



MODIFIKASI TAPIOKA DENGAN KOMBINASI PROSES HIDROLISA ASAM LAKTAT DAN OKSIDASI HIDROGEN PEROKSIDA UNTUK MENINGKATKAN DAYA KEMBANG

Desti Permata Sari, Devi Marietta Siregar, dan Siswo Sumardiono^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

ABSTRAK

Gandum merupakan bahan pangan yang dikonsumsi sebagian besar masyarakat Indonesia. Impor gandum Indonesia yang tinggi menekan pemerintah untuk mencari pengganti gandum berbasis bahan lokal yaitu ubi kayu. Ubi kayu dipilih karena cukup potensial untuk dikembangkan di Indonesia dan tanaman yang sangat fleksibel dalam usaha tani dan umur panen. Penelitian ini difokuskan pada modifikasi tapioka dengan hidrolisa asam laktat dan dilanjutkan dengan oksidasi H_2O_2 bertujuan dapat menghasilkan produk tapioka termodifikasi dengan spesifikasi produk dan daya kembang yang mampu digunakan sebagai bahan pengganti setara gandum. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah membuat tapioka modifikasi menggunakan kombinasi hidrolisa asam laktat dan oksidasi hidrogen peroksida. Tujuan penelitian ini mengkaji pengaruh konsentrasi, temperatur H_2O_2 , dan pH terhadap sifat psikokimia dan daya kembang tapioka termodifikasi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa proses kombinasi hidrolisa asam laktat dan oksidasi hidrogen peroksida dapat memberikan daya kembang yang setara gandum. Hasil uji terhadap berbagai variabel didapatkan kondisi optimum tapioka termodifikasi pada pH 5, konsentrasi hidrogen peroksida 2 %, dan suhu oksidasi $40^\circ C$ dengan jumlah gugus karboksil dan karbonil 0,158 % dan daya kembang sebesar $3,03 \text{ cm}^3/\text{gr}$. Peningkatan daya kembang pada tapioka yang telah dihidrolisis dapat dilakukan dengan sun drying atau oksidasi dengan hidrogen peroksida, akan tetapi penggunaan hidrogen peroksida dapat lebih menguntungkan karena tidak bergantung pada kondisi iklim dan menghasilkan produk yang homogen. Komposisi tepung optimal dari penggunaan tapioka modifikasi dalam pembuatan roti tawar adalah 25% tapioka modifikasi dan 75% tepung gandum dengan daya kembang $3,03 \text{ cm}^3/\text{gr}$.

Kata kunci : ubi kayu, asam laktat, hidrogen peroksida, daya kembang

ABSTRACT

Indonesia is one of the largest wheat importer. Wheat is consumed by most of Indonesian. Nowadays, the government is trying to find alternative material to substitute wheat with local material named cassava. Cassava is chosen because it has good potential to be developed in Indonesia. Native starch requires long time in reacting and cooking. Hence, the native starch with high purity can be readily modified by physical, chemical and enzyme process to many diversified products to improve the starch functionality and, consequently, encourage more industrial application. On this research, cassava starch modification is produced by combination lactic acid hydrolysis and oxidation using hydrogen peroxide. The results of this research are expected to be a food innovation in small and medium industries. The conclusion that we get is combination lactic acid hydrolysis and oxidation using hydrogen peroxide can increase the expansion of starch. The highest values for the sum of carbonyl dan carboxyl occurred at pH 5, hydrogen peroxide concentration 2 %, temperature $40^\circ C$, and baking expansion $3,03 \text{ cm}^3/\text{gr}$. The condition of oxidation that presented the carbonyl and carboxyl content of starch similar to the sun-dried cassava starch. The oxidation with H_2O_2 provides after hydrolysis cassava starch and produces more homogenous product. Optimal composition of the use of tapioca starch modification bread is 25% of modified tapioca and 75% of wheat flour which has baking expansion $3,03 \text{ cm}^3/\text{gr}$.

Keyword : cassava, lactic acid, hydrogen peroxide, baking expansion

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak keempat di dunia setelah RRC, India, Amerika Serikat dengan populasi 241.973.879 jiwa (BPS 2010). Saat ini pertumbuhan penduduk mencapai 1,49 % per tahun (BPS Agustus 2010), hal ini memberikan dampak yang luas terhadap penyediaan bahan pangan. Hampir seluruh kebutuhan pangan pokok masyarakat Indonesia adalah beras yang berperan sebagai sumber

^{*)} Siswo Sumardiono (Email: sumardiono@undip.ac.id)

karbohidrat. Selain beras, gandum juga menjadi salah satu bahan pangan yang dikonsumsi sebagian besar masyarakat Indonesia. Oleh karena konsumsi masyarakat akan gandum cukup tinggi dan produktivitas gandum yang rendah, pemerintah harus mengimpor gandum tiap tahunnya. Jumlah impor gandum Indonesia mencapai 5,5 juta ton dalam setahun dan setiap tahunnya terjadi peningkatan sekitar lima persen (Munawar, 2010).

Berdasarkan data impor gandum yang tinggi pemerintah berusaha mencari alternatif pengganti gandum berbasis bahan lokal yaitu ubi kayu. Ubi kayu cukup potensial untuk dikembangkan karena ubi kayu merupakan tanaman yang sudah sangat dikenal oleh petani dan dapat ditanam dengan mudah. Ubi kayu juga merupakan tanaman yang sangat fleksibel dalam usaha tani dan umur panen. Ubi kayu kaya karbohidrat, energi dan mengandung linamarin yang dapat menangkal pertumbuhan sel kanker (Astawan, 2011). Kelebihan gandum dibanding sereal lain, umbi-umbian atau sagu dan enau adalah adanya [protein](#) dalam bentuk [gluten](#), yang berperan dalam menentukan kekenyalan makanan yang terbuat dari bahan terigu (Astawan, 2011). Kelemahan penggunaan tapioka adalah (i) membutuhkan waktu pemasakan yang lama, pasta yang terbentuk keras dan tidak bening, (iii) sifatnya terlalu lengket, (iv) tidak tahan perlakuan dengan asam (Koswara, 2006). Kendala-kendala tersebut menyebabkan pati alami terbatas penggunaannya dalam industri sehingga perlu dilakukan modifikasi pada tapioka. Dengan penambahan pati termodifikasi, produk makanan akan mempunyai keunggulan kualitas, baik dari penampakan secara fisik, rasa, warna, maupun proses pengolahan yang lebih mudah dan cepat.

Pati alami dapat dimodifikasi dengan cara fisika, kimia dan menggunakan enzim (Daramola, 2006). Modifikasi pati secara kimia melibatkan sejumlah bahan kimia ke dalam pati. Modifikasi pati secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan asam, oksidasi, *cross-linking*, *starch ester*, *starch eter*, dan kationik (Sriroth, 2002). Beberapa peneliti terdahulu yang telah melakukan modifikasi pati secara kimia (Furia, 1968; Murwani, 1989; Meisel, 1941; Shopmeyer dan Falton, 1943; Pudjihastuti, 2010; Atichokudomchai dkk, 2000; Bertolini dkk, 2001; Chen dan Ramaswamy, 1999; Karim, et al., 2000; Lagarrigue dan Alvarez, 2001; Dias, et al., 2007; Sari, 2010). Modifikasi fisika melibatkan perlakuan fisik terhadap pati seperti pre-gelatinization, *shear force*, penghancuran, pasting, dan pemanasan. Adapun peneliti yang telah melakukan modifikasi pati secara fisika (Odeku et al., 2008; Otebagyo et al., 2006; Freitas et al., 2004; Brunnschweiler et al., 2006) sedangkan modifikasi dengan enzim adalah hidrolisis yang melibatkan sebagian pati ke dalam berat molekular rendah dari pati yang disebut maltodekstrin atau dekstrin yang menggunakan enzim amilase (Miyazaki *et al.*, 2006). Beberapa peneliti yang telah melakukan modifikasi menggunakan enzim (Knutson, et al., 1982; Valkel dan Hope, 1963; Mc. Laren, 1963; Leach, 1959; Ferrara dalam Radley, 1976). Aplikasi modifikasi dengan enzim secara luas dipakai untuk industri makanan dan farmasi.

Kecenderungan saat ini, metode yang banyak digunakan untuk memodifikasi pati adalah modifikasi dengan proses fermentasi dan oksidasi. Peneliti yang menggunakan proses fermentasi (Dias, et al. (2007) sedangkan modifikasi oksidasi telah dilakukan oleh beberapa peneliti, antara lain (Jambuserwala dan Kanitkar, 1940; Mellies et al., 1957; Forssell et al., 1995; Kuakpetoon dan Wang, 2001; Lawal et al., 2005; Sandhu et al., 2008; Somboonchai et al., 2008). Sebagian besar penelitian mengenai oksidasi dan fermentasi difokuskan untuk memutus rantai glukosa yang panjang dari molekul polimer untuk menurunkan viskositas yang tinggi dari pati alami dan dapat meningkatkan kandungan dalam pati alami sehingga dapat diaplikasikan.

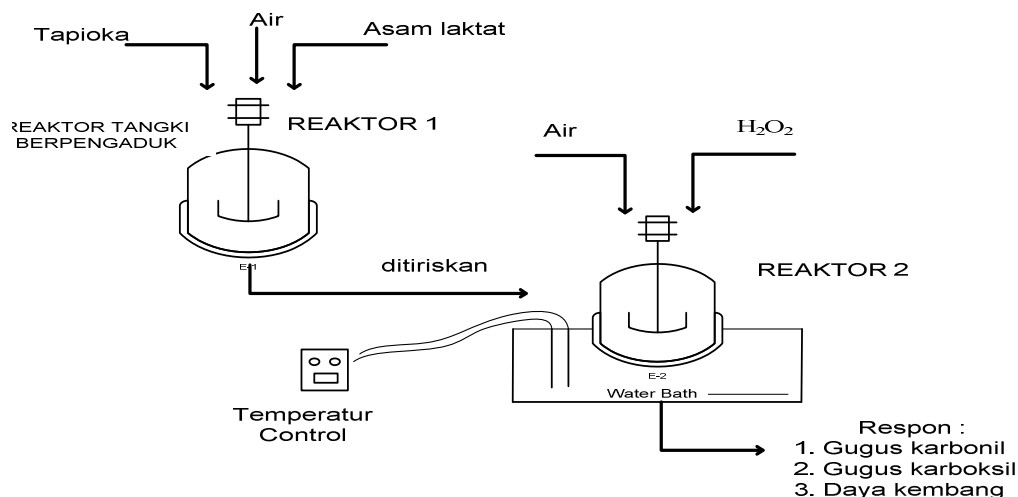
Pada penelitian ini difokuskan pada modifikasi tapioka dengan hidrolisa asam laktat dan dilanjutkan dengan oksidasi H₂O₂ dengan harapan dapat menghasilkan produk tapioka termodifikasi dengan spesifikasi produk dan daya kembang yang mampu digunakan sebagai bahan pengganti setara gandum. Tapioka yang dimodifikasi diharapkan dapat digunakan untuk bahan baku produksi roti sehingga import gandum dapat dikurangi sehingga kita harus mencari inovasi teknologi dengan memanfaatkan sumber daya lokal yang ada. Tujuan penelitian ini mengkaji pengaruh konsentrasi, temperatur H₂O₂, dan pH terhadap sifat psikokimia dan daya kembang tapioka termodifikasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi terobosan pengembangan industri kecil dan menengah yang bergerak di bidang pangan.

METODE PENELITIAN

Bahan utama pada penelitian ini adalah tepung tapioka merk Cap Teko, aquades dan asam laktat pa (Merck) tanpa perlakuan lebih lanjut dan H₂O₂ teknis 30% yang diproduksi Merck sebagai oksidator. Bahan tambahan pada penelitian ini adalah bread improver, ragi roti, gula pasir, garam, air dingin, margarine putih.

Alat utama penelitian ini adalah reaktor yang sudah dilengkapi dengan pengaduk, dalam penelitian ini digunakan beaker glass 2 liter dengan magnetik stirer. Sementara itu alat lain yang dipergunakan meliputi: 2 buah reaktor (reaktor kedua dilengkapi dengan waterbath dan temperature control), alat penyaring, mixer, oven, loyang aluminium, timbangan digital, dan pH meter.

Penelitian ini menggunakan eksperimen yang dilakukan di laboratorium dimana secara garis besar tahapan penelitian yang dilakukan ditunjukkan sebagaimana yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Tahapan Penelitian

Studi sifat-sifat psikokimia dan rheologi pati termodifikasi yang di proses dengan proses hidrolisis asam laktat dan oksidasi hidrogen peroksida dengan prosedur analisa sebagai berikut pengujian volume roti, pengujian gugus karboksil, pengujian gugus karbonil, pengujian swelling power.

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Penelitian

No	Pati Tapioka	Konsentrasi Asam Laktat 1% b/b	Konsentrasi H ₂ O ₂ (%)	pH	Suhu Oksidasi	% Gugus Karboksil	% Gugus Karbonil	Sum (CO + COOH)	Analisa Swelling Power (gr/gr)
1	200	1	0.5	5	30	0.0585	0.035	0.0935	9.3
2			2	5	30	0.063	0.063	0.126	9.5
3			0.5	8	30	0.054	0.028	0.082	9.2
4			2	8	30	0.063	0.0315	0.0945	9.6
5			0.5	5	40	0.072	0.049	0.121	9.8
6			2	5	40	0.081	0.077	0.158	11
7			0.5	8	40	0.0567	0.028	0.0847	9.4
8			2	8	40	0.0675	0.056	0.1235	9.45
9	Oven Drying					0.045	0.0455	0.0905	9.32
10	Sun Drying					0.0765	0.063	0.1395	9.5
11	Pati Alami					0.07	0.03	0.1	8.9

Pengaruh pH larutan terhadap sifat psikokimia pati

Data pengaruh pH terhadap sifat psikokimia pati seperti terlihat pada Tabel 1 dimana pada pH 5 dan pH 8 dengan kondisi variabel konsentrasi peroksida dan suhu larutan sama, dihasilkan jumlah gugus karbonil dan karboksil tertinggi pada kondisi asam (pH 5). Pada pH 5 dengan konsentrasi hidrogen peroksida 2 % dan suhu oksidasi 40 °C menghasilkan nilai gabungan gugus karbonil dan karboksil sebesar 0.158 sedangkan pada pH 8 dengan konsentrasi hidrogen peroksida 2% dan suhu oksidasi 40 °C menghasilkan nilai gabungan gugus karbonil dan karboksil sebesar 0,123. Reaksi oksidasi hidrogen peroksida pada pati merupakan reaksi yang sangat kompleks dan dipengaruhi oleh kondisi operasi. Salah satu kondisi operasi yang paling berpengaruh adalah konsentrasi hidrogen peroksida dan jenis pati yang lebih efisien pada pH asam (Dias, 2011).

Hasil penelitian ini memiliki kecenderungan yang sama dengan oksidasi pada pati kentang dengan hidrogen peroksida yang dilakukan pada reaksi basa maupun asam menggunakan katalis tembaga, besi, dan tungsten (Parovuori et al., 1995) dengan tujuan memasukkan gugus karbonil dan karboksil ke dalam unsur

pokok molekul glukosa dalam pati. Beberapa penelitian terdahulu menyimpulkan depolimerisasi dari pati teroksidasi lebih optimal pada kondisi asam daripada kondisi basa dalam modifikasi pati. Menurut Dias et al. (2011) oksidasi hidrogen peroksida pada level pH netral dan basa mengurangi daya kembang dari tapioka.

Berdasarkan Tolvanen et al. (2009), hidrogen peroksida secara langsung terdekomposisi menjadi oksigen dan air, dan laju dekomposisi tergantung suhu, konsentrasi, dan impuritas. Peroksida terpecah menjadi ion hidroksida dan hidroksil radikal bebas. Interaksi radikal menentukan rekombinasi dari hidrogen peroksida. Pada dekomposisi hidrogen peroksida sangat tergantung pada pH dan suhu dalam reaksi.

Pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida terhadap sifat psikokimia pati

Hasil dari penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan terjadi di saat penambahan hidrogen peroksida di atas 2 %, seperti terlihat pada Tabel 1. dimana pada konsentrasi peroksida 0.5 % dengan pH 5 dan suhu oksidasi 40 °C menghasilkan nilai gabungan gugus karbonil dan karboksil sebesar 0,121 sedangkan pada konsentrasi 2 % dengan pH 5 dan suhu oksidasi 40 °C menghasilkan nilai gabungan sebesar 0,158.

Hal ini memiliki kecenderungan seperti beberapa literatur terdahulu yang menyimpulkan bahwa gugus karbonil dan karboksil meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi oksidator. Pada penelitian El-Sheikh (2010) menggunakan hidrogen peroksida pada tepung beras dimana pada range konsentrasi 0,5 – 2 % H₂O₂ terjadi peningkatan gugus karbonil dan karboksil. Hal ini disebabkan pengayaan medium oksidasi dengan penambahan konsentrasi hidrogen peroksida yang lebih tinggi menyebabkan kecepatan kostan (laju terminal) yang lebih cepat.

Pengaruh suhu oksidasi terhadap sifat psikokimia pati

Menurut El-Sheikh et al. (2010) menunjukkan bahwa dalam oksidasi pati menggunakan hidrogen peroksida, kandungan karbonil dan karboksil bertambah seiring peningkatan suhu oksidasi. Sebagian dari pati teroksidasi mengalami degradasi yang tinggi, sehingga menjadi mudah larut dalam air.

Terjadi fenomena yang sama pada penelitian kami, dimana kondisi optimum dengan penambahan gugus karboksil dan karbonil tertinggi terjadi pada suhu 40 °C apabila dibandingkan dengan suhu 30 °C dengan kondisi konsentrasi dan pH yang sama. Seperti yang terlihat pada Tabel 1. dimana pada suhu oksidasi 30 °C dengan pH 5 dan konsentrasi peroksida 2 % menghasilkan nilai gabungan gugus karbonil dan karboksil sebesar 0,126 sedangkan pada suhu oksidasi 40 °C dengan pH 5 dan konsentrasi peroksida 2 % menghasilkan nilai gabungan gugus karbonil dan karboksil sebesar 0,158.

Optimasi variabel yang berpengaruh terhadap sifat psikokimia dan baking ekspansi

Berdasarkan hasil uji terhadap berbagai variabel didapat kondisi optimum pada pH 5, konsentrasi hidrogen peroksida 2 %, dan suhu oksidasi 40°C yang menghasilkan nilai gabungan dari gugus karboksil dan karbonil tertinggi yaitu sebesar 0,158. Kemudian, tapioka termodifikasi dengan kondisi optimum dilakukan uji daya kembang.

Tabel 2. Hasil Pengujian Daya Kembang

No.	Konsentrasi H ₂ O ₂ (%)	pH	Suhu Oksidasi (°C)	%Tepung Tapioka	%Tepung Gandum	Daya Kembang (cm ³ /gr)
1	2	5	40	0%	100%	3,26
2	2	5	40	25%	75%	3,03
3	2	5	40	50%	50%	2,40
4	2	5	40	100%	0%	1,6

Komposisi tapioka modifikasi paling ideal yang dapat memberikan daya kembang mendekati roti dari gandum dengan perlakuan kombinasi proses hidrolisa asam laktat dan oksidasi hidrogen peroksida adalah komposisi tepung tapioka 25% dan tepung gandum 75 % yaitu sebesar 3,03 cm³/gr (Tabel 2) . Komposisi tapioka tersebut mendekati nilai daya kembang gandum dengan komposisi 100 %, yaitu sebesar 3,26 cm³/gr (Tabel 2).

Proses tunggal hidrolisa asam laktat tidak cukup memberikan daya kembang yang signifikan. Penambahan asam laktat memberikan daya kembang yang cukup tinggi bila digabungkan dengan perlakuan oksidasi. Terjadi perubahan struktur pada molekul pati akibat kombinasi proses penambahan asam laktat dan

oksidasi bahkan setelah sampel pati dicuci (Demiate, 1999). Keberadaan gugus karboksilat yang tinggi memberikan daya kembang yang tinggi pula (Demiate, 1999). Penambahan gugus karboksil dan karbonil sangat berpengaruh pada viskositas pasta yang terbentuk. Penambahan gugus karbonil pada pati secara signifikan berpengaruh pada penurunan degradasi amilosa sehingga pasta yang terbentuk semakin banyak dan meningkatkan daya kembang (Demiate, 1999).

KESIMPULAN

1. Peningkatan daya kembang pada tapioka yang telah dihidrolisis dapat dilakukan dengan *sun drying* atau oksidasi dengan hidrogen peroksida, penggunaan hidrogen peroksida lebih menguntungkan karena tidak bergantung pada kondisi iklim dan menghasilkan produk yang lebih homogen.
2. Gugus karbonil dan karboksil tertinggi terjadi pada kondisi dengan konsentrasi hidrogen peroksida 2 %, pH 5, dan suhu oksidasi 40°C yang menghasilkan daya kembang tertinggi pula yakni sebesar 0,158 %.
3. Komposisi tepung optimal dari penggunaan tapioka modifikasi dalam pembuatan roti tawar adalah 25% tapioka modifikasi dan 75% tepung gandum dengan nilai daya kembang 3,03 cm³/g.

SARAN

Perlu kajian lebih lanjut terhadap struktur dan morfologi tapioka termodifikasi yang dikaitkan dengan daya kembang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Ditjen Dikti Kementerian Pendidikan Nasional Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Program Kreativitas Mahasiswa : 008/SP2H/KPM/Dit.Litabmas/II/2012 untuk itu diucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Atichokudomchaia Napaporn, Sujin Shobsngobb, Saiyavit Varavinita., 2000, *Morphological Properties of Acid-Modified Tapioca Starch*. Weinheim. 283-289.
- Astawan, 2010, "Tepung Tapioka, Manfaatnya, dan Cara Pembuatannya", <http://aremaipb.wordpress.com/>. 20 Juni 2011.
- Badan Pusat Statistik. *Tabel Jumlah Penduduk Negara di Dunia*. Diakses dari www.bps.go.id [20 Maret 2011].
- Bertolini. A.C, Christian Mestres., Raffi J., Alain Bulon., Dan Paul Colonna., 2001, *Photodegradation of Cassava and Corn Starches*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 49 (2) : 675-682.
- Brunnschweiler. J, David Mang, Zakaria Farah, 2006, *Structure–texture relationships of fresh pastes prepared from different yam (Dioscorea spp.) varieties*, LWT 39, 762–769.
- Daramola, Osanyinlusi, 2006, *Investigation on modification of cassava starch using active components of ginger roots (Zingiber officinale Roscoe)*, African Journal of Biotechnology Vol. 5 (10), pp. 917-920.
- Demiatea, N. Dupuyb, J.P. Huvenneb, M.P. Ceredac, G. Wosiacki, 1999, *Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy*, Carbohydrate Polymer, 149-148.
- Dias, Elessandra Zavareze, 2011, *Oxidation of fermented cassava starch using hydrogen peroxide*, Carbohydrate Polymer.
- El Sheikh, Mohammed A. Ramadan, Amira El-Shafie, 2010, *Photo-oxidation of rice starch. Part I: Using hydrogen peroxide*, Carbohydrate Polymers 80, 266–269.
- Furia, T.E, 1968, Handbook of Food Additives, The Chemical Rubber Co.Cranwood Parkway, Cleveland, Ohio.
- Forsell, A. Hamunen, K. Autio, T. Suortti, and K. Poutanen, Starch/Staerke, 1995, 47, 371±377.
- Freitas, R.C. Paula, J.P.A. Feitosa, 2004, *Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (Dioscorea alata) and cassava (Manihot utilissima) starches*, Carbohydrate Polymers 55, 3–8.
- Hage, R. and Lienke, A., 2006, *Bleach and oxidation catalysis by manganese 1,4,7-triazacyclononane complexes and hydrogen peroxide*, Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 251, 150–158.
- Jambuserwala, K. Kankar, 1940, *Modified Starches, Part III. Degradation of Starches by Acidic and Alkaline Oxidizing Agents, Acids, etc.*, The Journal of The Textile Institute.
- Kanarong Siroth, Kuakoon Piyachomwan, Kunruedee Sangseethong dan Christopher Oates, 2002, *Modification of Cassava Starch*, Paper of X International Starch Convention, Cracow, Poland.
- Karim, A. A., Norziah, M. H., & Seow, C. C., 2000, *Methods for the study of starch retrogradation*, Food Chemistry, 71, 9–36.
- Koswara, 2006, *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan.

- Kuakpetoon, D. and Wang, Y. J., 2001, *Characterization of different starches oxidized by hypochlorite*, *Starch/Stärke*, 53, 211–218.
- Lagarrigue, S., Alvarez, G., 2001, *The rheology of starch dispersions at high temperatures and high shear rates: a review*, *Journal of Food Engineering*, 50, p.189-202.
- Lawal, O.S. Adebawale, K.O., Ogunsanwo, B.M., Barba, L.L., and Ilo, N.S., 2005, *Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybrid maize : functional characteristics, wide-angle X-ray diffractometry and thermal properties*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 35, 71–79.
- Leach H. W., Mc Cowen L.D., Schoch T. J., 1959, *Structure of The Starch Granules in Swelling and Solubility Pattern of Various Starch*, *Cereal Chem*, Vol.36, pp. 534-544.
- McLaren, A.D., 1963, *Enzyme reaction on structurally restricted systems IV The digestion of insoluble substrate by hydrolytic enzymes*, *Enzymologies* 26 : 237.
- Mellies, R. L.; Mehlretter, C. L.; Senti, F. R. J., 1957, *Chem.Eng. Data*, 169–171.
- Miyazakia, Pham Van Hunga, Tomoko Maedad dan Naofumi Morita, 2006, *Recent Advances in Application of Modified Starches for Breadmaking*, Elsevier Journal.
- Munawar, 2010, "Sepuluh Tahun ke Depan Impor Gandum 10 ton", <http://radarsurya.com/> . 20 Juni 2011.
- Muwarni, I.A., 1989, *Sifat Fisika Kimia Pati Jagung Termodifikasi*, Skripsi, Fateta IPB. Bogor.
- Odeku, O., Wolfgang Schmid, Katharina M. Picker-Freyer, 2008, *Material and tablet properties of pregelatinized (thermally modified) Dioscorea starches*, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 70, 357–371.
- Otegbayo, B., Johnson Aina, Robert Asiedu, Mpoko Bokanga, 2006, *Pasting characteristics of fresh yams (Dioscorea spp.) as indicators of textural quality in a major food product – pounded yam*, *Food Chemistry* 99 663–669.
- Parovuori, P., Hamunen, A., Forssell, P., Autio, K., & Poutanen, K., 1995, *Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide*, *Starch/Stärke*, 43, 19–23.
- Pudjihastuti, 2010, *Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Fotokimia UV untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka*. Semarang.
- Radley, J.A., 1976, *Starch Production Technology*, Applied Science Publ., London.
- Sandhu, K. S., Kaur, M., Singh, N., & Lim, S. T., 2008, *A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: Physicochemical, thermal, morphological and pasting properties*, *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1000–1010.
- Sangseethong, K., Termvejsayanon, N., and Sriroth, K., 2010, *Characterization of physicochemical properties of hypochlorite- and peroxide-oxidized cassava starches*. *Carbohydrate Polymers*, 82, 446-453.
- Shopmeyer, H.H. dan G.E. Felton, 1943, Di dalam J. A. Radley, ed. *Starch Production Technology*, Applied Science Publ., London.
- Somboonchai, Nopharatana, Songkasiri, 2008, *Kinetics of cyanide oxidation by ozone in cassava starch*, *Journal of Food Engineering* 84, 563–568.
- Tolvanen, Arvela, Sorokin, 2009, *Kinetics of starch oxidation using hydrogen peroxide as an environmentally friendly oxidant and an iron complex as a catalyst*, *Chemical Engineering Journal* 154, 52–59.
- Trombotto, Alain Bouchu, Gerard Descotes and Yves Queneau, 2000, *Hydrogen peroxide oxidation of palatinose and trehalulose: direct preparation of carboxymethyl α -D-glucopyranoside*, *Tetrahedron Letters* 41 8273–8277.
- Vatanasuchart, N., Naivikul, O., Charoenrein, S., Sriroth, K., 2003, *Effects of Different U V Irradiations on Properties of Cassava Starch and Biscuit Expansion*, *Kasetsart J. (Nat. Sci)* 37: 334-344.