

Artikel Penelitian

## Oksidasi Hancuran Singkong Menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan Asam Laktat dengan Katalisator *Ferrous Sulfate Heptahydrate* untuk Meningkatkan *Baking Expansion*

Agnes Swasti Anindya<sup>†</sup>, Haryadi

Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>†</sup>Korespondensi dengan penulis (agnesswastia@gmail.com)

Artikel ini dikirim pada tanggal 23 Mei 2014 dan dinyatakan diterima tanggal 25 Juli 2014. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui [www.journal.ift.or.id](http://www.journal.ift.or.id).

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2014 ([www.ift.or.id](http://www.ift.or.id))

### Abstrak

Pengolahan singkong dalam bentuk tepung telah banyak dikembangkan seiring dengan meningkatnya produksi singkong dari tahun ke tahun. Kendala yang sering ditemui dalam tepung singkong adalah sifat pengembangan yang kurang maksimal, sehingga aplikasi tepung singkong dalam industri pangan masih mengalami banyak kendala. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan cara menghasilkan tepung singkong yang dapat mengembang besar saat *baking* dengan pencampuran hancuran singkong dalam larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, asam laktat dan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O sebagai katalisator. Penambahan asam laktat (4,3%), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0%, 15% dan 30%) dan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (0,05%) pada hancuran singkong dengan waktu pencampuran 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; dan 15 menit, dilakukan pada penelitian ini guna mendapatkan tepung dengan *baking expansion* besar. Analisis yang dilakukan meliputi *baking expansion*, kadar karbonil dan karboksil, warna, dan residu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *baking expansion* tertinggi terdapat pada tepung singkong yang dioksidasi dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% selama 12,5 menit. Angka karbonil tepung teroksidasi pada perlakuan terpilih menurun sedangkan angka karboksilnya meningkat seiring bertambahnya lama pencampuran hancuran singkong dengan bahan kimia yang ditambahkan. Oksidasi hancuran singkong dapat meningkatkan kecerahan tepung singkong teroksidasi yang dihasilkan. Residu hidrogen peroksida pada tepung hasil oksidasi sebesar 430,33 ppm.

Kata kunci: Singkong, hidrogen peroksida, asam laktat, *baking expansion*

### Pendahuluan

Singkong merupakan salah satu bahan pangan lokal yang dimiliki Indonesia dan sangat potensial untuk dikembangkan. Berdasarkan [Badan Pusat Statistik \(2009\)](#), produksi singkong di Indonesia mencapai 22.039.145 ton, kemudian meningkat tahun 2010 menjadi 23.918.118 ton, dan data terakhir pada tahun 2011 meningkat lagi menjadi 24.009.624 ton. Pengonsumsi terhadap singkong juga tergolong tinggi kedua setelah beras (139 kg/kapita/th) dengan tingkat konsumsi 12,89 kg/kapita/tahun.

Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan sumber karbohidrat yang relatif murah, berpotensi untuk dikembangkan dan ditingkatkan pengolahannya sebagai bahan pangan pokok. Namun singkong merupakan jenis umbi-umbian yang tidak tahan disimpan, sehingga perlu diperhatikan penanganan pada saat panen, pengangkutan, dan penanganan segar ([Widowati, 2011](#)). Pengolahan singkong dalam bentuk tepung memiliki keunggulan yaitu lebih tahan lama disimpan, mudah dicampur, dapat diperkaya dengan zat gizi, dan lebih praktis sehingga mudah digunakan untuk proses pengolahan lanjutan. Namun tepung singkong mempunyai sifat pengembangan kurang maksimal, sehingga aplikasi tepung singkong dalam industri pangan terbatas, terutama untuk produk-produk di mana pengembangan merupakan salah satu faktor yang ikut menentukan kualitas produk (misalnya untuk pembuatan roti tawar). Oleh karena itu, diperlukan suatu metode untuk dapat menghasilkan tepung singkong dengan karakteristik *baking expansion*

yang tinggi. Salah satu cara yang dapat diterapkan adalah melalui modifikasi secara kimiawi.

Pada prinsipnya, modifikasi kimiawi dilakukan dengan mereaksikan bahan dengan sejumlah reagen kimia sehingga terjadi perubahan gugus hidroksil pada molekul pati. Umumnya modifikasi kimia dilakukan menggunakan asam-asam organik ataupun oksidator kuat. Salah satu jenis asam organik yang biasa digunakan adalah asam laktat ([Bertolini et al., 2000](#); [Demiate et al., 2000](#)). Pada pembuatan pati rakyat terjadi proses fermentasi yang menghasilkan asam-asam organik. Penggunaan asam laktat dalam penelitian ini menggantikan asam yang dihasilkan saat fermentasi tersebut. Sedangkan jenis oksidator kuat yang sering digunakan dalam proses modifikasi pati adalah hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Menurut [El-Sheikh et al. \(2010\)](#), hidrogen peroksida merupakan agen pengoksidasi yang paling menguntungkan dari sudut pandang lingkungan, karena terdekomposisi menjadi oksigen dan air. Hal ini menjadi dasar pertimbangan dalam pembuatan tepung singkong melalui proses oksidasi dengan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan asam laktat dengan katalisator ferrous sulphate heptahydrate (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) untuk menghasilkan tepung dengan karakteristik *baking expansion* yang lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan asam laktat serta katalisator FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O pada hancuran singkong terhadap karakteristik *baking expansion* tepung yang dihasilkan serta menentukan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> serta lama pencampuran untuk menghasilkan *baking*

*expansion* yang besar pada tepung singkong teroksidasi dan mengetahui sifat fisikokimia tepung singkong teroksidasi, meliputi tingkat oksidasi, residu  $H_2O_2$ , dan warna.

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan informasi ilmiah tentang cara pengolahan singkong yang dapat menghasilkan tepung singkong yang mampu mengembang besar hasil dari pemanggangan dengan mengoksidasi hancuran singkong menggunakan  $H_2O_2$  dan asam laktat serta katalisator  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . Bagi masyarakat pada umumnya, tepung singkong dapat diaplikasikan secara optimal sebagai bahan baku pembuatan produk-produk pangan. Serta terwujudnya optimalisasi pemanfaatan bahan pangan produksi lokal, sehingga dapat menaikkan nilai jualnya.

## Materi dan Metode

### Materi

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah singkong manis varietas meni berasal dari Pasar Tela Karangakajen. Bahan yang digunakan dalam perlakuan adalah larutan asam laktat 4,3%, ferrous sulphate heptahydrate ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) 15% dan 30%. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis adalah larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 0,5 M, larutan HCl 0,1 M, indikator phenolphthalein, hidroksilamin klorida, aquades dan lilin.

### Metode

#### Pembuatan tepung singkong

Pembuatan tepung singkong dimulai dari pemilihan atau proses sortasi bahan baku. Singkong yang dipilih adalah singkong segar yang tidak cacat dan bentuk utuh (tidak terpotong). Kemudian singkong dikupas bagian kulitnya menggunakan pisau. Singkong yang sudah dikupas selanjutnya dicuci untuk membersihkan sisa-sisa tanah yang menempel. Lalu dilakukan pengecilan ukuran menggunakan mesin parut. Selanjutnya setiap 1 gram hancuran singkong (db) ditambahkan air sampai berat airnya 2 gram. Kemudian ditambahkan 1 ml larutan  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  0,05%, 1 ml asam laktat 4,3%, dan 2 ml Hidrogen Peroksida dengan variasi konsentrasi 0, 15, dan 30%. *Slurry* singkong yang diperoleh diaduk menggunakan mixer dengan variasi waktu pengadukan 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; dan 15 menit. Lalu dilakukan pengepresan pada *slurry* singkong yang diperoleh dengan tujuan mengurangi jumlah airnya untuk selanjutnya dilakukan pengeringan. Pengeringan menggunakan *cabinet dryer* dengan suhu kurang lebih 60 °C hingga kadar air mencapai < 12 % atau setara dengan waktu 10-12 jam. Tahapan akhir pembuatan tepung adalah penghancuran material kering menggunakan blender dan pengayakan dengan ukuran mesh 60. Proses pengayakan tepung menghasilkan tepung yang halus dan residu yang kasar. Residu kasar dikembalikan ke proses penghancuran dan kemudian diayak kembali.

### Metode Analisis

#### Analisis *Baking Expansion*

Pengujian *baking expansion* dilakukan berdasarkan metode [Demiate et al. \(2000\)](#) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 12 gram sampel tepung dimasak dengan cara menambahkan 25 ml aquadest mendidih ke dalam sampel. Selanjutnya, dilakukan proses gelatinisasi adonan diatas panci berisi air mendidih. Proses gelatinisasi harus diiringi dengan pengadukan kontinyu agar adonan matang sempurna. Selanjutnya dihasilkan adonan yang dibentuk menjadi 3 bulatan kecil dan dipanggang dengan oven pada suhu 180°C selama 25 menit. Setelah pemanggangan, adonan ditimbang (MK) dan dibuat *impermeable* dengan menggunakan paraffin, lalu ditimbang (MKL). Pengukuran volume adonan dilakukan dengan mencelupkan adonan panggang yang sudah dilapisi pada air dalam gelas ukur. Volume adonan panggang diperoleh dengan mengurangi volume adonan panggang yang dilapis lilin dengan volume lilin (VL). Volume lilin diperoleh dengan membagi massa lilin dengan berat jenis lilin. Nilai pengembangan tepung singkong teroksidasi hasil proses pemanggangan (*baking expansion*) dinyatakan dalam volume spesifik. Volume spesifik (ml/g) adonan panggang diukur dengan membagi volume adonan panggang dengan massa adonan panggang tersebut. Massa adonan panggang adalah massa adonan setelah adonan dipanggang. Untuk perhitungan volume adonan dan volume spesifik, terdapat beberapa persamaan yaitu: massa lilin adalah massa kering lilin (MKL) dikurangi massa kering (MK), volume lilin adalah massa lilin dibagi dengan berat jenis lilin ( $p = 0,93 \text{ g/ml}$ ), volume adonan adalah volume kering lilin dikurangi volume lilin, dan volume spesifik adonan (ml/g) adalah volume adonan (ml) dibagi dengan massa adonan panggang (g).

#### Analisis Angka Karboksil

Pengukuran karboksil dilakukan menggunakan metode titrasi oleh [Demiate et al. \(2000\)](#) yang dimodifikasi. Mula-mula 0,5 g tepung singkong teroksidasi basis kering dilarutkan dalam 300 ml aquades. Suspensi dipanaskan selama 10 menit disertai dengan pengadukan yang konstan. Selanjutnya suspensi dititrasi dengan NaOH 0,025 M, setelah sebelumnya ditetesi dengan indikator phenolphthalein (pp) 2 tetes. Kadar karboksil dinyatakan dalam persen gugus karbonil (COOH) dan dihitung menggunakan persamaan :

$$\%COOH = \frac{(mlNaOH \times 0,025M \times 0,045 * \times 100)}{0,5g(basis\ kering)}$$

Keterangan : \* adalah berat molekul COOH / 1000

### Analisis Angka Karbonil

Pengujian kadar karbonil dilakukan berdasarkan metode [Sangseethong et al. \(2010\)](#). Sampel tepung dalam bentuk kering (4 g) disuspensikan dalam air destilata (100 ml) dan dipanaskan dalam waterbath mendidih selama 20 menit dengan pengadukan kontinyu hingga gelatinisasi tercapai. Sampel yang telah digelatinisasi didinginkan hingga suhu 40°C dan diatur pHnya hingga 3,2 dengan menggunakan 0,1 M HCl, kemudian ditambahkan 15 ml larutan Hidroksilamin klorida. Reagen hidroksilamin klorida dipersiapkan dengan pengenceran 25 g hidroksilamin klorida dalam air dan penambahan 100 ml NaOH 0,5 mol/L. Larutan dibuat hingga mencapai 500 ml dengan penambahan air destilata. Selanjutnya sampel ditutup dan diagitasi dalam waterbath pada suhu 40°C. Setelah 4 jam, sampel segera dititrasi dengan HCl 0,1 M hingga pH 3,2. Kadar karbonil dinyatakan dalam persen gugus karbonil (CO) dan dihitung menggunakan persamaan :

$$\%CO = \frac{(Vb - Vs) \times F \times 0,028 \times 100}{W}$$

Vb = Volume HCl yang digunakan sebagai blanko (ml)  
 Vs = Volume HCl yang digunakan sebagai sampel (ml)  
 F = Molaritas HCl  
 W = Berat sampel (basis kering)

### Analisis Warna

Sampel tepung singkong dimasukkan wadah kolorimeter dengan kedalaman 2 cm kemudian ditera dengan alat kolorimeter. Hasil peneraan akan menunjukkan notasi Hunter yang dicirikan dengan 3 parameter yaitu L, a, dan b. Notasi L menyatakan parameter gelap (0) sampai ke cerah (100). Notasi a menghasilkan warna kromatik merah untuk nilai positif dari 0 sampai 80 dan warna kromatik hijau untuk nilai negative dari 0 sampai (-80). Notasi b menyatakan warna kromatik kuning untuk nilai positif dari 0 sampai 70 dan warna biru untuk nilai negatif dari (-70) sampai 0 (Rivera et al., 2005).

### Analisis Residu Hidrogen Peroksida

Analisis residu hidrogen peroksida diawali dengan pembuatan kurva standar. Sebanyak 10µL larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan berbagai konsentrasi disiapkan. Kemudian ditambahkan 2 ml HCl 0,05M, 0,2 ml ammonium molibdat dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (247,2 mg (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O dan 5,6 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat ditambahkan aquadest sampai 200 ml), 0,2 ml larutan pati, dan 0,2 ml larutan KI 1M. Selanjutnya larutan didiamkan selama 20 menit lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 570 nm. Kurva standar merupakan hubungan antara konsentrasi dengan nilai absorbansi.

Penentuan residu hidrogen peroksida sampel dilakukan dengan melarutkan 1 gram sampel tepung dengan 10 ml aquadest. Kemudian diambil sebanyak 4 ml dan diencerkan sampai 10 ml. Lalu dari larutan tersebut diambil 7,5 ml dan diencerkan 10 ml. Larutan inilah yang diambil sebanyak 10µL, kemudian

ditambahkan 2 ml HCl 0,05M, 0,2 ml ammonium molibdat dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (247,2 mg (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O dan 5,6 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat ditambahkan aquadest sampai 200 ml), 0,2 ml larutan pati, dan 0,2 ml larutan KI 1M. Selanjutnya larutan didiamkan selama 20 menit lalu diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 570 nm (Graf and John, 1980). Kadar residu peroksida dihitung dengan persamaan berikut :

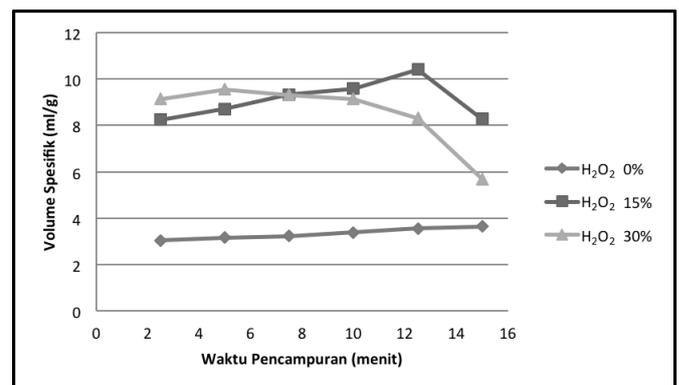
$$\%residu = \frac{X \times Fp \times 100}{W}$$

X = konsentrasi hidrogen peroksida dari persamaan kurva standar  
 Fp = faktor pengenceran  
 W = berat sampel

### Hasil dan Pembahasan

Baking expansion tepung singkong hasil oksidasi

Pengujian tingkat pengembangan dilakukan pada tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan asam laktat dengan katalis FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Hasil menunjukkan bahwa tepung yang diberi perlakuan asam laktat dan dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan katalis FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O memberikan karakteristik *baking expansion* yang baik, yang ditunjukkan dengan tingginya volume spesifik yang dihasilkan dibandingkan tepung kontrol. Karakteristik *baking expansion* tepung dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Baking expansion* tepung singkong hasil oksidasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0%-30%) dan asam laktat 4,3% dengan FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,05% sebagai katalisator selama 2,5-15 menit

Nilai *baking expansion* tepung singkong kontrol pada penelitian ini adalah 3,0249 ml/g. Gambar 1 menunjukkan bahwa pada menit awal (2,5 menit pertama) *baking expansion* tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% lebih tinggi daripada yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%. Pada tepung singkong hasil oksidasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, *baking expansion* meningkat dan mencapai puncaknya pada waktu pencampuran 5 menit, yaitu 9,57 ml/g. Lalu, selanjutnya mengalami penurunan *baking expansion*. Sedangkan tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% terus mengalami kenaikan *baking expansion* hingga mencapai puncak pada waktu pencampuran 12,5 menit, yaitu 10,42 ml/g, kemudian

pada menit selanjutnya juga mengalami penurunan *baking expansion*. Pada tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0%, nilai volume spesifik tidak jauh berbeda dengan tepung singkong kontrol. Hasil penelitian [Demiate et al. \(2000\)](#) pada pati ubi kayu juga melaporkan bahwa perlakuan perendaman pati dalam larutan asam laktat 1% selama 4 jam dan diikuti dengan pengeringan oven tidak memberikan pengaruh pada *baking expansion*.

Gambar 1 juga menunjukkan bahwa *baking expansion* tepung singkong teroksidasi pada suatu konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dipengaruhi oleh waktu pencampurannya dengan bahan kimia yang ditambahkan, begitu juga sebaliknya. Pada tepung yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dengan konsentrasi lebih tinggi, diperlukan waktu pencampuran yang lebih singkat untuk mendapatkan *baking expansion* tepung singkong teroksidasi yang optimum.

Demikian juga semakin lama waktu pencampuran dengan bahan kimia, maka untuk mendapatkan tepung singkong teroksidasi dengan *baking expansion* optimum maka diperlukan konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> lebih rendah.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada tepung yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0% tidak berbeda nyata pada variasi lama pencampurannya. Nilai *baking expansion* tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% dan 30% selama 7,5 menit menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Secara keseluruhan, konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang ditambahkan sangat mempengaruhi hasil *baking expansion*. Berdasarkan uji faktorial, korelasi antara variabel konsentrasi dan lama pencampuran adalah 0,923. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara kedua faktor cukup kuat untuk menghasilkan tepung dengan *baking expansion* yang besar.

Tabel 1. *Baking expansion* tepung singkong hasil oksidasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (0%-30%) dan asam laktat 4,3% dengan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05% sebagai katalisator selama 2,5-15 menit

Waktu pencampuran (menit)	Volume spesifik (ml/g)		
	Konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
	0%	15%	30%
2,5	3,05 <sup>a</sup>	8,24 <sup>c</sup>	9,15 <sup>de</sup>
5	3,16 <sup>a</sup>	8,70 <sup>cd</sup>	9,57 <sup>e</sup>
7,5	3,23 <sup>a</sup>	9,33 <sup>de</sup>	9,31 <sup>de</sup>
10	3,39 <sup>a</sup>	9,59 <sup>e</sup>	9,16 <sup>de</sup>
12,5	3,57 <sup>a</sup>	10,42 <sup>f</sup>	8,31 <sup>c</sup>
15	3,65 <sup>a</sup>	8,28 <sup>c</sup>	5,70 <sup>b</sup>
Kontrol	3,02 <sup>a</sup>		

Keterangan: Notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 2. Angka karbonil dan karboksil tepung singkong hasil oksidasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% dan asam laktat 4,3% dengan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O sebagai katalisator selama 5-15 menit

Sampel	Angka Karbonil (%COH)	Angka Karboksil (%COOH)
Kontrol	0,0532 <sup>A</sup>	0,3088 <sup>a</sup>
Waktu Pencampuran 5 menit	0,6102 <sup>D</sup>	0,4262 <sup>b</sup>
Waktu Pencampuran 7,5 menit	0,2073 <sup>C</sup>	0,5296 <sup>c</sup>
Waktu Pencampuran 10 menit	0,1782 <sup>BC</sup>	0,5315 <sup>c</sup>
Waktu Pencampuran 12,5 menit	0,1684 <sup>B</sup>	0,5357 <sup>c</sup>
Waktu Pencampuran 15 menit	-	0,6329 <sup>d</sup>

Keterangan : Notasi yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa angka karbonil/angka karboksil tidak berbeda nyata dengan tingkat kepercayaan 95%

Tabel 3. Warna tepung singkong teroksidasi hasil perlakuan terpilih

Sampel	L=kecerahan (0-100)	a (kehijauan-kemerahan)	b (kekuningan-kebiruan)
Kontrol	85,70 <sup>a</sup>	5,17 <sup>d</sup>	12,93 <sup>g</sup>
Waktu Pencampuran 5 menit	86,03 <sup>b</sup>	5,17 <sup>d</sup>	12,30 <sup>ef</sup>
Waktu Pencampuran 7,5 menit	86,03 <sup>b</sup>	5,40 <sup>d</sup>	12,43 <sup>f</sup>
Waktu Pencampuran 10 menit	86,20 <sup>c</sup>	5,17 <sup>d</sup>	12,17 <sup>e</sup>
Waktu Pencampuran 12,5 menit	86,10 <sup>b</sup>	5,23 <sup>d</sup>	12,30 <sup>ef</sup>
Waktu Pencampuran 15 menit	86,20 <sup>c</sup>	5,37 <sup>d</sup>	12,23 <sup>ef</sup>

Keterangan: huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa kecerahan, kehijauan dan kekuningan tidak berbeda nyata dengan tingkat kepercayaan 95%

[Bertolini et al. \(2001\)](#) mengemukakan bahwa pengembangan pati singkong terfermentasi disebabkan kenaikan tekan oleh penguapan air dan penurunan viskositas pati. Asam laktat dikatakan dapat membantu peningkatan oksidasi ([Dias et al., 2011a](#)) dan mendepolimerisasi pati yang mengakibatkan penurunan viskositas. Keberadaan asam laktat dapat merenggangkan ikatan antar molekul sehingga air akan mudah masuk ke dalam molekul pati, akibatnya terjadi peningkatan volume pengembangan granula pati pada saat pemanggangan. Namun keberadaan asam laktat secara berlebihan akan menyebabkan ikatan antar molekul dalam granula pati akan terlalu renggang sehingga tidak mampu memerangkap air yang masuk dan mengakibatkan penurunan volume pengembangan pada saat pemanggangan.

Dijelaskan oleh [Tavares et al. \(2010\)](#), oksidasi terutama terjadi pada bagian granula yang amorf. Oksidasi pati sebagian besar menyebabkan pemotongan ikatan glikosidik dan mengoksidasi gugus hidroksil menjadi gugus karbonil dan karboksil. Pemotongan ikatan glikosidik mengakibatkan depolimerisasi amilosa dan amilopektin sehingga menyebabkan penurunan viskositas pasta. Akibat penurunan viskositas tersebut ikatan antar molekul juga akan rendah, sehingga pengikatan air akan lebih mudah. Hal ini menghasilkan adonan dapat mengembang besar selama *baking*.

Nilai volume spesifik terbesar yang menunjukkan nilai *baking expansion* terbesar dimiliki tepung dengan perlakuan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%, asam laktat 4,3%, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05%, dan waktu perendaman 12,5 menit, yaitu 10,42 ml/g. Pada pati singkong dilaporkan bahwa perlakuan modifikasi dengan menggunakan asam laktat 0,86% dan 2 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% serta katalis FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05% selama 30 menit mampu meningkatkan *baking expansion* pati singkong dari 3,2 ml/g menjadi 10,0 ml/g ([Demiate et al., 2000](#)).

Pada penelitian ini juga terjadi penurunan *baking expansion* pada tepung yang dioksidasi dengan variasi konsentrasi oksidator dan lama pencampuran tertentu. Penurunan *baking expansion* ini kemungkinan disebabkan terjadinya oksidasi berlebihan dan degradasi pati yang terlalu tinggi. Hidrogen peroksida merupakan oksidator yang cukup kuat sehingga menyebabkan terjadinya *crosslinking* antar molekul pati. *Crosslinking* tersebut dapat mengakibatkan ikatan antar molekul akan semakin kuat, sehingga akan lebih sulit untuk mengikat air dan menjadi penyebab menurunnya tingkat pengembangan. [Dias et al. \(2011\)](#) juga mengemukakan oksidasi berlebihan dan degradasi pati yang terlalu tinggi mempengaruhi kemampuan pati untuk membentuk struktur internal alveolar yang bertanggungjawab dalam pengembangan produk.

#### Angka Karbonil dan Karboksil Tepung Singkong Teroksidasi Hasil Perlakuan Terpilih

Pengujian angka karbonil dan angka karboksil hanya dilakukan pada tepung singkong hasil oksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% dan asam laktat 4,3% dengan katalis FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05% selama 5-15 menit.

Perlakuan ini dipilih karena nilai *baking expansion* tepung singkong teroksidasi terbesar terletak pada tepung singkong hasil oksidasi dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% dan asam laktat 4,3%. Lama pencampuran dengan bahan kimia dipilih 5 hingga 15 menit untuk mengetahui peningkatan dan penurunan kadar karbonil serta karboksil. [Sangseethong et al. \(2010\)](#), mengemukakan bahwa selama proses oksidasi, gugus hidroksil pada molekul pati dioksidasi menjadi gugus karbonil dan karboksil. Jumlah gugus karbonil dan karboksil pada tepung dengan perlakuan terpilih dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar karbonil dan karboksil pada tepung singkong kontrol (tanpa perlakuan) adalah 0,0532% dan 0,3088%. Kadar karbonil tepung singkong teroksidasi tertinggi pada perlakuan oksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% dan asam laktat 4,3% dengan katalis FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05% selama 5 menit, yaitu 0,6102%. Kemudian mengalami penurunan pada menit selanjutnya sampai pada menit ke 12,5. Pada tepung singkong dengan perlakuan lama pencampuran 15 menit tidak dapat ditentukan kadar karbonilnya karena pH pasta pati setelah dimasukkan dalam *waterbath* selama 4 jam tidak lebih dari 3,2. Kondisi tersebut menyebabkan pasta pati tidak perlu dititrasi menggunakan HCl untuk mencapai pH 3,2. Kadar karbonil ditentukan dengan mengukur volume titrasi HCl pada pasta pati sampai pH mencapai 3,2. Sedangkan kadar karboksil tepung singkong teroksidasi meningkat seiring bertambahnya perlakuan lama pencampuran.

Hasil uji statistika menunjukkan bahwa angka karbonil tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% berbeda nyata untuk tiap variasi waktunya. Sedangkan angka karboksil tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% selama 7,5; 10; dan 12,5 menit tidak berbeda nyata. Akan tetapi angka karboksil tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% selama 5 dan 15 berbeda nyata. Baik angka karbonil maupun angka karboksil tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% berbeda nyata dengan tepung kontrol (tanpa perlakuan).

Pada penelitian ini, *baking expansion* yang tinggi tidak ditunjukkan dengan tingginya pembentukan gugus karbonil dan karboksil. Hal ini disebabkan kesetimbangan antara jumlah gugus karbonil dan karboksil yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pengembangan maksimal ([Dias et al., 2011](#)).

Menurut penelitian [Demiate et al. \(2000\)](#) yang menyatakan selama reaksi oksidasi, gugus hidroksil molekul pati mula-mula teroksidasi menjadi gugus karbonil dan gugus karboksil. Oleh karena itu, jumlah gugus karbonil dan karboksil dapat mengindikasikan panjangnya/lamanya proses oksidasi. Gugus hidroksil dari molekul pati mula-mula dioksidasi menjadi gugus karbonil lalu dioksidasi lebih lanjut menjadi gugus karboksil. Karbonil adalah gugus fungsional utama yang dihasilkan pada proses oksidasi dengan hidrogen peroksida dan asam laktat ([Sangsethong et al., 2010](#)).

Dalam penelitian ini dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu oksidasi maka angka karbonil juga akan meningkat, tetapi dalam waktu bersamaan karbonil dengan cepat berubah menjadi karboksil. Hal ini mengakibatkan angka karbonil mengalami penurunan. Kemungkinan kadar karbonil mengalami peningkatan pada waktu pencampuran kurang dari 5 menit.

pH yang rendah pada tepung dengan waktu pencampuran 15 menit yang ditunjukkan saat pengujian kadar karbonil sehingga menyebabkan pH < 3,2 kemungkinan disebabkan adanya asam-asam organik yang memiliki gugus karboksil. Kadar karbonil pada tepung dengan perlakuan terpilih menunjukkan penurunan dan pada waktu pencampuran 15 menit tidak dapat ditentukan. Hal ini mengindikasikan bahwa gugus karbonil yang terbentuk telah dikonversi menjadi gugus karboksil yang pada gilirannya akan hilang melalui proses dekarboksilasi ([El-Sheikh et al., 2010](#)). Hasil penelitian juga menunjukkan pada sampel tepung dengan waktu pencampuran 15 menit memiliki kadar karboksil tertinggi.

Tingginya kadar karbonil dan karboksil pada tepung modifikasi yang dihasilkan dalam penelitian ini, kemungkinan berkaitan langsung dengan fragmentasi molekuler yang disebabkan oleh perlakuan oksidatif. [Paravouri et al. \(1995\)](#) menyebutkan bahwa umumnya penggunaan katalis logam dalam oksidasi hidrogen peroksida umumnya juga berpengaruh terhadap peningkatan kandungan gugus fungsional pada pati termodifikasi. Katalis Fe digunakan dalam penelitian ini karena berdasarkan penelitian [Paravouri et al. \(1995\)](#), penggunaan katalis ini lebih efisien untuk reaksi oksidasi yang dilakukan dalam kondisi asam, di mana derajat polimerisasi yang dihasilkan lebih tinggi.

Mekanisme reaksi hidrogen peroksida dengan pati sangat kompleks dan berlangsung melalui reaksi radikal. Dengan keberadaan katalis logam, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> akan terdekomposisi menjadi radikal hidroksil (OH). Radikal bebas yang sangat reaktif ini akan bereaksi dengan pati dengan cara mengabstraksi atom hidrogen dari gugus C-H pada cincin gula, membentuk radikal RCHOH yang terkatalisis lebih lanjut oleh asam atau basa menghasilkan pemecahan ikatan glikosidik dan gugus karbonil ([Sangseethong et al., 2010](#)). Pada kondisi alkali, karbohidrat memiliki gugus karbonil yang bebas atau berpotensi menjadi bebas, yang dapat mengalami reaksi lanjut melalui berbagai jalur, di mana beberapa di antaranya menghasilkan gugus karboksil ([Sangseethong et al., 2010](#)).

Pada total angka karbonil dan karboksil tepung singkong teroksidasi menunjukkan penurunan seiring meningkatnya perlakuan lama pencampurannya dengan bahan kimia yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan pembentukan karbonil yang terjadi seiring dengan perubahan karbonil menjadi karboksil. Hal ini sesuai dengan pernyataan [Sangsethoong et al. \(2010\)](#) dan [El-Sheikh et al. \(2010\)](#) yaitu gugus karbonil yang terbentuk akan dengan cepat berubah menjadi gugus karboksil.

Warna Pada Tepung Singkong Teroksidasi Hasil Perlakuan Terpilih

Parameter warna yang diukur dalam analisis warna meliputi tingkat kecerahan (*lightness*) dan sifat kromatis (*chromaticness*). Pada penelitian ini, analisis warna menggunakan metode Judd- Hunter L a b, di mana tingkat kecerahan dinyatakan dengan nilai L, sedangkan warna kromatik dinyatakan dengan nilai a dan b. L (derajat keputihan/kecerahan) dengan nilai 0 = hitam dan 100 = putih, a (nilai positif berarti derajat kemerahan dan nilai negatif berarti derajat kehijauan), dan b (nilai positif berarti derajat kekuningan dan negatif berarti kebiruan). Hasil penelitian menunjukkan nilai a dan b positif. Hasil uji warna tepung dengan perlakuan terpilih disajikan dalam Tabel 3.

Kombinasi perlakuan penambahan asam laktat 4,3% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15% dengan variasi waktu pencampuran memberikan karakteristik warna tepung lebih putih dibandingkan tepung singkong kontrol (tanpa perlakuan), yang ditandai dengan peningkatan derajat kecerahan dan penurunan derajat kekuningan. Menurut [Rivera et al. \(2005\)](#), hal ini disebabkan pada reaksi oksidasi, sebagian pigmen dan protein teroksidasi terlebih dahulu sebelum unit glukosa sehingga senyawa-senyawa tersebut sebagian akan hilang, akhirnya dihasilkan pati yang lebih putih. Lebih intensif dalam pengurangan intensitas warna kuning pada tepung. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada tepung berfungsi sebagai oksidator telah mengoksidasi pigmen berwarna menjadi pigmen teroksidasi ([Widjanarko et al., 2011](#)).

Tabel 3 menunjukkan bahwa tepung teroksidasi pada semua perlakuan terpilih memiliki tingkat kecerahan yang semakin meningkat dan berbeda nyata terhadap kontrol, sedangkan untuk tingkat kekuningan tepung singkong teroksidasi lebih rendah dan berbeda nyata dengan kontrol.

Residu Hidrogen Peroksida Pada Tepung Singkong Teroksidasi Hasil Perlakuan Terpilih

Meskipun menurut [El-Sheikh et al. \(2010\)](#), hidrogen peroksida merupakan agen pengoksidasi yang paling menguntungkan dari sudut pandang lingkungan, karena terdekomposisi menjadi oksigen dan air, namun perlu dilakukan pengujian untuk memastikan keberadaan residu hidrogen peroksida pada tepung singkong termodifikasi.

Sampel yang digunakan untuk pengujian adalah sampel tepung termodifikasi yang memiliki tingkat pengembangan terbesar, yaitu dengan perlakuan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%, asam laktat 4,3%, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05%, dan waktu perendaman 12,5 menit.

Residu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada sampel tepung termodifikasi dengan tingkat pengembangan terbesar rata-rata sebesar 430,33 ppm. Jumlah tersebut mendekati jumlah penggunaan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada susu untuk pembuatan keju yang diizinkan FDA dengan jumlah residu 500 ppm ([Widjanarko et al., 2011](#)). Penelitian [Widjanarko et al. \(2011\)](#) menunjukkan residu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada tepung porang sebesar 138-202 ppm. Jika dibandingkan terdapat perbedaan yang cukup besar. Penyebabnya adalah besarnya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang digunakan berbeda dan metode

pengukuran residu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> juga berbeda. Residu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada tepung singkong termodifikasi dapat berkurang seiring dengan banyaknya tahapan proses yang dilakukan pada tepung untuk membuat produk. Sifat hidrogen peroksida dapat dengan mudah hilang atau menguap dengan beberapa perlakuan seperti pencucian dengan air, penggunaan enzim katalase, penggunaan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau kombinasi antar perlakuan (Widjanarko *et al.*, 2011).

### Kesimpulan

Modifikasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, asam laktat dan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O pada hancuran singkong efektif dalam meningkatkan *baking expansion* tepung yang dihasilkan. Baking expansion tertinggi (10,42 ml/g) terdapat pada tepung singkong yang dioksidasi menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%, asam laktat 4,3% dan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05% selama 12,5 menit. Pada tepung dengan perlakuan terpilih (hasil oksidasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%, asam laktat 4,3% dan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05%), makin lama waktu oksidasi hancuran singkong, maka angka karbonil menurun karena karbonil berubah menjadi karboksil, sedangkan angka karboksilnya meningkat.

Perlakuan oksidasi pada hancuran singkong dapat meningkatkan derajat kecerahan dan menurunkan tingkat kekuningan pada tepung singkong teroksidasi yang dihasilkan. Residu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pada tepung singkong yang dioksidasi dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 15%, asam laktat 4,3% dan FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 0,05% selama 12,5 menit adalah 430,33 ppm.

### Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2009. Produksi Ubi Kayu Indonesia, [http://www.bps.go.id/tnmn\\_pgn.php](http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php). Diakses pada tanggal 27 Maret 2012.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2010. Produksi Ubi Kayu Indonesia, [http://www.bps.go.id/tnmn\\_pgn.php](http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php). Diakses pada tanggal 27 Maret 2012.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2011. Produksi Ubi Kayu Indonesia, [http://www.bps.go.id/tnmn\\_pgn.php](http://www.bps.go.id/tnmn_pgn.php). Diakses pada tanggal 27 Maret 2012.
- Bertolini, A. C., C. Mestres, D. Lourdin, G. Della Valle dan P. Colonna. 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.
- Bertolini, A.C., C. Mestres dan P. Colonna. 2000. Rheological Properties of Acidified and UV-Irradiated Starches. *Starch/ Stärke*. 52: 340-344.
- Demiate, I.M., N. Dupuy, J.P. Huvenne, M.P. Cereda, dan G. Wosiacki. 2000. Relationship Between Baking Behavior of Modified Cassava Starches and Starch Chemical Structure Determined by FTIR Spectroscopy. *Carbohydrate Polymer* 42: 149-158.
- Dias, A. R. G., E. R da Zavareze, E. Helbig, F. A de Moura, C. G. Vargas dan C. F. Ciacco. 2011a. Oxidation of Fermented Cassava Starch Using Hydrogen Peroxide. *Carbohydrate Polymer* 86: 185-191.
- Dias, A.R.G., E.d.R. Zavareze, M.C. Elias, E. Helbig, D.B.d Silva, dan C.F. Ciacco. 2011b. Pasting, Expansion and Textural Properties of Fermented Cassava Starch Oxidized with Sodium Hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*. 84: 268-275.
- El-Sheikh, M.A., M.A. Ramadan dan El-Shafie, A. 2010. Photo-oxidation of Rice Starch Part I: Using Hydrogen Peroxide. *Carbohydrate Polymers*. 80: 266-269.
- Graf, E. dan John, T. P. 1980. Method for Determination of Hydrogen Peroxide, with Its Application Illustrated by Glucose Assay. *Clinical Chemistry Vol. 26 No. 5*.
- Paravouri, P., A. Hamunen, P. Forssell, K. Autio dan K. Poutanen. 1995. Oxidation of Potato Starch by Hydrogen Peroxide. *Starch/Stärke* 47 (1): 19-23
- Rivera, M. M. S., F. J. L. Garcia Suarez, M. V del Valle, F.G. Meraz dan L. A. Bello-Perez. 2005. Partial Characterization of Banana Starches Oxidized by Different Levels of Sodium Hypochlorite. *Carbohydrate Polymer* 62: 50-56.
- Sangseethong, K., N. Termvejsayanon dan K. Sriroth. 2010. Characterization of Psychochemical Properties of Hypochlorite- and Peroxide-Oxidized Cassava Starches. *Carbohydrate Polymers* 82: 446-453.
- Tavares, A.C.K., Zanatta, E., Zavareze, E.R., Helbig, E., and Dias, A.R.G. 2010. The Effect of Acid and Oxidative Modification on The Expansion Properties of Rice Flours With Varying Levels of Amylose. *LWT-Food Science And Technology*. 43 : 1213-1219.
- Widjanarko, S.B. 2011. Efek Hidrogen Peroksida terhadap Sifat Fisiko-Kimia Tepung Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan Metode Maserasi dan Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 12 : 143-152.
- Widowati, S. 2011. Proses Pengolahan Tepung Kasava dan Tapioka. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.