

**PENINGKATAN NILAI GUNA PATI ALAMI
MELALUI PROSES MODIFIKASI PATI
Agustien Zulaidah*)**

Abstrak

Pati merupakan karbohidrat yang banyak dijumpai pada tanaman, baik dalam umbi, biji, batang dan buah. Penggunaan pati sangat luas baik di industri pengolahan pangan maupun di industri, akan tetapi pati alami kurang bisa diterima dalam pengolahan pangan maupun di industri. Untuk memenuhi kebutuhan pati yang bisa diterapkan di industri pangan maupun di industri maka diperlukan adanya proses modifikasi pati.

Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia atau dengan mengganggu struktur asalnya. Pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk merubah beberapa sifat sebelumnya atau sifat lainnya.

Modifikasi pati dapat dilakukan dengan cara penambahan asam (hidrolisis asam), hidrolisis enzim, ikatan silang (cross linking), oksidasi pati dan secara fermentasi (biologi). Pati termodifikasi yang dihasilkan mempunyai sifat psikokimia dan rheologi yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaannya.

Kata Kunci : Pati, pati termodifikasi, modifikasi pati

1. PENDAHULUAN

Pati adalah salah satu bahan penyusunan yang paling banyak dan luas terdapat di alam, yang merupakan karbohidrat cadangan pangan pada tanaman. Sebagian besar pati di simpan dalam umbi (ubi kayu, ubi jalar, kentang, dll), biji (jagung, padi, gandum), batang (sagu) dan buah . Disamping itu pati merupakan zat gizi penting dalam kehidupan sehari-hari, dimana dalam tubuh manusia kebutuhan energi hampir 80 % dipenuhi dari karbohidrat.

Pati dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu pati alami yang belum mengalami modifikasi (*Native Starch*) dan pati yang telah termodifikasi (*Modified Starch*). Pati alami diperoleh dari pemisahan sari pati yang terdapat pada tanaman baik yang dari umbi, biji maupun batang. Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula.

*) Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Pandanaran

Bentuk dan ukuran granula pati merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi. Pati termodifikasi menurut Fleche (1985) adalah pati dimana gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia seperti esterifikasi, eterifikasi atau

oksidasi atau dengan mengganggu struktur awalnya. Glicksman (1969) mengemukakan pati termodifikasi adalah pati yang diberi perlakuan tertentu dengan tujuan untuk menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau merubah beberapa sifat lainnya. Perlakuan ini dapat mencakup penggunaan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia baru atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul. (<http://dudimuseind.blogspot.com/2008/03/pati-termodifikasi.html>).

Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti, protein dan lemak Umumnya pati mengandung 15–30% amilosa, 70–85% amilopektin dan 5–10% material antara. Struktur dan jenis material antara tiap sumber pati berbeda tergantung sifat-sifat botani sumber pati tersebut (Greenwood dkk., 1979).

Pati memegang peranan penting dalam industri pengolahan pangan. Pati secara luas juga dipergunakan dalam industri seperti kertas, lem, tekstil, permen, glukosa, dekstrosa, sirup fruktosa, dan lain-lain. Pati alami seperti tapioka, pati jagung, sagu dan pati-patian lain 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 terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan dengan asam. Kendala-kendala tersebut menyebabkan pati alami terbatas penggunaannya dalam industri. Padahal sumber dan produksi pati-patian di negara kita sangat berlimpah, yang terdiri dari tapioka (pati singkong), pati sagu, pati beras, pati umbi-umbian selain singkong, pati buah-buahan (misalnya pati pisang) dan banyak lagi sumber pati yang belum diproduksi secara komersial (Kusworo, 2006).

Industri pengguna pati menginginkan pati yang mempunyai kekentalan yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, mempunyai ketahanan yang baik terhadap perlakuan mekanis, dan daya pengentalannya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi (Kusworo, 2006). 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 (Jane, 1995).

Pati alami dapat dimodifikasi sehingga mempunyai sifat-sifat yang diinginkan seperti di atas. Modifikasi disini dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul dari yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatik (James N. BeMiller *et al.*, 1997). Pati alami dapat dibuat menjadi pati termodifikasi atau *modified starch*, dengan sifat-sifat yang dikehendaki atau sesuai dengan kebutuhan (Sangseethong *et al.*, 2009). Pati termodifikasi banyak digunakan dalam pembuatan *salad cream*, *mayonaise*, saus kental, jeli marmable, produk-produk konfeksioneri (permen, coklat dan lain-lain), *breaded food*, *lemon curd*, pengganti gum arab dan lain-lain (Kusworo, 2006).

Dewasa ini metode yang banyak digunakan untuk memodifikasi pati adalah modifikasi dengan asam, modifikasi dengan enzim, modifikasi dengan oksidasi dan modifikasi ikatan silang (Klanarong Sriroth *et al.*, 2002; Miyazakia *et al.*, 2006). Setiap metode modifikasi tersebut menghasilkan pati termodifikasi dengan sifat yang berbeda-beda. Potensi pengembangan tapioka sangat besar mengingat Indonesia merupakan penghasil tapioka terbesar ke-4 dunia setelah Nigeria, Brazil dan Thailand (Klanarong Sriroth *et al.*, 2002).

2. PATI

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Sifat pada pati tergantung panjang rantai karbonnya, serta lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin (Hee-Joung An, 2005). Tapioka berasal dari umbi ubi

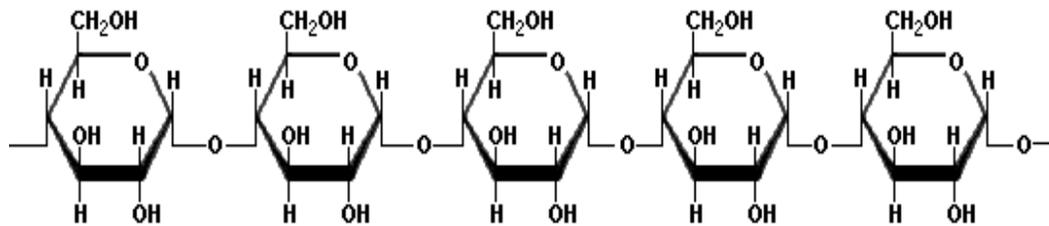
kayu (*Manihot esculanta*) yang diambil patinya melalui proses penggilingan umbi ubi kayu, dekantasi, pemisahan ampas dengan konsentrat, pengendapan dan pengeringan (Dziedzic dan Kearsley, 1995). Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi. Pati tersusun paling sedikit oleh tiga komponen utama yaitu amilosa, amilopektin dan material antara seperti, protein dan lemak Umumnya pati mengandung 15–30% amilosa, 70–85% amilopektin dan 5–10% material antara. Struktur dan jenis material antara tiap sumber pati berbeda tergantung sifat-sifat botani sumber pati tersebut (Greenwood dkk., 1979). Komposisi pati ubi kayu sebagaimana tertera pada Tabel.1

Tabel 1. Komposisi Kimia Pati Ubi Kayu (Rickard dkk, 1992)

Komposisi	Jumlah (%)
Pati	73,3-84,9
Lemak	0,08-1,54
Protein	0,03-0,60
Kadar Abu	0,02-0,33

2.1. Amilosa

Amilosa merupakan bagian polimer dengan ikatan α -(1,4) dari unit glukosa dan pada setiap rantai terdapat 500-2000 unit D-glukosa, membentuk rantai lurus yang umumnya dikatakan sebagai linier dari pati (Hee-Joung An, 2005). Karakteristik dari amilosa dalam suatu larutan adalah kecenderungan membentuk koil yang sangat panjang dan fleksibel yang selalu bergerak melingkar. Struktur ini mendasari terjadinya interaksi iodamilosa membentuk warna biru. Dalam masakan, amilosa memberikan efek keras bagi pati (Hee-Joung An, 2005). Struktur rantai amilosa cenderung membentuk rantai yang linear seperti terlihat pada Gambar 1.



Gb.1. Struktur Amilosa

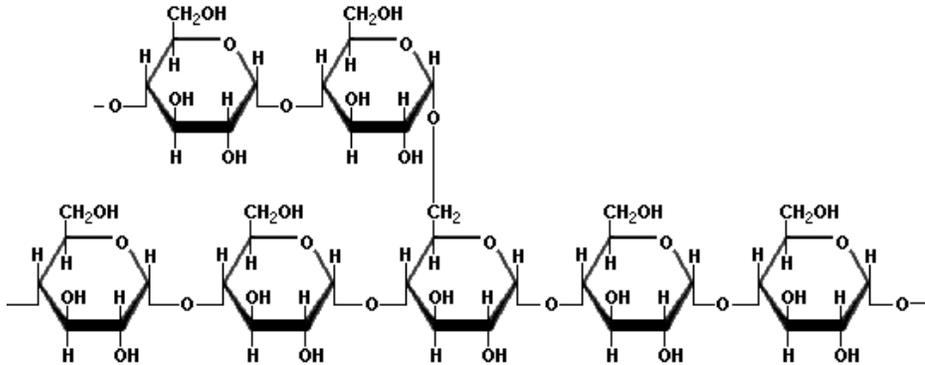
2.2. Amilopektin

Sedangkan amilopektin adalah polimer berantai cabang dengan ikatan α -(1,4)-glikosidik dan ikatan α -(1,6)-glikosidik di tempat percabangannya. Setiap cabang terdiri atas 25 - 30 unit D-glukosa . Selain perbedaan struktur, panjang rantai polimer, dan jenis ikatannya, amilosa dan amilopektin mempunyai perbedaan dalam hal penerimaan terhadap iodine. Amilosa akan membentuk kompleks berwarna biru sedangkan amilopektin membentuk kompleks berwarna ungu-coklat bila ditambah dengan iodine (Hee-Joung An, 2005).

Amilopektin seperti amilosa juga mempunyai ikatan α -(1,4) pada rantai lurus, serta ikatan β -(1,6) pada titik percabangannya. Struktur rantai amilopektin cenderung membentuk rantai yang bercabang seperti terlihat pada Gambar 2.. Ikatan percabangan tersebut berjumlah sekitar 4–5 % dari seluruh ikatan yang ada pada amilopektin (Ann-Charlotte Eliasson, 2004). Biasanya amilopektin mengandung 1000 atau lebih unit molekul glukosa untuk setiap rantai. Berat molekul amilopektin glukosa untuk setiap rantai bervariasi tergantung pada sumbernya. Amilopektin pada pati umbi-umbian mengandung sejumlah kecil ester fosfat yang terikat pada atom karbon ke 6 dari cincin glukosa (Koswara, 2006).

Dalam produk makanan, amilopektin bersifat merangsang terjadinya proses mekar (puffing) dimana produk makan yang berasal dari pati yang kandungan amilopektinnya tinggi akan bersifat ringan, porus, garing dan renyah. Kebalikannya pati dengan kandungan amilosa

tinggi, cenderung menghasilkan produk yang keras, pejal, karena proses mekarnya terjadi secara terbatas (Hee- Joung An, 2005 dalam Pudjihastuti, 2010).



Gb. 2. Struktur Amilopektin

Pada struktur granula pati, amilosa dan amilopektin ini tersusun dalam suatu cincin-cincin. Jumlah cincin dalam suatu granula kurang lebih berjumlah 16, ada yang merupakan cincin lapisan amorf dan cincin yang merupakan lapisan semikristal (Hustiany, 2006). Amilosa merupakan fraksi gerak, yang artinya dalam granula pati letaknya tidak pada satu tempat, tergantung dari jenis pati. Secara umum amilosa terletak diantara molekul-molekul amilopektin dan secara acak berada selang-seling diantara daerah amorf dan kristal (Oates, 1997).

3. PATI TERMODIFIKASI

Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia atau dengan mengganggu struktur asalnya. Pati diberi perlakuan tertentu dengan tujuan menghasilkan sifat yang lebih baik untuk memperbaiki sifat sebelumnya atau untuk merubah beberapa sifat sebelumnya atau sifat lainnya. Perlakuan ini dapat mencakup penggunaan panas, asam, alkali, zat pengoksidasi atau bahan kimia lainnya yang akan menghasilkan gugus kimia

baru atau perubahan bentuk, ukuran serta struktur molekul pati. Pati dapat dimodifikasi melalui cara hidrolisis, oksidasi, *cross-linking* atau *cross bonding* dan substitusi (Koswara, 2006).

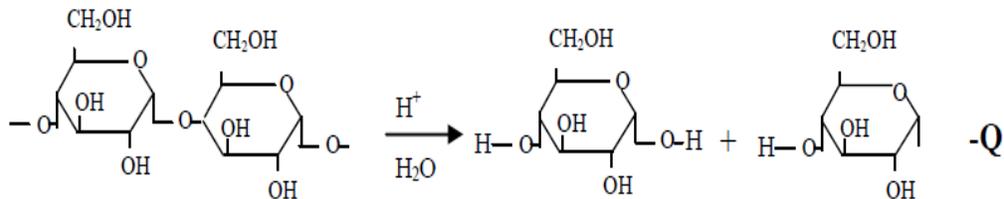
3.1. Pati Termodifikasi Asam

Pati termodifikasi asam dibuat dengan menghidrolisis pati dengan asam dibawah suhu gelatinisasi, pada suhu sekitar 52°C. Reaksi dasar meliputi pemotongan ikatan α -1,4-glukosidik dari amilosa α -1,6-D-glukosidik dari amilopektin, sehingga ukuran molekul pati menjadi lebih rendah dan meningkatkan kecenderungan pasta untuk membentuk gel . Pati termodifikasi asam memiliki viskositas pasta panas lebih rendah, kecenderungan retrogradasi lebih besar, ratio viskositas pasta pati dingin dari pasta pati panas lebih rendah, granula yang mengembang selama gelatinisasi dalam air panas lebih rendah, peningkatan stabilitas dalam air hangat di bawah suhu gelatinisasi dan bilangan alkali lebih tinggi (Klanarong Sriroth, 2002).

Dalam metode hidrolisis asam ini konsentrasi asam, temperatur, konsentrasi pati dan waktu reaksi dapat bervariasi tergantung dari sifat pati yang diinginkan. Molekul amylosa mudah terpecah dibanding dengan molekul amylopektin sehingga saat hidrolisa asam berlangsung akan menurunkan gugus amylosa. *Thin-boiling Starch* adalah pati termodifikasi yang diperoleh dengan cara hidrolisis dengan mengasamkan suspensi pati sampai pH tertentu dan memanaskan pada suhu tertentu sampai diperoleh derajat konversi yang diinginkan. Kegunaan utama *thin-boiling starch* adalah dalam larutan pembuatan *gypsum wallboard*, *gum candies* dan *sizing* tekstil (Atichokudomchaia dkk., 2000).

Dibandingkan dengan pati aslinya, pati termodifikasi asam menunjukkan sifat-sifat yang berbeda, seperti penurunan viskositas sehingga memungkinkan penggunaan pati dalam jumlah yang lebih besar, penurunan kemampuan pengikatan iodine, pengurangan pembengkakan granula selama gelatinisasi, penurunan viskositas intrinsic, peningkatan kelarutan dalam air

panas di bawah suhu gelatinisasi, suhu gelatinisasi lebih rendah, penurunan tekanan osmotik (penurunan berat molekul), peningkatan rasio viskositas panas terhadap viskositas dingin dan peningkatan penyerapan NaOH (bilangan alkali lebih tinggi). Akan tetapi sama seperti pati alami, pati termodifikasi bersifat tidak larut dalam air dingin (Koswara, 2006).



Gb.3. Reaksi Hidrolisis Pati dengan Asam

3.2. Pati Termodifikasi Hidrolisis Enzim

Hal-hal yang mempengaruhi hidrolisa enzim antara lain konsentrasi asam, temperatur, dan waktu pemasakan (O.S Azeez, 2002). Hidrolisis disini adalah dengan memecah rantai pada pati baik amilosa maupun amilopektin. Enzim yang memecah yaitu α - amilase. terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, jaringan mikroba. Dapat juga diisolasi dari *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis*. Laju hidrolisis akan meningkat bila tingkat polimerisasi menurun, dan laju hidrolisis akan lebih cepat pada rantai lurus. Hidrolisis amilosa lebih cepat dibanding hidrolisis terhadap amilopektin (Niba L.L dkk, 2002).

Cara kerja enzim α - amilase terjadi melalui dua tahap, yaitu : pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan amiltrotrosia yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas yang cepat pula. Kedua, relatif sangat lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan caranya tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim α - amilase pada molekul amilosa (Koswara, 2006).

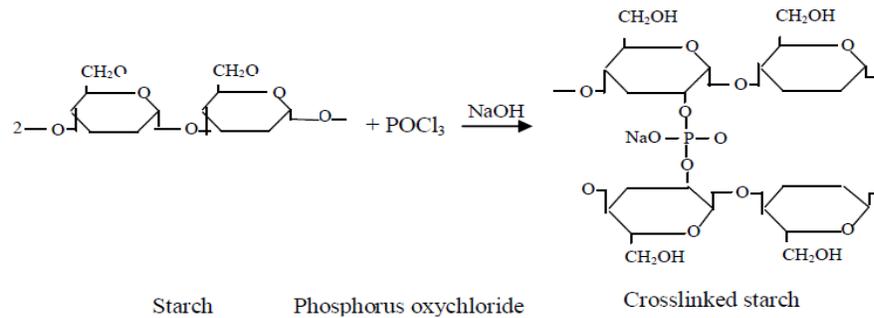
3.3. Pati Termodifikasi Ikatan Silang (*Cross-Linking*)

Pati termodifikasi ini diperoleh dengan cara mereaksikan pati dengan reagen bi atau polifungsional seperti sodium trimetaphosphate, phosphorus oxychloride, epichlorohydrin sehingga dapat membentuk ikatan silang pada molekul pati. Reagen tersebut juga dapat digabung dengan asetat anhidrat dan asam dikarboksilat membentuk pati modifikasi ganda. Karakteristik dari pati *cross-linking* adalah suhu gelatinisasi pati menjadi meningkat, pati tahan pada pH rendah dan pengadukan (Miyazaki, 2006).

Metode *cross-linking* bertujuan menghasilkan pati yang tahan tekanan mekanis, tahan asam dan mencegah penurunan viskositas pati selama pemasakan sedangkan metode esterifikasi-asetat bertujuan menstabilkan viskositas pati, menjernihkan pasta pati, mengurangi retrogradasi dan menstabilkan pati pada suhu rendah (Atichokudomchaia dkk, 2000). *Cross-linking* dipakai apabila dibutuhkan pati dengan viskositas tinggi atau pati dengan ketahanan geser yang baik seperti dalam pembuatan pasta dengan pemasakan kontinu dan pemasakan cepat pada injeksi uap. Pati ikatan silang dibuat dengan menambahkan *cross-linking agent* dalam suspensi pati pada suhu tertentu dan pH yang sesuai. Dengan sejumlah *cross-linking agent*, viskositas tertinggi dicapai pada temperatur pembentukan yang normal dan viskositas ini relatif stabil selama konversi pati. Peningkatan viskositas mungkin tidak mencapai maksimum tapi secara perlahan-lahan meningkat sampai pemasakan normal, dan ini tidak untuk semua pati karena ada bahan lain terdapat dalam pati yang dapat mempercepat dan memperluas pengembangan misalnya gula (Koswara, 2006).

Seperti pada umumnya pati yang dipakai dalam industri ditentukan oleh sifat rheologi dari pasta pati yang dihasilkan dari pati tersebut seperti viskositas, kekuatan gel, kejernihan, dan kestabilan rheologi. *Cross-linking* menguatkan ikatan hidrogen dalam granula dengan ikatan kimia yang berperan sebagai jembatan diantara molekul-molekul. Sebagai hasilnya,

ketika pati *cross-linked* dipanaskan dalam air, granula-granulanya akan mengembang sehingga ikatan hidrogennya akan melemah. Tahapan proses reaksinya seperti yang ada pada Gambar 4 (Miyazaki, 2006).



Gb. 4. Reaksi Cross Linking pada Pati

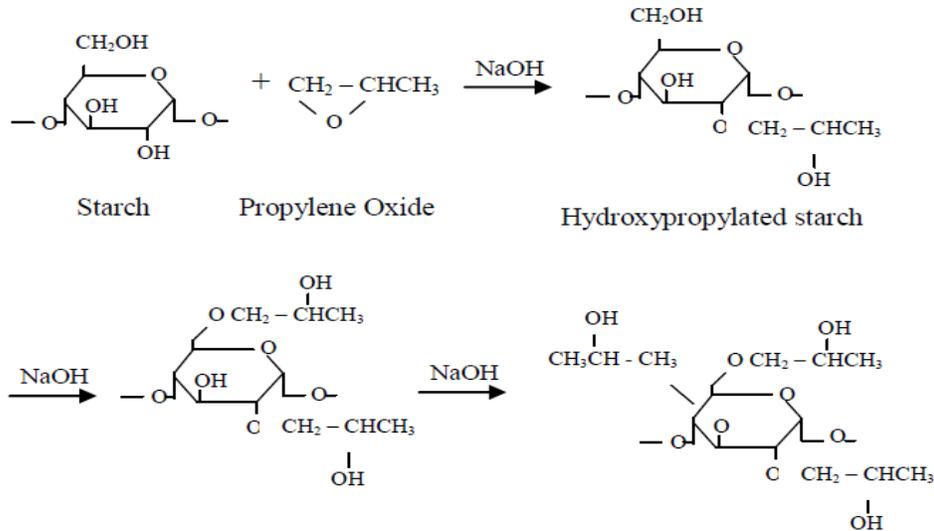
Pada modifikasi pati metode *cross-linking*, salah satu pereaksi yang dapat digunakan adalah STPP (Sodium Tri Poli Phosphat). Kegunaan pati jenis ini sebagai *pie filling*, pengalengan, *gravy* dan saus, pembuatan makanan bayi, *salad dressing*, *sizing textile* dan kertas (Miyazaki, 2006).

3.4. Oksidasi Pati

Pati dapat dioksidasi dengan aktivitas dari beberapa zat pengoksidasi dalam suasana asam, netral atau larutan alkali. Menurut FDA (*Food and Drugs Administration*) zat pengoksidasi diklasifikasikan sebagai pemutih dan oksidan untuk pemutih yang diizinkan adalah oksigen aktif dari peroksida atau khlorin dari natrium hipokhlorida, kalium permanganat, ammonium persulfat (Koswara, 2006).

Penurunan viskositas pati karena proses oksidasi akan menyebabkan produk lebih mudah dioksidasi lagi menjadi turunannya (derivatnya) dan pengaruh yang sama dapat dihasilkan dari oksidasi derivat pati atau menderivatkan pati teroksidasi, misalnya; pati terfosforilasi yang

dibuat dengan menggunakan NaOH dengan produk reaksi dari epiklorohidrin dan amina tertier. Produk derivat ini dioksidasi dengan NaOCl, menghasilkan produk yang sangat baik untuk pelapis kertas (Tharanathan *et al.*, 2005). Salah satu proses reaksi oksidasi seperti yang terlihat pada Gambar 5 (Miyazaki, 2006).



Gb.5. Reaksi Oksidasi pada Pati

4. SIFAT-SIFAT PSIKOKIMIA DAN RHEOLOGI PATI TERMODIFIKASI

Sifat psikokimia pati yaitu sifat yang menunjukkan morfologi, struktur, dan kristalinitas dari pati. Sifat ini akan berpengaruh pada granula pati baik dalam bentuk gel, larutan maupun kristal. Kandungan amilosa dan amilopektin memiliki pengaruh yang sangat besar pada sifat fisik pati (Ann-Charlotte Eliasson, 2004). Keduanya saling berhubungan dalam mengubah maupun membentuk sifat yang berbeda-beda tergantung pada perlakuannya. Dalam hal ini yang termasuk sifat-sifat psikokimia pati antara lain kandungan amilosa dan amilopektin, viskositas, gelatinisasi, dan swelling power (Murillo dkk, 2008 dalam Pudjihastuti, 2010).

Rheologi adalah ilmu yang mempelajari tentang perubahan bentuk dan aliran bahan yang biasanya digunakan pada bahan makanan. Rheologi data yang biasa dibutuhkan dalam industri makanan antara lain: *Quality control* dari produk akhir, mengevaluasi tekstur makanan, secara fungsional menentukan komposisi dalam meningkatkan produk (James N. Be Miller dkk., 1997).

Sifat-sifat psikokimia dan rheologi produk tapioka termodifikasi seperti: *swelling power*, kelarutan, gugus karbonil, dan gugus karboksil memiliki standard tertentu berdasarkan pada penelitian yang sudah dilakukan terdahulu, seperti yang terlihat pada Tabel 2.4. *Swelling power* adalah kekuatan tepung untuk mengembang. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain: perbandingan amilosa-amilopektin, panjang rantai dan distribusi berat molekul. Tepung tapioka memiliki *swelling power* medium dibanding dengan tepung kentang dan sereal (James N. Be Miller dkk., 1997).

Tabel 2. Standard Sifat-sifat Psikokimia dan Rheologi Tapioka (Numfor dkk, 1994)

Sifat Psikokimia	Value
Swelling Power (g/g)	28,70 ± 1,5
Kelarutan (%)	29,71 ± 1,3
Gugus Karbonil (%)	0,03
Gugus Karboksil (%)	0,07
Viskositas (cp)	400

5. KESIMPULAN

Untuk memenuhi kebutuhan pati dalam industri pengolahan pangan maupun industri, dibutuhkan adanya suatu proses modifikasi agar dihasilkan produk pati termodifikasi dengan sifat rheologi dan psikokimia sesuai dengan kebutuhan. Proses modifikasi dapat dilakukan dengan cara hidrolisis asam, hidrolisis enzim, ikatan silang, oksidasi pati dan secara fermentasi

(biologi). Dengan adanya teknologi modifikasi pati diharapkan sumber pati alami yang tersedia cukup banyak di Indonesia dapat dimanfaatkan secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ann-Charlott Eliasson., 2004, *Starch in Food*. Woodhead Publishing Limited Cambridge England.
- Atichokudomchaia Napaporn, Sujin Shobsngobb, Saiyavit Varavinita., 2000, *Morphological Properties of Acid-Modified Tapioca Starch*. Weinheim. 283-289.
- Azeez.O.S., 2002, *Production of Dextrins from Cassava Starch*. *Electronic Journal of Biotechnology Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso- Chile*. Vol.7 No.1.
- 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 Dissertation Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana state University and Agricultural and Mechanical College.
- James N. Be Miller dan West Lafayette, 1997, *Starch Modification : Challenges and Prospects*, USA, Review 127-131. Jane, J., 1995, Starch Properties, Modifications, and Application, *Journal of Macromolecular Science, Part A*.32:4,751-757.
- Kainuma K, odat T, Cuzuki S, 1967, *Study of starch Phosphates Monoester*. *J. Technol, Soc. Starch* 14: 24-28.
- Koswara, 2006, *Teknologi Modifikasi Pati. Ebook Pangan*.
- Megumi Miyazakia, Pham Van Hunga, Tomoko Maedad dan Naofumi Morita, 2006, *Recent Advances in Applivcation of Modified Starches for Breadmaking*, Elsevier Journal.
- 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.
- Niba L.L., Bokanga, Jackson, Schlimme, 2002, *Phyiscochemical Properties and Srtarch Granular Characteristics of Flour from Various Manihot Esculenta (Cassava) Genotypes*. *Journal of Food Science*. Vol. 67, No.5. xidized Barley and Corn Starches, *Starch/ Starke* Vol 60, 634-645.
- Numfor dkk., 1994, *Physicochemical Changes in Cassava Starch and Flour Associated With Fermentation: Effect on Textural Properties*.
- Pudjihastuti, 2010, *Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Photokimia UV untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka*.
- Tharanathan., Rudrapatman., 2005, *Starch-Value Addition by Modification, Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol 45, 371-384.
- (<http://dudimuseind.blogspot.com/2008/03/pati-termodifikasi.html>).