika pati dipaparkan sinar UV, akan memicu oksidasi enzim fenolase yang terdapat pada pati sagu sehingga menyebabkan pencoklatan enzimatis (Winarno, 1997). Berdasarkan Tabel 1, derajat putih pati sagu oksidasi menurun seiring dengan makin encernya *slurry* pati. Pada rasio pati : air sebesar 1:2, derajat putih pati sagu oksidasi sebesar 89,11, sedangkan nilai derajat putih terendah diperoleh dari perlakuan rasio pati : air 1:10 dengan nilai L sebesar 86,35. Hal ini kemungkinan

disebabkan karena makin sedikit partikel pati dalam *slurry* pati, maka paparan sinar UV makin intensif sehingga enzim fenolase pada pati sagu akan teroksidasi menghasilkan warna pati yang lebih gelap.

### Pengaruh fotooksidasi UV C terhadap sifat fisikokimia pati sagu

Reaksi oksidasi menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisikokimia pati. Karakteristik fisikokimia pati sagu setelah fotooksidasi UV C ditampilkan pada Tabel 2. Makin sedikit partikel pati dalam *slurry* kadar amilosa pati meningkat. Hal ini disebabkan karena terjadinya depolimerisasi molekul amilopektin yang menghasilkan potongan rantai pendek yang linear, sehingga ketika direaksikan dengan larutan iod kadar amilosa akan tampak meningkat (Kuakpetoon and Wang, 2006).

Tabel 2 juga menunjukkan daya pengembangan dan kelarutan pati sagu teroksidasi lebih rendah dibanding pati sagu alami. Akibat reaksi oksidasi yang lemah memicu pembentukan *hemiketal* dan *hemiacetal* pada molekul pati dan adanya penyinaran dengan UV-C akan memicu *photocrosslinking* pada molekul pati (Lorlowhakarn and Naivikul, 2005). Oksidasi menyebabkan struktur granula menjadi lebih porus sehingga kemampuan menghidrasi air pada saat pemanasan tinggi, namun saat sentrifugasi air terabsorb akan keluar karena ketahanan granula dalam memerangkap air lemah (Wang and Wang, 2003) sehingga daya pengembangan pati menurun. Sementara kelarutan menurun karena adanya *crosslinking* dapat menghambat larutnya fraksi amilosa.

Selama proses oksidasi gugus hidroksil pada molekul pati teroksidasi menjadi gugus karbonil kemudian menjadi gugus karboksil (El-sheikh et al. 2010; Kuakpetoon and Wang, 2006). Namun, meningkatnya rasio *slurry* menurunkan kadar karbonil dan karboksil dari pati teroksidasi UV C. Hal ini kemungkinan disebabkan oksidasi yang terjadi kurang intensif sehingga kadar karbonil dan karboksil yang dihasilkan lebih rendah, karena jumlah partikel pati dalam *slurry* lebih sedikit sehingga pergerakan partikel akan lebih cepat dan kontak dengan oksidator berkurang. Pergerakan partikel yang makin cepat dengan makin sedikitnya jumlah partikel pati dalam

*slurry* akan cenderung membentuk pergerakan sesuai dengan Teori *Gerak Brown* yang menyatakan bahwa partikel tidak pernah dalam keadaan stasioner dan jika diamati

dengan mikroskop tampak membentuk gerakan zig-zag.

Tabel 2. Karakteristik Fisikokimia Pati Sagu

Perlakuan	Kadar amilosa (%bk)	Daya Pengembangan (%bk)	Kelarutan (%bk)	Kadar Karbonil (%bk)	Kadar Karboksil (%bk)
Pati alami	31,87 <sup>a</sup>	38,10 <sup>d</sup>	25,29 <sup>d</sup>	0,45 <sup>d</sup>	0,33 <sup>d</sup>
Rasio 1:2	31,95 <sup>a</sup>	37,65 <sup>c</sup>	24,04 <sup>c</sup>	0,39 <sup>c</sup>	0,25 <sup>c</sup>
Rasio 1:4	32,17 <sup>b</sup>	37,41 <sup>c</sup>	23,86 <sup>b</sup>	0,23 <sup>b</sup>	0,24 <sup>c</sup>
Rasio 1:6	32,48 <sup>b</sup>	36,72 <sup>b</sup>	23,73 <sup>b</sup>	0,13 <sup>a</sup>	0,19 <sup>b</sup>
Rasio 1:8	33,11 <sup>c</sup>	36,57 <sup>b</sup>	23,26 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>
Rasio 1:10	33,13 <sup>c</sup>	35,61 <sup>a</sup>	23,31 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>

Ket: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan pada taraf 95%

#### Pengaruh fotooksidasi UV C terhadap sifat amilografi pati sagu

Sifat amilografi pati sagu pada beberapa rasio *slurry* fotooksidasi UV-C

ditampilkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa viskositas pasta pati oksidasi lebih tinggi daripada viskositas puncak pasta pati alami.

Tabel 3. Sifat Amilografi Pati Sagu Teroksidasi UV-C

Perlakuan	Gelatinisasi		Viscositas Puncak			Viscositas dingin
	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Viscositas (cP)	50°C (cP)
Pati alami	14	73,2	21	92,6	352,0	326,4
Rasio 1:2	12	68,0	19	90,6	601,6	684,8
Rasio 1:4	12	68,1	19	90,7	1056,0	1152,0
Rasio 1:6	11	69,3	17	91,0	1664,0	1785,6
Rasio 1:8	11	67,7	17	89,4	2764,8	2700,8
Rasio 1:10	12	69,4	18	89,7	3404,8	3180,8

Peningkatan viskositas pasta pati oksidasi diduga karena terjadi *slight oxidation* (oksidasi ringan) sehingga membentuk hemiketal atau hemiasetal *crosslink* yang diasumsikan terjadi di antara molekul amilopektin dan kemungkinan kecil berada di antara molekul amilosa dan amilopektin (Kuakpetoon and Wang, 2006). Gugus aldehid yang terbentuk pertama kali pada level oxidan yang rendah membentuk hemiasetal *crosslink* sehingga terjadi peningkatan berat molekul yang menyebabkan viskositas makin tinggi (Wang and Wang, 2003). Kurva amilografi pati sagu pada beberapa rasio *slurry* dapat dilihat pada

Gambar 2. Rasio pati:air berpengaruh terhadap viskositas pasta. Makin sedikit partikel pati dalam *slurry* pati maka viskositas pasta makin tinggi. Hal ini disebabkan karena makin sedikit partikel pati dalam *slurry* pati maka reaksi oksidasi yang terjadi kurang intensif.

#### Pengaruh fotooksidasi UV C terhadap sifat *baking expansion* pati sagu

Hasil analisis *baking expansion* pati sagu ditampilkan pada Tabel 4. Tabel 4 menunjukkan bahwa fotooksidasi dengan UV C meningkatkan volume spesifik atau sifat *baking expansion* pati sagu.

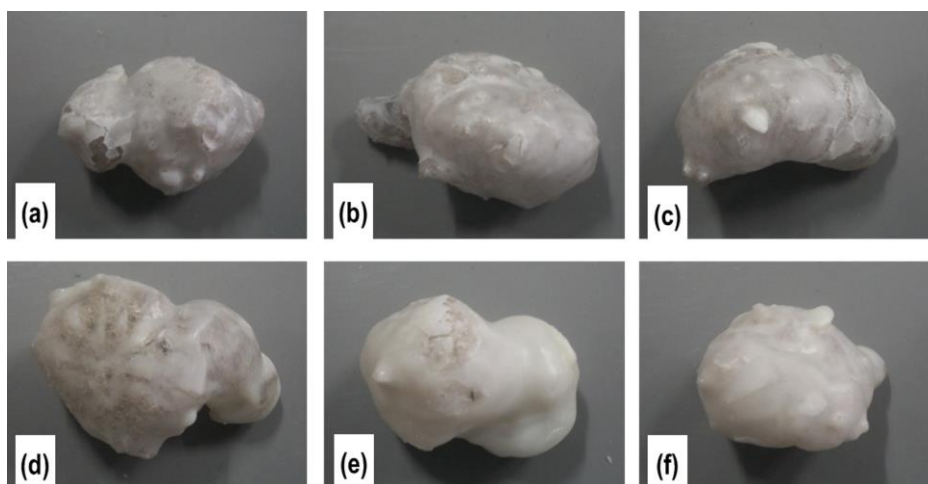
Tabel 4. *Baking Expansion* pati sagu

Perlakuan	Baking Expansion (mL/g)	Persen Pengembangan (%)
Pati alami	5,22 ± 0,0354 <sup>a</sup>	-
Rasio 1:2	6,37 ± 0,0283 <sup>d</sup>	22,1
Rasio 1:4	6,19 ± 0,0495 <sup>c</sup>	18,6
Rasio 1:6	6,97 ± 0,0283 <sup>f</sup>	33,7
Rasio 1:8	6,81 ± 0,0141 <sup>e</sup>	30,6
Rasio 1:10	5,81 ± 0,0778 <sup>b</sup>	11,3

Ket: Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan pada taraf 95 %

Volume pengembangan terendah dihasilkan dari rasio campuran pati:air adalah 1:10, dimana volume spesifiknya sebesar 5,81 ml/g; atau meningkat 11,3% dibandingkan pati alami yang tidak dilewatkan pada alat fotooksidator UV. Sedangkan volume

pengembangan tertinggi dihasilkan pati dari rasio campuran 1:6, yaitu sebesar 6,97 ml/g; atau meningkat 33,7% dibandingkan pati alami. Hasil baking expansion pati dari beberapa rasio slurry ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil baking pati sagu, (a) pati alami; (b) rasio *slurry* 1:2; (c) rasio *slurry* 1:4; (d) rasio *slurry* 1:6; (e) rasio *slurry* 1:8; (f) rasio *slurry* 1:10

Peningkatan nilai *baking expansion* pati sagu teroksidasi disebabkan karena proses oksidasi pati menyebabkan jumlah air yang terikat dalam pati semakin banyak, sehingga uap air selama proses baking makin banyak pula dan pengembangan produk menjadi semakin besar (Bertolini et al. 2001). Sementara penurunan volume baking pada rasio *slurry* tinggi disebabkan karena fotooksidasi berlebih menyebabkan degradasi pati pada dinding bahan terlalu ekstensif sehingga kehilangan integritasnya lebih awal dan tidak terjadi pengembangan (Vatanasuchart et al., 2005).

## KESIMPULAN

Peningkatan derajat oksidasi dengan peningkatan rasio *slurry* akan meningkatkan kadar amilosa dan sebaliknya menurunkan daya pengembangan dan kelarutan, serta kadar karbonil dan karboksil dari pati teroksidasi. Penggunaan UV C sebagai fotooksidator pati sagu efektif meningkatkan daya pengembangan pati, dengan rasio *slurry* (pati:air) terbaik untuk digunakan pada proses fotooksidasi adalah rasio 1 : 6, dimana menghasilkan volume spesifik pati pada saat pemanggangan sebesar 6,97 ml/g atau

meningkat sebesar 33,7 % dibandingkan pati alami (5,22 ml/g).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale, K.O., Afolabi, T.A., Lawal, O.S. 2002. Isolation, chemical modification and physicochemical characterisation of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour. *Food Chemistry* 78:305–311. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00100-0
- M.M. Sanchez-Rivera, F.J.L. Garcia Suarez, M. Velazquez del Valle. F. Gutierrez-Meraz, L.A. Bello Perez. 2005. Partial Characterization of Banana Starches Oxidized by Different Levels of Sodium Hypochlorite. *Carbohydrate Polymers* 62:50-56. doi: 10.1016/j.carbpol.2005.07.005
- Bertolini, A.C., Mestres, C., Lourdin, D., del Valle, G., Colonna, P. 2001. Relationship between thermomechanical properties and baking expansion of sour cassava starch (Polvilho Azedo). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 429–435. doi : 10.1002/1097-0010(200103)81:4<429: AID-JSFA833>3.0.CO;2-2.
- Demiante, I.M., Dupuy, N., Huvenne, J.P., Cereda, M.P., Wosiacki, G. 2000. Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers* 42: 149-158. doi: 10.1016/S0144-8617(99)00152-6
- Dewi, A. M. P., 2011. *Oksidasi Tapioka Dengan Hidrogen Peroksida dan Katalisis UV-C, Serta Aplikasinya Untuk Edible Film*. [Tesis]. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- El-sheikh, M. A., Ramadan, M. A., El-shafie, A. 2010. Photo-oxidation of rice starch. Part I: Using hydrogen peroxide. *Carbohydrate Polymers* 80:266-269. doi: 10.1016/j.carbpol.2009.11.023
- Flach, M. 1997. *Sago Palm. Metroxylon Sagu Rottb.* International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Rome, Italy.
- Haryanto, B. dan P. Pangloli. 1991. *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*. Kanisius: Yogyakarta
- Kuakpetoon, D., and Wang, Y.J. 2006. Structural characteristics and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylose content. *Carbohydrate Research* 341:1896-1915. doi: 10.1016/j.carres.2006.04.013.
- Limbongan, J. 2007. Morfologi Beberapa Jenis Sagu Potensial di Papua. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 26 (1).
- Lorlowhakarn, K., and O. Naivikul. 2005. Modification of Rice Flour by UV Irradiation to Improve Rice Noodle Quality. *Proceeding of The 3th Conference of Starch Technology: Thailand*.
- Miftahorrachman dan H. Novarianto. 2003. Jenis-jenis sagu potensial di Sentani Irian Jaya. *Prosiding Seminar Nasional Sagu: Manado*, 6 Oktober 2003.
- Smith, R. J. 1896. *Production and used of hypochlorite oxidized starches* (Vol. II). Di dalam R. L. Whistler, & E. F. Paschall (ed.), *Starch chemistry and technology*. New York: Academic Press. P620–625.
- Tetelepta, G. 2011. *Oksidasi pati tapioca dengan sodium hipoklorit guna meningkatkan baking expansion*. [Tesis] Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Tethool, E.F., Z. L. Sarungalo, B. Santoso. 2009. *Sifat Fisikokimia dan Daya Cerna Empat Kultivar Pati Sagu Asal Sentani Papua*. Indofood Riset Nugraha 2008. Manokwari : Universitas Negeri Papua.
- Vatanasuchart, N., Naivikul, O., Charoenrein, S., Sriroth, K. 2005. Molecular Properties of Cassava Starch Modified With Different UV Irradiation to Enhance Baking Expansion. *Carbohydrate Polymers* 61: 80-87, doi :10.1016/j.carbpol.2005.02.012

- Wang, Y.J., and Wang, L. 2003.  
Physicochemical properties of common  
and waxy corn starch oxidized by  
different level of sodium hypochlorite.  
*Carbohydrate Polymers* 52 : 207-217,  
doi: 10.1016/S0144-8617(02)003041
- Winarno, F. G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*.  
PT. Gramedia : Jakarta