

PENGEMBANGAN PROSES MODIFIKASI CASSAVA DENGAN HIDROLISA ASAM LAKTAT DAN UV UNTUK SUBSTITUSI TERIGU DALAM PRODUK PANGAN

Siswo Sumardiono¹, Isti Pudjihastuti²

¹Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

²PSD 3 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jln Prof Sudarto, SH Semarang 50239, telp/fax 024-7471379

Email: sumardiono@gmail.com, istipudjihastuti@gmail.com

Abstrak

Pati termodifikasi merupakan produk sangat prospektif dalam industri makanan. Pertimbangan utama dari penelitian ini adalah meningkatnya volume permintaan import gandum dan kebutuhan akan pati termodifikasi. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan hidrolisis asam laktat dan reaksi fotokimia UV sebagai katalis terhadap tapioka untuk memodifikasi sifat fisikokimia dan rheologi. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh konsentrasi asam, lama penyinaran lampu UV, dan waktu pengeringan dengan pengering sinar matahari. Variabel percobaan meliputi konsentrasi asam laktat (0,5; 1; 1,5; dan 2%), lama penyinaran dengan lampu UV (10, 15, 20, dan 25 menit) dan waktu pengeringan dengan sinar matahari 4 jam. Tapioka dilarutkan dalam larutan asam laktat pada reaktor tangki berpengaduk yang dilengkapi lampu UV dan kemudian disaring. Tepung tapioka terhidrolisis dikeringkan dengan sinar matahari. Sifat fisikokimia dan rheologi produk ditentukan dengan analisis viskositas, swelling power, kelarutan, daya kembang, hardnes dari roti muffin. Hasil optimum diperoleh 4250 dPa; 26,05; 2,25%; 3,75 ml / g, 160,02 gf, dan 300,35 gf untuk viskositas, swelling power, kelarutan, daya kembang, hardnes samping dan tengah roti muffin. Sifat fisikokimia dan rheologi berubah secara signifikan jika dibandingkan dengan tapioka asli dan gandum. Produk ini diharapkan dapat digunakan untuk substitusi gandum pada produk pangan.

Kata kunci: swelling power, hidrolisis asam, UV, baking ekspansi

Abstract

Modified starch is a very prospective conversion starch in the food industry. The main consideration of the research is the increasing volume of wheat import and industries demand of modified starch. The research method is by acid hydrolysis using lactic acid and UV photochemical and reaction as catalyst of tapioca in order to modify physicochemical and rheological properties. The purpose if this research to study the effect of acid concentration, UV lightening, and drying period using sunlight. The experiment variables are lactic acid concentration (0,5; 1; 1,5; and 2%), UV lightening period (10, 15, 20, and 25 minutes) and drying period using sunlight 4 hours. Tapioca was dissolved in lactic acid solution on agitated tank reactor which was lighted by UV lamp and then screened. The hydrolyzed tapioca was the dried by sunlight. The physicochemical and rheological properties of product were determined by viscosity analysis, swelling power, solubility, baking expansion, center and wall hardness of muffin. Optimum result was obtained 4250 dPa's; 26,05; 2,25%; 3,75 ml/g, 160,02 gf, and 300,35 gf for viscosity, swelling power, solubility, baking expansion, center and wall hardness of muffin respectively. The physicochemical and rheological properties changed significantly compared to initial tapioca and wheat. Moreover, it was expected to use as food product substitution.

Keywords: swelling power, acid hydrolysis, UV, baking expansion

PENDAHULUAN

Pati memegang peranan penting dalam industri pengolahan pangan. Pati secara luas juga dipergunakan dalam industri seperti kertas, lem, tekstil, permen, glukosa, dekstrosa, sirop fruktosa, dan lain lain. Dalam perdagangan dikenal dua macam pati yaitu pati yang belum dimodifikasi

(Native starch) dan pati yang telah dimodifikasi (Modified starch) (Tonukari, 2004). Pati alami seperti tapioka, pati jagung, sagu dan pati pati lain mempunyai beberapa kendala jika dipakai sebagai bahan baku dalam industri pangan maupun non pangan. Jika dimasak pati membutuhkan waktu yang lama, juga pasta yang

terbentuk keras dan tidak bening. Disamping itu sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan dengan asam. Kendala-kendala tersebut menyebabkan pati alami terbatas penggunaannya dalam industri.

Modifikasi pati dengan hidrolisis asam laktat telah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu seperti hidrolisis asam laktat dan radiasi sinar UV. Penelitian ini akan mengkombinasikan reaksi hidrolisis asam dan reaksi fotokimia UV sebagai katalisator untuk memproduksi pati termodifikasi. Hidrolisis asam merupakan proses pemasukan/penggantian atom H kedalam gugus OH pada pati sehingga membentuk rantai yang cenderung lebih panjang dan dapat mengubah sifat sifat psikokimia dan sifat rheologi dari pati. Masalah mendasar dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh konsentrasi asam laktat dan lama penyinaran lampu UV selama reaksi hidrolisis serta mengkaji sifat sifat psikokimia dan rheologi dari pati termodifikasi. Produk pati termodifikasi selanjutnya diuji sebagai bahan baku roti muffin, dan dalam uji karakteristik produk roti akan dikaji baking ekspansi, tekstur dan *hardness*.

Landasan Teori

Pati merupakan zat gizi penting dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Greenwood dan Munro (1979) sekitar 80% kebutuhan energi manusia di dunia dipenuhi oleh karbohidrat. Karbohidrat ini dapat dipenuhi dari sumber seperti biji-bijian (jagung, padi, gandum), umbi-umbian (ubi kayu, kentang, ubi jalar) dan batang (sagu) sebagai tempat penyimpanan pati yang merupakan cadangan makanan bagi tanaman. Pati memegang peranan penting dalam industri seperti kertas, lem, tekstil, permen, glukosa, dektrosa, sirup fruktosa, dan lain lain. Dalam perdagangan dikenal dua macam pati yaitu pati yang belum dimodifikasi dan pati yang telah dimodifikasi.

Pati yang belum dimodifikasi atau pati biasa adalah senua jenis pati yang dihasilkan dari pabrik pengolahan dasar misalnya tepung tapioca. Pati alami mempunyai beberapa kendala jika dipakai sebagai bahan baku dalam industri pangan maupun non pangan. Jika dimasak pati membutuhkan waktu yang lama (hingga butuh energi tinggi), juga pasta yang terbentuk keras dan tidak bening. Disamping itu sifatnya menyebabkan pati alami terbatas penggunaannya dalam industri. Padahal sumber dan produksi pati dinegara kita sangat berlimpah. Di lain pihak, industri yang menggunakan pati menginginkan

pati yang mempunyai kekentalan yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, mempunyai ketahanan yang baik terhadap perlakuan mekanis, dan daya pengentalnya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi.

Menurut Jane (1995) sifat sifat penting yang diinginkan dari pati termodifikasi (yang tidak dimiliki oleh pati alam) diantaranya adalah: kecerahannya lebih tinggi (pati lebih putih), retrogradasi yang rendah, kekentalannya lebih rendah, gel yang terbentuk lebih jernih, tekstur gel yang dibentuk lebih lembek, kekuatan regang yang rendah, granula pati lebih mudah pecah, waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, serta waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah. Modifikasi sifat dan perkembangan teknologi dibidang pengolahan pati, pati alami dapat dimodifikasi sehingga mempunyai sifat-sifat yang diinginkan seperti diatas. Modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul dari pati yang dapat dilakukan secara kimia, fisika maupun enzimatis. Potensi dan prospek modifikasi pati menurut Banks dkk., (1975) dan Beynums dkk.,(1985) dapat dikelompokkan menjadi produk pangan dan non pangan. Dibidang pangan pati termodifikasi banyak digunakan dalam pembuatan saus kental, jeli marmable, produk produk konfeksioneri (permen, coklat dan lain lain). Sedangkan dibidang non pangan banyak digunakan pada industri kertas, tekstil dan penggunaan lain misalnya sebagai bahan pencampur pada pelarut insektisida dan fungisida, bahan pencampur sabun detergen dan sabun batangan. Dewasa ini metode yang banyak digunakan untuk memodifikasi pati adalah modifikasi dengan asam, modifikasi dengan enzim, modifikasi dengan oksidasi dan modifikasi ikatan silang. Setiap metode modifikasi tersebut menghasilkan pati termodifikasi dengan sifat yang berbeda-beda. Teknik modifikasi dapat dibagi dalam tiga tipe yaitu modifikasi sifat rheologi, modifikasi dengan stabilisasi, dan modifikasi spesifik. Termasuk dalam modifikasi sifat rheologi adalah depolimerisasi dan ikatan silang. Proses depolimerisasi akan menurunkan viskositas dan karena itu dapat digunakan pada tingkat total padatan yang lebih tinggi. Cara yang dapat dilakukan meliputi dektrinisasi, konversi asam, dan konversi basa dan oksidasi. Sifat pati termodifikasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh pH, suhu inkubasi dan konsentrasi pati yang digunakan selama proses modifikasi. Sedangkan teknik ikatan silang akan membentuk jembatan

antara rantai molekul sehingga didapatkan jaringan makro molekul yang kaku. Cara ini akan merubah sifat rheologi dari pati dan sifat resistensinya terhadap asam. Beberapa peneliti terdahulu telah melakukan modifikasi pati diantaranya berbahan baku tapioka.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi tapioka dengan menggunakan penggabungan proses hidrolisis asam dan reaksi fotokimia sinar ultra ungu. Dengan tujuan peneliti berupaya mencari inovasi teknologi untuk memanfaatkan sumber daya lokal menjadi pati termodifikasi yang mampu mensubstitusi atau bahkan menggantikan gandum.

MEODE PENELITIAN

Bahan

Bahan utama pada penelitian ini adalah tepung tapioka curah yang merupakan produk buatan dari PT Sungai Budi Lampung, aquadest, dan asam laktat pa (Merck) tanpa perlakuan lebih lanjut.

Alat Percobaan

Alat utama penelitian ini adalah reaktor tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan lampu ultra ungu. Sementara itu alat lain yang dipergunakan meliputi oven, sentrifuge, alat penyaring, viskosimeter, timbangan digital, struktur analyser dan pH meter.

Prosedur Percobaan

Pada tahap ini dimulai dengan membuat larutan asam laktat sesuai dengan konsentrasi yang bervariasi (0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5%) dalam 1500 ml aquadest, kemudian melarutkan tapioka sebanyak 500 gram dalam larutan asam laktat dan disinari dengan lampu ultra ungu selama 10, 15, 20, 25, dan 30 menit, hasil pati termodifikasi disaring dan dikeringkan diatas portabel pengering sinar matahari dengan waktu pengeringan yang bervariasi (2, 3, 4, 5, dan 6 jam). Pati termodifikasi yang telah kering, kemudian dianalisis untuk menentukan karakteristik sifat-sifat pati meliputi: viskositas, swelling power, kelarutan, dan baking ekspansi.

Hasil Percobaan

Tabel 1. Baking ekspansi dan swelling power pati termodifikasi dengan proses hidrolisis asam laktat dan sinar UV

Lama pengeringan Sinar Matahari (jam)	Lama penyinaran lampu UV (mnt)	Konsentrasi asam laktat (%)	Baking ekspansi (ml/gr)	Swelling power
2,0	15	1,0	3,22	20,65
3,0	15	1,0	3,30	22,45
4,0	15	1,0	3,38	25,44
5,0	15	1,0	3,71	26,75

Lama pengeringan Sinar Matahari (jam)	Lama penyinaran lampu UV (mnt)	Konsentrasi asam laktat (%)	Baking ekspansi (ml/gr)	Swelling power
6,0	15	1,0	3,48	26,75
5,0	10	1,0	3,02	20,59
5,0	15	1,0	3,71	23,08
5,0	20	1,0	3,81	25,46
5,0	25	1,0	3,72	26,53
5,0	30	1,0	3,72	26,88
5,0	20	0,5	2,65	24,65
5,0	20	1,0	3,81	25,38
5,0	20	1,5	3,32	24,88
5,0	20	2,0	2,39	23,75
5,0	20	2,5	2,01	21,17

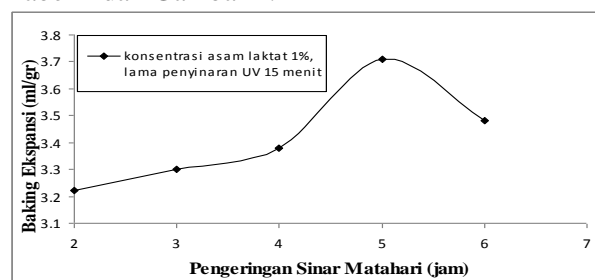
Tabel 2. Hasil analisis sifat psikokimia dan rheologi tapioka, pati terhidrolisis (pati hasil) dan terigu

Komponen	Viskositas (cp)	Baking ekspansi (ml/gr)	Hardness tengah (gf)	Hardness dinding (gf)
Tapioka	700	2,67	213,69	338,03
Pati hasil	450	3,81	169,02	305,35
Terigu	250	3,92	148,64	215,10

PEMBAHASAN

1. Pengaruh pengeringan sinar matahari terhadap baking ekspansi

Proses hidrolisis pati dengan asam laktat dan penyinaran UV dilakukan dalam kondisi operasi yang tetap untuk konsentrasi asam laktat 1% b/b, lama penyinaran dengan lampu UV 15 menit, kemudian hasil pati terhidrolisis dikeringkan diatas portabel pengering sinar matahari dengan variasi lama pengeringan yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6 jam. Masing masing perlakuan tersebut kemudian dianalisis baking ekspansinya, seperti tersaji pada Tabel 1 dan Gambar 1.



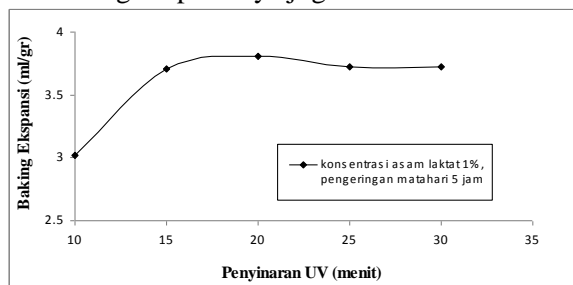
Gambar 1. Hubungan lama pengeringan sinar matahari dengan baking ekspansi

Gambar 1 menunjukkan makin lama waktu pengeringan maka makin tinggi harga baking ekspansi. Degradasi pati yang disebabkan oleh asam laktat dan sinar UV selama hidrolisis 15 menit serta pengeringan hasil pada portabel pengering sinar matahari selama 5 jam menunjukkan nilai baking ekspansi yang maksimum. Sifat rheologi adonan pati dapat berhubungan dengan ekspansi pemanggangan dan ditingkatkan oleh radiasi UV baik dari sinar

matahari maupun lampu UV serta penambahan asam laktat. Baking ekspansi dapat dikaitkan dengan tekanan penguapan, meningkatnya suhu sehingga mendorong pertumbuhan gelembung yang meningkat, pertumbuhan gelembung menyebabkan struktur sel yang dibentuk mengurangi ukuran dan viskositas pati.

2. Pengaruh lama penyinaran lampu UV terhadap baking ekspansi

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara baking ekspansi dengan variasi waktu (lama) penyinaran dengan lampu UV terlihat pengaruh yang signifikan. Untuk lama penyinaran 10, 15, 20, 25, dan 30 menit secara berturut-turut menunjukkan baking ekspansi sebesar 3,02; 3,71; 3,81; 3,72 dan 3,72. Pengaruh sinar UV terhadap baking ekspansi ini menyebabkan asam yang berdifusi kedalam granula pati akan mendorong terjadinya degradasi granula pati menjadi molekul molekul yang lebih kecil dan mudah larut dalam air. Semakin lama jumlah tapioka dan asam yang disinari dengan lampu UV berarti makin tinggi intensitas radiasi yang mempengaruhi sifat pati yang terhidrolisis, sehingga memberikan nilai ekspansi yang cukup tinggi (Demiate dkk, 2000). Pada kondisi penyinaran selama 25 menit nilai bakung ekspansi mulai stabil. Pada kondisi tersebut mungkin jumlah amilosa yang tereduksi sudah maksimum dan tidak akan meningkatkan kandungan amilopektin. Amilopektin mempunyai sifat cenderung tidak larut dalam air, sehingga jika kandungan amilopektin tidak meningkat maka banyaknya pasta yang terbentuk dan baking ekspansinya juga mulai stabil.

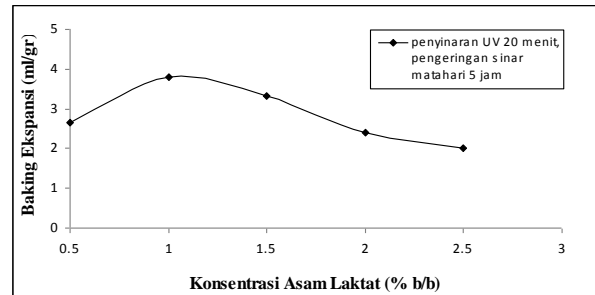


Gambar 2. Hubungan lama penyinaran lampu UV dengan baking ekspansi.

3. Pengaruh konsentrasi asam terhadap baking ekspansi

Proses hidrolisis pati dengan asam laktat dan penyinaran sinar UV dilakukan pada lama penyinaran 20 menit dengan konsentrasi asam laktat yang bervariasi yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan

2,5%. Masing masing perlakuan kemudian dikeringkan diatas portabel pengering sinar matahari selama 5 jam dan hasil pati termodifikasi dianalisis baking ekspansinya, seperti terlihat pada Gambar 3 dibawah.

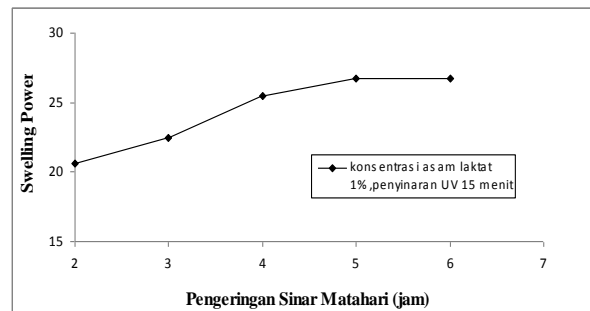


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi asam dengan baking ekspansi

Pada Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi asam lebih besar dari 1% maka nilai baking ekspansi akan semakin kecil. Makin tinggi konsentrasi asam laktat ini menunjukkan bahwa pH semakin rendah, sedangkan pengaruh pH pada pati terdapat pada penambahan gugus karbonil (C=O) dan gugus karboksil (C=O-O-H). Kedua gugus tersebut sangat berpengaruh pada viskositas pasta yang terbentuk, karena gugus karbonil sangat berpengaruh pada proses degradasi amilosa, sehingga semakin meningkatnya degradasi amilosa maka pasta yang terbentuk akan semakin sedikit dan akan menurunkan nilai baking ekspansi (Kesselmans dkk, 2004).

4. Pengaruh lama pengeringan sinar matahari terhadap swelling power

Proses hidrolisis dengan asam laktat dan sinar UV dilakukan pada konsentrasi asam 1% dengan penyinaran lampu UV selama 15 menit serta lama pengeringan hasil pati terhidrolisis bervariasi yaitu: 2,0 ; 3,0 ; 4,0 ; 5,0 ; dan 6,0 jam. Masing-masing perlakuan kemudian dianalisis swelling powernya, hasilnya seperti terlihat pada Gambar 4.



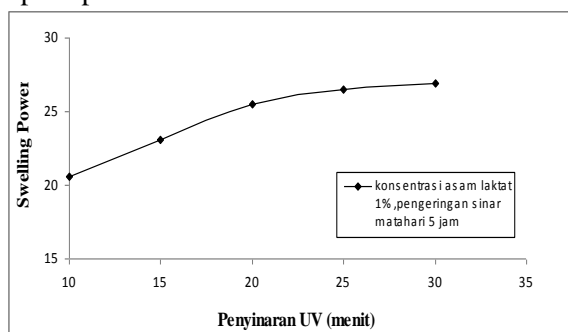
Gambar 4. Hubungan lama pengeringan sinar matahari dengan swelling power.

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara waktu (lama) pengeringan dengan swelling power. Semakin meningkat waktu pengeringan maka swelling power akan semakin naik. Semakin lama waktu pengeringan maka suhu akan semakin tinggi sehingga granula pati akan membengkak dan mengembang yang mengakibatkan swelling powernya naik (Murillo dkk, 2008).

Pada Gambar 4 terlihat bahwa untuk pengeringan 5 jam harga swelling power paling tinggi dan selanjutnya stabil, ini menunjukkan bahwa setelah pengeringan selama 5 jam asam yang berdifusi kedalam granula pati sudah mulai berkurang dan terlarut sempurna sehingga rantai amilosa tereduksi sempurna. Ini menyebabkan kecenderungan granula pati untuk menyerap air dan mengembang dengan sempurna.

5. Pengaruh lama penyinaran lampu UV terhadap swelling power

Proses hidrolisis pati dengan asam laktat dan penyinaran lampu UV dilakukan pada konsentrasi asam laktat 1% dengan waktu (lama) penyinaran lampu UV bervariasi yaitu: 10, 15, 20, 25, dan 30 menit, kemudian hasil pati terhidrolisis dikeringkan pada portabel pengering sinar matahari selama 5 jam. Masing-masing perlakuan hasilnya dianalisis swelling powernya, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara lama penyinaran lampu UV dengan swelling power.

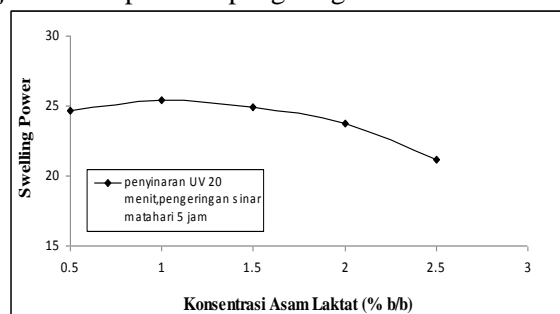
Pada proses hidrolisis dengan konsentrasi asam laktat 1% harga swelling power untuk lama penyinaran lampu UV berturut-turut 10, 15, 20, 25, dan 30 menit adalah semakin meningkat yaitu: 20,59; 23,08; 25,46; 26,53; dan 26,88. Semakin lama waktu penyinaran dengan lampu UV berarti juga semakin lama waktu hidrolisis, menyebabkan rantai pati tereduksi sehingga menyebabkan rantai pati cenderung lebih pendek dan mudah menyerap air. Air yang terserap pada setiap granula pati akan menjadikan granula

granula pati mengembang (Hee-Joung An, 2005) dan saling berhimpitan sehingga meningkatkan nilai swelling powernya.

Semakin lama waktu hidrolisis akan menyebabkan semakin banyak amilose yang tereduksi dan akan meningkatkan amilopektin. Amilopektin mempunyai sifat cenderung tidak larut dalam air, sehingga jika kandungan amilopektin meningkat maka semakin banyak pula pasta yang terbentuk dan swelling power juga akan naik.

6. Pengaruh konsentrasi asam terhadap swelling power

Pada proses hidrolisis asam laktat dilakukan dengan lama penyinaran lampu UV 20 menit dan konsentrasi asam laktat yang bervariasi yaitu: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5% dengan waktu pengeringan pati terhidrolisis tetap selama 5 jam diatas portabel pengering sinar matahari.



Gambar 6. Hubungan antara konsentrasi asam laktat dengan swelling power.

Dari hasil analisis swelling power masing-masing perlakuan seperti terlihat pada Gambar 6 bahwa semakin tinggi konsentrasi asam laktat harga swelling power cenderung menurun, ini menunjukkan bahwa semakin asam berarti pH nya semakin rendah, sedangkan pengaruh pH pada pati terdapat pada penambahan gugus karbonil (C=O) dan gugus karboksil (C=O-O-H). Kedua gugus tersebut sangat berpengaruh pada viskositas pasta yang terbentuk, karena gugus karbonil sangat berpengaruh pada proses degradasi amilosa, sehingga semakin meningkatnya degradasi amilosa maka pasta yang terbentuk akan semakin sedikit dan akan menurunkan nilai swelling power (Kesselmans dkk, 2004). Pada konsentrasi asam laktat 1,5% nilai swelling power mulai mengalami penurunan karena adanya gugus amilosa yang terbentuk, sehingga cenderung larut dalam air dan menyebabkan berkurangnya pasta yang terbentuk.

7. Analisis produk akhir

Dari hasil analisis sifat psikokimia antara pati sebelum termodifikasi dengan pati setelah modifikasi dan terigu, pati termodifikasi memiliki sifat yang lebih baik dibanding dengan pati sebelum modifikasi (Narkrugsa dkk, 2000). Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya nilai viskositas, hardness tengah dan hardness dinding serta meningkatnya nilai baking ekspansi. Pada Tabel 2 terlihat hasil baking ekspansi untuk pati termodifikasi 3,81 ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Phimphilai dkk (2005) menggunakan komposisi olahan roti muffin dengan baking ekspansi sebesar $3,37 \pm 0,89$.

KESIMPULAN

Kondisi akhir reaksi hidrolisis yang paling baik seperti konsentrasi asam, waktu penyinaran dengan lampu UV (lama hidrolisis) dan lama pengeringan hasil pati termodifikasi berturut-turut adalah: 1%, 20 menit, dan 5 jam. Hasil analisis dari kondisi tersebut didapat viskositas, baking ekspansi, hardness tengah dan hardness dinding berturut-turut 450 cp, 3,81; 169,02 gf, dan 305,35 gf. Hasil dari penelitian terlihat adanya perubahan pada sifat psikokimia dan rheologi yang cukup signifikan antara pati termodifikasi dengan pati sebelum termodifikasi dan terigu. Ini terlihat dari meningkatnya nilai baking ekspansi dan menurunnya nilai viskositas, hardness dari pati bila dibandingkan dengan sebelum termodifikasi. Nilai viskositas, baking ekspansi dan hardness dari pati termodifikasi mendekati nilai dari terigu, ini mengisyaratkan bahwa pati hasil modifikasi dapat digunakan sebagai pengganti atau untuk substitusi kebutuhan akan terigu atau gandum.

DAFTAR PUSTAKA

Banks,W dan C.T.Greenwood. 1975. *Starch Its Components. Halsted Press*, John Wiley and Sons, N. Y.

Beynum, G.M.A. dan J.A. Roels. 1985. *Starch Convection Technology. Applied Science Publ.*, London.

Demiante, I.M. Dupuy, N. Huyenne, J.P. Wosiacki, G. 2000. *Relationship Between Baking Behavior of Modified*

Cassava Starch and Starch Chemical Structure determined by FTIR Spectroscopy. Carbohydrate Polymers 42: 149-158.

Greenwood, C.T. dan D.N.Munro. 1979. Carbohydrates. Di dalam R.J.Priestley, ed. *Effects of Heat on Foodstufs. Applied Science Publ. Ltd.*, London.

Hee-Young An. 2005. *Effects of Ozonation and Addition of Amino acids on Properties of Rice Starches*. A Disseftation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

Jane, J. 1995. *Starch Properties Modifications and Application*. Jurnal of Macromolecular Science. Part A. 32: 4, 751-757.

Kesselmans. Annen. Ido Pleter Blecker. And ten Boer. 2004. *Oxidation of Starch*, United States Patent no 6.777.548.B1, 23 November 2004.

Murillo, C.E.C. Wang, Y.i. dan Perez, L.A.B. 2008. *Morphological Physicochemical and Structural Characteristics of Oxidized Barley and Corn starches*, Starch/ Starke Vol 60. 634-645.

Narkrugsa. Wand Emmerich Berghofer.2000. *Physicochemical Properties of Modified Cassava Flour and Starch for Carrugated Boord Adhesive*. Bangkok Thailand.

Phimphilai, S. Oratai Chumnan. Kajorndai Phimphilai dan Klanarong Sriroth. 2005. *Effects of Ultraviolet Radiation and Temperature on Characteristics of Modified Cassava Starch*. Departement of Food Technology. Faculty of Engineering and Agroindustry. Maejo University. A Sansai. Chiangmai. Thailand.

Tonukari, J.N.2004. *Cassava and Future of Starch*. Electronic Journal of Biotechnology. ISSN: 0717-3458, Vol 7 No 1. Issue of April 15.2004