

TEKNOLOGI PROSES PRODUKSI *FOOD INGREDIENT* DARI TAPIOKA TERMODIFIKASI

Heny Herawati

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Jalan Tentara Pelajar No 12, Bogor 16114

Telp. (0251) 8321762, 8350920, Faks. (0251) 8321762,

E-mail: bb-pascapanen@litbang.deptan.go.id, herawati_heny@yahoo.com

Diajukan: 25 Juli 2011; Diterima: 20 April 2012

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi bahan baku yang cukup besar untuk produksi pati termodifikasi. Salah satu potensi tersebut yaitu ubi kayu yang dapat diolah menjadi tapioka. Pengembangan proses produksi ubi kayu menjadi beberapa produk lanjutan memiliki potensi yang cukup besar, terkait dengan peningkatan nilai tambah, salah satunya yaitu dapat digunakan sebagai *food ingredient*. Impor produk pati termodifikasi di Indonesia masih cukup besar sehingga perlu dilakukan pengembangan teknologi proses produksi *food ingredient* dari tapioka termodifikasi. Makalah ini membahas teknologi modifikasi tapioka dan aplikasinya untuk *food ingredient*, yang meliputi pati ester, dekstrin, dan pati resisten (tahan cerna). Berdasarkan peluang tersebut, diharapkan tulisan ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan produk lanjutan dari ubi kayu dalam upaya meningkatkan nilai tambah, menekan impor produk pati termodifikasi, dan menambah pendapatan para pelaku bisnis di bidang tersebut.

Kata kunci: Ubi kayu, tapioka, teknologi proses, *food ingredient*

ABSTRACT

Alternative production process technology of food ingredient from modified tapioca

Indonesia has a great potential of raw materials for modified starch production. One of them is cassava which can be processed to be tapioca. Development of tapioca processing into food ingredients will increase added value of cassava. Diversification of tapioca products is urgently required due to large number of import of modified starch products in Indonesia. This paper reviewed tapioca modifications and its implementation for food ingredients such as esterified starch, dextrin and resistant starch which are useful for development of high economic value products. Based on this opportunity, information in this article would contribute to the development of starch products in Indonesia in efforts to increase added value, decrease import of modified starch products, and enhance income of bussines actors.

Keywords: Cassava, tapioca, process technology, food ingredient

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki potensi produksi ubi kayu cukup besar. Produksi ubi kayu Indonesia terus meningkat dari 16,09 juta ton pada tahun 2000 menjadi 20,83 juta ton pada tahun 2009. Namun, ekspor produk berbasis ubi kayu dari Indonesia ke negara lain hingga akhir 2006 baru mencapai 139.096 ton (Departemen Pertanian 2009). Berdasarkan aspek ketersediaan bahan baku, Indonesia memiliki potensi yang cukup besar sebagai penyedia bahan baku berbasis ubi kayu.

Berbagai upaya maupun teknologi pengolahan telah dikembangkan untuk meningkatkan nilai tambah, nilai gizi, dan

mengangkat citra produk ubi kayu. Ubi kayu mempunyai kandungan gizi yang baik sebagai sumber karbohidrat, namun juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain kandungan proteinnya rendah, rasa dan aromanya kurang enak, serta tidak tahan lama disimpan. Untuk memperbaiki produk dari ubi kayu, berbagai teknologi pengolahan telah dihasilkan dalam rangka meningkatkan mutu produk dan penerimaannya oleh konsumen (Herawati 2006a).

Walaupun Indonesia memproduksi tapioka dalam jumlah cukup besar, pemanfaatannya masih terbatas sebagai sumber karbohidrat (makanan pokok) serta di-

eksport dalam bentuk pelet atau tapioka (Herawati 2008a). Sebaliknya, pada tahun 2002 Indonesia mengimpor produk pati termodifikasi 80.000 ton (Triyono 2008). Pada tahun 2006, impor produk berbasis ubi kayu Indonesia meningkat hingga mencapai 283.046 ton (Departemen Pertanian 2009). Nilai impor pati termodifikasi di Indonesia masih sangat tinggi, padahal Indonesia merupakan produsen ubi kayu yang sangat besar dan saat ini baru dimanfaatkan sebagai bahan pangan biasa yang belum memiliki nilai tambah yang cukup tinggi.

Tapioka merupakan pati yang diambil dari ubi kayu dan dimanfaatkan sebagai

bahan pangan atau bahan pembantu industri nonpangan. Namun, pemanfaatan tapioka asli ini masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimia tapioka yang kurang universal untuk digunakan secara luas. Nilai ekonomi tapioka akan lebih tinggi jika sifat-sifatnya dimodifikasi melalui perlakuan fisik, kimia, atau kombinasi keduanya (Liu *et al.* 2005).

Food ingredient merupakan komponen bahan makanan yang digunakan dalam memproduksi makanan siap saji. Dalam praktik, timbul istilah *ingredient* utama dan komponen bahan yang ditambahkan dalam jumlah tertentu. Menurut Rezzoug *et al.* (1998), interaksi *ingredient* dalam proses pengolahan bahan pangan akan menciptakan karakteristik tertentu pada produk yang dihasilkan. Komponen bahan makanan yang ditambahkan dalam jumlah sedikit untuk memperbaiki kualitas bahan makanan disebut sebagai *food additives*.

Salah satu contoh penggunaan pati termodifikasi adalah sebagai bahan pengisi dalam pembuatan permen *gum* dan untuk memberikan sifat produk yang lebih padat (Afrianti 2002). Pati termodifikasi memiliki potensi yang sangat besar untuk memenuhi kebutuhan bahan tambahan pangan maupun sebagai sumber bahan baku untuk industri farmasi, kertas, dan tekstil. Industri pati termodifikasi dari tapioka berkembang cukup pesat karena adanya dukungan sumber bahan baku yang murah serta peluang pemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan bahan tambahan pangan dari tapioka.

Tulisan ini menyajikan teknologi pengolahan pati yang prospektif untuk dikembangkan dan diimplementasikan sebagai *food ingredient* (pati ester, dekstrin, dan pati tahan cerna).

KARAKTERISTIK TAPIOKA

Ubi kayu umumnya dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pangan dengan direbus, dikukus, digoreng atau dibuat gaplek, tiwul, gatot, tape, getuk, dan produk lainnya. Ubi kayu juga diolah menjadi tapioka, yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut menjadi produk turunan seperti pati termodifikasi, etil alkohol, glukosa, dekstrin, monosodium glutamat, sorbitol, manitol, asam oksalat, asam glutamat, dan asam sitrat (Herawati 2006b). Tapioka memiliki komposisi kimia pati 73,3–84,9%, lemak 0,08–1,54%,

protein 0,03–0,60%, dan abu 0,02–0,33% (Rickard *et al.* 1992).

Pati dari tapioka terdiri atas 17% amilosa dan 83% amilopektin (Rickard *et al.* 1992). Granula tapioka berbentuk semibulat dengan salah satu bagian ujungnya mengerucut dengan ukuran 5–35 μm . Suhu gelatinisasinya berkisar antara 52–64°C, kristalinisasi 38%, kekuatan mengembang 42, dan kelarutan 31%. Kekuatan mengembang dan kelarutan tapioka lebih kecil dibanding pati kentang, tetapi lebih besar dari pati jagung (Rickard *et al.* 1992). Menurut Wurzburg (1989), suhu gelatinisasi tapioka berkisar antara 58,5–70,0°C, bergantung pada varietas ubi kayu yang digunakan untuk memproduksi tapioka.

Tapioka memiliki karakteristik yang spesifik terkait dengan suhu gelatinisasi, kemampuan mengembang (*swelling power*), dan kelarutan dibandingkan dengan pati lainnya (Tabel 1). Berdasarkan data pada tabel tersebut maka tapioka memiliki kisaran suhu gelatinisasi yang cukup lebar. Tapioka juga memiliki kemampuan mengembang yang cukup tinggi dibandingkan dengan produk serupa. Selain itu, tapioka mempunyai karakteristik gel yang cukup kuat dan transparan yang sangat mendukung sebagai komponen bahan pengisi serta perekat.

PATI TERMODIFIKASI

Struktur Dasar

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa, yang terdiri atas amilosa

dan amilopektin. Amilosa merupakan bagian polimer linier dengan ikatan α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa. Derajat polimerisasi (DP) amilosa berkisar antara 500–6.000 unit glukosa, bergantung pada sumbernya. Adapun amilopektin merupakan polimer α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa dengan rantai samping α -(1 \rightarrow 6) unit glukosa. Ikatan α -(1 \rightarrow 6) unit glukosa ini jumlahnya sangat sedikit dalam suatu molekul pati, berkisar antara 4–5%. Namun, jumlah molekul dengan rantai cabang, yaitu amilopektin, sangat banyak dengan DP berkisar antara 10^5 dan 3×10^6 unit glukosa (Jacobs dan Delcour 1998).

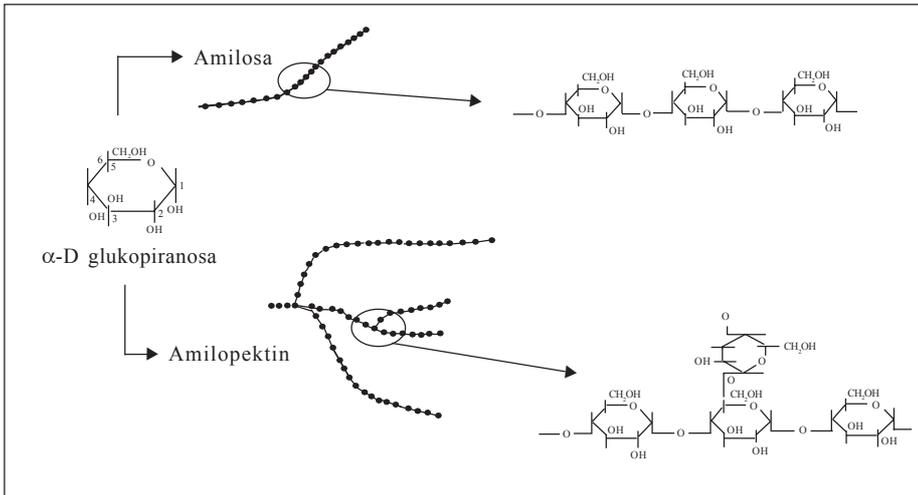
Amilosa dan amilopektin merupakan komponen penting pembentuk struktur dasar pati, dan sangat memengaruhi karakteristik fisiko kimia pati yang dihasilkan. Karakteristik amilosa dan amilopektin secara fisik tertera pada Tabel 2. Amilosa memiliki karakteristik rantai relatif lurus, dapat membentuk film yang kuat, struktur gel kuat, serta apabila diberi pewarna iodin akan menghasilkan warna biru. Sementara itu, amilopektin memiliki karakteristik rantai bercabang, membentuk film yang lemah, struktur gel lembek, dan apabila diberi pewarna iodin akan menghasilkan warna coklat kemerahan.

Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik melalui beberapa cara, antara lain pengeringan, ekstrusi, pemanasan, pendinginan, pemasakan maupun perlakuan fisik lainnya (Herawati 2008a). Proses modifikasi pati juga dapat dilakukan secara kimia melalui *cross linking*, substitusi atau kombinasi keduanya dengan menggunakan bahan kimia sebagai bahan pembantu reaksi selama proses pengolahan. Berdasarkan proses tersebut, pati termodifikasi dapat dikelompokkan menjadi pati

Tabel 1. Suhu gelatinisasi, kemampuan mengembang, dan kelarutan beberapa jenis pati.

Jenis pati	Suhu gelatinisasi (°C)	Kemampuan mengembang	Kelarutan (%)
Jagung	62–72	24	25
Sorgum	68,5–75	22	22
Gandum	52–63	21	41
Beras	61–77,5	19	18
Jagung kaya amilosa	63–72	64	23
Tapioka	58,5–70	71	48
Kentang	56–66	>1.000	12

Sumber: Wurzburg (1989).



Gambar 1. Rumus struktur amilosa dan amilopektin (Fen 2007).

Tabel 2. Karakteristik amilosa dan amilopektin.

Karakteristik	Amilosa	Amilopektin
Bentuk	Relatif lurus	Bercabang
Ikatan	α -(1 \rightarrow 4); [beberapa α -(1 \rightarrow 6)-]	α -(1 \rightarrow 4) dan α -(1 \rightarrow 6)
Berat molekul	< 0,5 juta g/mol	50–500 juta g/mol
Film	Kuat	Lemah
Struktur gel	Kuat	Lembek
Warna dengan iodin	Biru	Coklat kemerahan

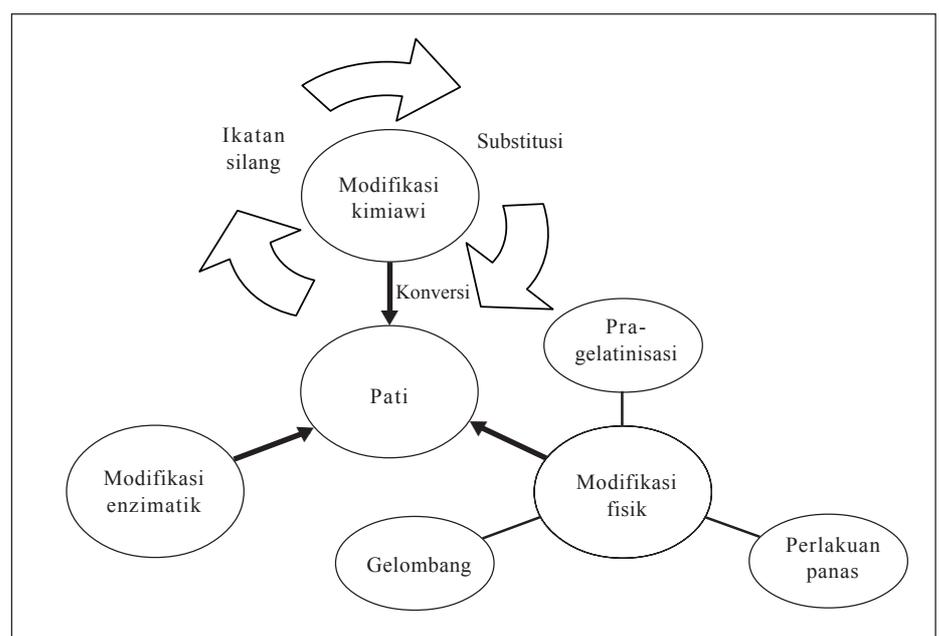
Sumber: Thomas dan Atwell (1997).

dengan perlakuan asam, perlakuan basa, pemutihan, oksidasi, perlakuan enzim, penggunaan fosfat, penggunaan gliserol, esterifikasi fosfat dengan natrium trimetafosfat, fosfatasi fosfat, asetilasi fosfat, esterifikasi asetat dengan anhidrat asetat, esterifikasi asetat dengan vinil asetat, asetilasi adipat, asetilasi gliserol, penggunaan hidroksi-propil, hidroksi-propilasi fosfat, hidroksi-prolilasi gliserol, dan perlakuan natrium oktenil suksinat (Hustiany 2006).

Modifikasi Pati

Modifikasi pati dilakukan untuk mengubah sifat kimia dan atau sifat fisik pati secara alami. Modifikasi pati dapat dilakukan dengan cara pemotongan struktur molekul, penyusunan kembali struktur molekul, oksidasi atau dengan cara substitusi gugus kimia pada molekul pati (Wurzburg 1989). Secara garis besar, teknologi proses produksi pati termodifikasi disajikan pada Gambar 2.

Gugus OH yang terdapat pada pati dapat disubstitusi dengan gugus lain, di mana satu unit anhidroglukosa ada empat



Gambar 2. Skema teknologi modifikasi pati.

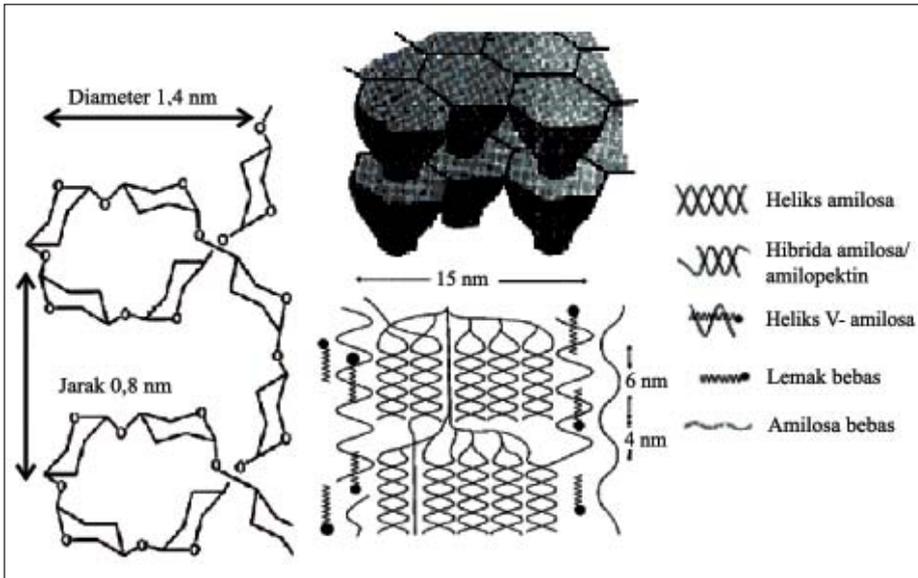
gugus OH, yaitu gugus OH yang terdapat pada C-2, C-3, dan C-4 (ketiganya merupakan gugus OH sekunder), dan C-6 yang merupakan gugus OH primer. Gugus OH sekunder, terutama gugus OH C-2 lebih reaktif dibandingkan gugus OH primer (Tuschoff 1989). Kereaktifan gugus OH C-2 adalah 60–65%, gugus OH C-3 adalah 20%, dan gugus OH C-6 berkisar antara 15–20% (Van de Burgt *et al.* 2000).

Faktor yang Memengaruhi Proses Modifikasi Pati

Terdapat beberapa parameter yang memengaruhi proses modifikasi pati, di antaranya ukuran partikel, suhu, waktu reaksi, konsentrasi substrat, konsentrasi pereaksi, dan kombinasi proses lainnya.

Ukuran Partikel

Ukuran partikel sangat erat kaitannya dengan laju reaksi. Menurut Saraswati (1982), semakin kecil ukuran pati maka semakin cepat reaksi berlangsung karena ukuran partikel yang kecil akan meningkatkan luas permukaan serta kelarutannya dalam air. Berdasarkan tinjauan nano teknologi, struktur granula pati disajikan pada Gambar 3. Tinjauan nano kristal tersebut sangat penting terkait dengan perubahan struktur serta modifikasi yang dapat dilakukan untuk menghasilkan



Gambar 3. Struktur nano kristal granula pati (Fen 2007).

karakteristik produk sesuai dengan tujuan pemanfaatan pati termodifikasi itu sendiri. Struktur nano merupakan alternatif struktur yang makin banyak dimanfaatkan oleh berbagai kalangan untuk mengoptimalkan kemudahan daya serap, kemampuan sebagai bahan pelapis (*nano encapsulation*), *nano emulsifier* maupun *nano stabilizer*.

Suhu

Suhu berhubungan langsung dengan laju reaksi. Berdasarkan persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka reaksi akan berlangsung makin cepat. Hal ini terkait dengan konstanta laju reaksi yang akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu operasi. Namun demikian, proses reaksi harus memperhitungkan pula karakteristik titik gelatinisasi tapioka. Pada saat titik gelatinisasi tercapai, tapioka akan berubah bentuk menjadi gel dan mengeras (Nwokocha *et al.* 2009) sehingga untuk proses modifikasi dengan menggunakan bahan kimia, seperti substitusi, sebaiknya suhu dipertahankan di bawah titik gelatinisasinya.

Waktu Reaksi

Waktu reaksi berpengaruh terhadap optimasi proses dan produk. Waktu proses yang kurang dapat mengakibatkan belum tercapainya kondisi optimal produk sesuai karakteristik yang diharapkan.

Namun demikian, semakin lama waktu proses reaksi akan semakin banyak dinding sel granula pati yang pecah sehingga terjadi perlubangan pada granula pati termodifikasi. Hal ini menyebabkan permukaan granula pati menjadi tidak rata sehingga tekstur yang dihasilkan menjadi kasar (Subagio *et al.* 2008). Waktu reaksi sangat terkait pula dengan perubahan warna. Warna coklat akibat reaksi pencoklatan perlu dihindarkan untuk memenuhi standar produk pati termodifikasi yang dihasilkan.

Konsentrasi Substrat

Konsentrasi substrat atau perbandingan penggunaan air dan pati menjadi penting terkait dengan kelarutan pati dan efisiensi penggunaan pelarut dalam proses reaksi modifikasi. Herawati (2010) melakukan penelitian substitusi pati ester dengan menggunakan konsentrasi substrat 30% dan 40%. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin meningkat jumlah substrat dan konsentrasi asam yang ditambahkan, semakin tinggi nilai DS pati ester yang dihasilkan.

Konsentrasi Bahan Kimia

Konsentrasi substrat sangat memengaruhi DS, polimerasi, dekstrinasi maupun optimasi proses lainnya. Secara garis besar, semakin meningkat penggunaan bahan kimia untuk proses modifikasi, semakin

tinggi nilai DS tapioka ester (Herawati 2010). Herawati (2010) melakukan modifikasi pati ester dengan menggunakan konsentrasi asam suksinat dan asam asetat 1,3% dan 5%.

Kombinasi Faktor

Demikian halnya untuk proses lain yang menggunakan bahan kimia untuk proses modifikasi, optimasi proses dan produk dapat dilakukan. Kombinasi beberapa faktor yang memengaruhi parameter dalam modifikasi pati dapat digunakan untuk menghasilkan karakteristik fisiko kimia tertentu dari pati termodifikasi.

TEKNOLOGI PROSES

Pengolahan pangan pada industri komersial bertujuan antara lain untuk memperpanjang masa simpan, mengubah atau meningkatkan karakteristik produk (warna, cita rasa, tekstur, dan lain-lain), mempermudah penanganan dan distribusi, memberikan lebih banyak pilihan dan ragam produk pangan di pasaran, meningkatkan nilai ekonomis bahan baku dan mempertahankan atau meningkatkan mutu, terutama mutu gizi, daya cerna, ketersediaan, dan lain-lain (Herawati 2008b).

Esterifikasi

Pati ester yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan makanan yaitu pati asetat dan pati suksinat. Pati suksinat dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk produk pangan beku dalam kaleng serta materi enkapsulasi *flavor* (Herawati *et al.* 2010c). DS adalah jumlah rata-rata gugus per unit anhidroglukosa yang disubstitusikan oleh gugus lain. Apabila gugus yang menggantikan berupa satu gugus anhidroksil pada tiap unit anhidroglukosa diesterifikasi dengan satu buah gugus acetyl maka nilai DS sebesar 1 (Wurzburg 1989). Nilai DS tertinggi diperoleh dengan perlakuan konsentrasi substrat 40% dan asam suksinat 5% dengan metode *microwave*, yaitu 0,0929 (Herawati *et al.* 2010b).

Penggunaan Na_2CO_3 yang berlebihan sebagai katalis dapat menghambat proses DS pada produk pati suksinat. Nilai DS dengan perlakuan asam suksinat 20%

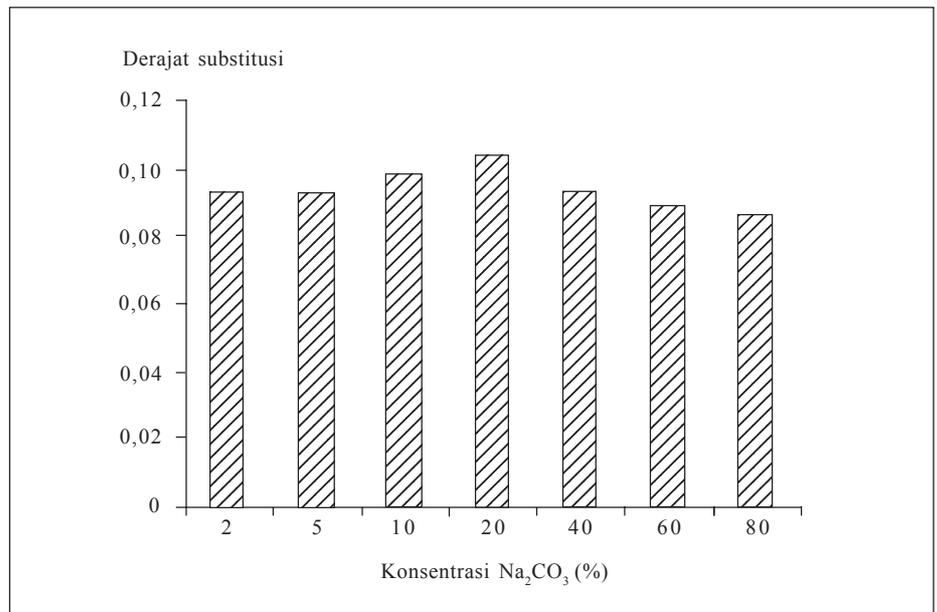
pada penambahan Na_2CO_3 20% menghasilkan nilai DS lebih tinggi, yaitu 0,166955, dibandingkan perlakuan asam suksinat 20% pada penambahan Na_2CO_3 2% yang menghasilkan nilai DS 0,112916 (Herawati *et al.* 2010b). Varavinit *et al.* (2001) melaporkan bahwa pati tapioka stearat (DS 0,016–0,008) dapat dijadikan matriks minyak lemon. Semakin besar DS pati, semakin baik pula efisiensi enkapsulasi minyak lemonnya.

Karakteristik fisik pati dapat diamati dengan menggunakan parameter reologi, yang meliputi viskositas, kemampuan mengembang maupun tingkat kelarutan tapioka suksinat yang dihasilkan, sebagaimana tertera pada Tabel 3. Viskositas pati suksinat berbeda nyata antar-perlakuan, yaitu viskositas semakin meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi asam suksinat. Penggunaan metode pengeringan juga memengaruhi viskositas pati yang dihasilkan.

Kemampuan mengembang merupakan suatu proses pengukuran kapasitas hidrasi produk karena berat pati yang diukur berhubungan dengan kemampuan mengembang granula pati di dalam air. Modifikasi pati memengaruhi kemampuan mengembang, yang tidak bergantung pada konsentrasi substrat maupun konsentrasi asam yang ditambahkan, tetapi merupakan hasil interaksi ketiga faktor yang digunakan. Kadar amilosa dan komposisi ikatan amilopektin menjadi komponen utama sebagai pembentuk gel (Tang *et al.* 2005). Hubungan negatif dan positif antara kemampuan mengembang dengan amilopektin dan amilosa disampaikan oleh Sasaki dan Masuki (1998) dan Srichowang *et al.* (2005). Semakin meningkat kadar amilosa, semakin tinggi kemampuan mengembang, sebagaimana hasil penelitian Davies *et al.* (2008).

Tingkat kelarutan yang tinggi menunjukkan bahwa pati memiliki daya cerna yang tinggi pula (Daramola dan Osanyinlusi 2006). Tingkat kelarutan pati termodifikasi dipengaruhi oleh kombinasi antarperlakuan. Pada proses modifikasi, semakin lama waktu operasi, makin banyak senyawa amilopektin yang tereduksi sehingga pati yang dihasilkan makin mudah larut dalam air (Artiani dan Avrelina 2009).

Tapioka sebelum dan sesudah proses esterifikasi tidak mengalami perubahan bentuk karena proses esterifikasi berlangsung di bawah suhu gelatinisasinya. Granula pati pada pati yang telah



Gambar 4. Hubungan antara peningkatan konsentrasi Na_2CO_3 dan nilai derajat substitusi (konsentrasi substrat 40%, microwave, konsentrasi asam suksinat 5%) (Herawati *et al.* 2010b).

Tabel 3. Viskositas, kemampuan mengembang, dan kelarutan pati suksinat.

Metode	Sampel konsentrasi substrat (%)	Konsentrasi suksinat (%)	Viskositas (dpas)	Kemampuan mengembang	Kelarutan (% g/ml)
Oven	30	1	24	5,3963	10,198
	30	3	26	6,7152	10,257
	30	5	29	6,8550	12,290
	40	1	33	5,3933	12,227
	40	3	39	6,0526	10,596
	40	5	69	6,5649	11,618
Microwave	30	1	42,5	5,6204	11,454
	30	3	46	5,6973	12,157
	30	5	49	8,2390	12,670
	40	1	21	5,2326	13,562
	40	3	31	5,6225	10,454
	40	5	34,5	5,8038	12,835

Sumber: Herawati *et al.* (2010c).

mengalami proses esterifikasi hanya menjadi lebih berdekatan sebagaimana terlihat pada Gambar 5. Diameter granula tapioka berkisar antara 5,75–16,5 μm , dengan diameter rata-rata 11,67 μm . Granula tapioka berbentuk semibulat dengan salah satu bagian ujungnya mengerucut dengan ukuran 5–35 μm (Rickard *et al.* 1992).

Bentuk dan ukuran granula pati termodifikasi tidak mengalami perubahan,

seperti pati beras terasetilasi pada media air. Pati beras asli berbentuk poligonal pada bagian tepinya dan membentuk kelompok-kelompok dengan ukuran 4,46–7,2 μm . Apabila dilakukan modifikasi menjadi pati beras terasetilasi, maka pati beras menjadi kehilangan bentuk poligonal pada bagian tepinya dan permukaannya menjadi kasar serta cenderung membentuk gumpalan dengan ukuran granula 3,9–6,5 μm (Gonzales dan Perez 2002).

Dekstrinasi

Dekstrin adalah produk hidrolisis zat pati, berbentuk zat amorf berwarna putih sampai kekuningan (SNI 1989). Dekstrin merupakan produk degradasi pati yang dapat dihasilkan dengan beberapa cara, yaitu memberikan perlakuan suspensi pati dalam air dengan asam atau enzim pada kondisi tertentu, atau degradasi/pirolisis pati dalam bentuk kering dengan menggunakan perlakuan panas atau kombinasi antara panas dan asam atau katalis lain. Dekstrin mempunyai rumus kimia (C₆H₁₀O₅)_n dan memiliki struktur serta karakteristik *intermediate* antara pati dan dekstroza (Herawati 2010).

Produksi dekstrin pada umumnya dilakukan secara enzimatik menggunakan enzim alfa-amilase dan beta-amilase (Ross *et al.* 2003). Every dan Ross (1996) melakukan penelitian pengolahan dekstrin dengan menggunakan enzim alfa-amilase. Dengan menggunakan kombinasi proses enzimatik, teknologi produksi dekstrin

dapat menghasilkan *indigestible dextrin* sebagai alternatif pengganti sukrosa (Lin dan Lee 2005). Beberapa paten telah dihasilkan terkait dengan optimalisasi proses produksi dekstrin, seperti hasil penelitian Kazuhiro *et al.* (1994) mengenai *indigestible dextrin*, Kazuhiro *et al.* (1995) untuk dekstrin rendah kalori, Haren *et al.* (2003) untuk teknologi proses dekstrinasi, Claus *et al.* (2002) untuk produksi limit dekstrin, serta beberapa paten lain terkait karakterisasi dan implementasi produk. Berdasarkan alternatif teknologi proses produksi, dekstrin dapat diklasifikasikan berdasarkan parameter warna dan proses seperti disajikan pada Tabel 4.

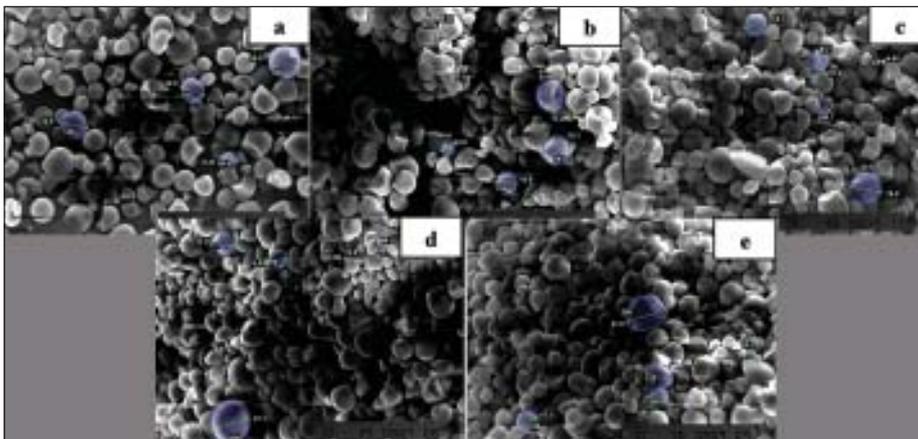
Klasifikasi dekstrin berdasarkan reaksi warna dapat dilakukan dengan menggunakan pereaksi warna dengan yodium, di mana amilodekstrin akan memberikan warna biru, eritrodekstrin merah kecoklatan, dan akrodekstrin tidak menghasilkan warna. Berdasarkan Schardinger, dikenal siklodekstrin yang strukturnya melingkar. Alfa-siklodekstrin

terdiri atas enam gugus glukosa, β-siklodekstrin tujuh unit glukosa, dan γ-siklodekstrin delapan unit glukosa dalam struktur melingkar (Herawati 2010).

Proses Resistensi Pati

Pati tak tercerna (*resistant starch/RS*) secara alamiah terdapat dalam bahan pangan mentah maupun produk olahan. Kadar RS dipengaruhi oleh sumber pati dan kondisi pengolahan (Purwani *et al.* 2010). Ada empat jenis RS, yaitu RS1, RS2, RS3, dan RS4. RS1 secara fisik terperangkap di dalam matriks sehingga tidak dapat diakses oleh enzim. RS2 adalah granula pati mentah yang didominasi oleh struktur kristal sehingga sulit dihidrolisis oleh enzim. RS3 adalah pati retrogradasi dan RS4 adalah pati termodifikasi (Goni dan Alonso 2000). Beberapa sumber pati lainnya, seperti pati ubi jalar varietas Sukeh berpotensi sebagai sumber bahan baku RS3 (Purwani *et al.* 2010). Sumber pati beramilosa tinggi terbukti mampu menghasilkan kadar pati resisten (RS) yang tinggi. Kadar amilosa pati sagu dan beras masing-masing 45,30% dan 38,93% memiliki kadar pati resisten 31,65% dan 25,23%. Bahan baku pati yang digunakan dalam proses produksi pati resisten sangat memengaruhi rendemen yang dihasilkan. Hi maize memiliki kadar pati resisten 33,09, beras 25,23%, dan sagu 31,65% (Herawati 2010).

Wasserman *et al.* (2007) menyatakan bahwa sumber pati beramilosa tinggi cenderung memiliki suhu leleh yang tinggi pula. Suhu leleh amilosa adalah 140°C, sementara amilopektin dapat meleleh pada suhu 60–70°C. Pada suhu lelehnya, struktur kristal amilosa dan amilopektin akan rusak. Pati resisten dapat digunakan sebagai substrat bagi pertumbuhan mikroflora kolon, salah satunya *Clostridium butyricum* BCC B2571. Untuk meningkatkan kadar pati resisten, hidrolisis enzimatis dengan *debranching enzyme* sebaiknya dilakukan sebelum proses retrogradasi sehingga pembentukan rantai linier panjang dapat optimal (Herawati *et al.* 2010a). Pati resisten dapat dimanfaatkan sebagai *food ingredient*, terutama sebagai bahan makanan fungsional untuk kesehatan pencernaan, di samping dapat menurunkan kolesterol dalam darah (Herawati 2011).



Gambar 5. Partikel tapioka pada pengamatan dengan SEM, perbesaran 750 kali, (a) tapioka, (b) tapioka suksinat-oven, (c) tapioka suksinat-microwave, (d) tapioka asetat-oven, dan (e) tapioka asetat-microwave (Herawati 2009).

Tabel 4. Klasifikasi jenis dekstrin.

Reaksi warna	Klasifikasi dekstrin		
	Warna	Schardinger	Metode proses
Amilodekstrin	Putih	α-siklodekstrin	Basah-asam
Eritrodekstrin	Kuning	β-siklodekstrin	Basah-enzim
Akrodekstrin	British gum	γ-siklodekstrin	Kering

Sumber: Herawati (2010).

Pemanasan dengan Gelombang Pendek

Gelombang pendek merupakan salah satu gelombang radio dengan frekuensi tinggi dengan rentang 300–300.000 juta Hertz. Oleh karena itu, gelombang pendek dapat masuk dengan sangat mudah ke dalam suatu bahan (Wujie 2003). Gelombang pendek dapat digunakan sebagai sumber tenaga untuk memanaskan dan mengeringkan suatu bahan (Liu *et al.* 2005), dan mengkatalis reaksi kimia dalam pembuatan bahan industri dan pertanian.

Penggunaan gelombang pendek sebagai alternatif untuk memodifikasi struktur pati maupun komponen bahan pangan telah dikembangkan sejak 1940 (Mermelstein 1997). Teknik penggunaan gelombang pendek secara luas telah dikembangkan dalam industri pangan dan kimia (Ayappa *et al.* 1991).

Modifikasi pati akan berhasil dilakukan jika energi gelombang pendek digabungkan dengan aktivitas proton yang berasal dari asam mineral (anorganik) (Muzimbaranda dan Tomasik 1994). Hasil pemanasan pati dengan sumber panas konvensional dan gelombang pendek menunjukkan bahwa pemanasan dengan pemanas konvensional mengakibatkan lebih banyak kerusakan pada struktur pati (Muzimbaranda dan Tomasik 1994).

Prinsip pemanasan menggunakan gelombang pendek adalah berdasarkan tumbukan langsung dengan materi polar atau pelarut dan diatur oleh dua fenomena, yaitu konduksi ionik dan rotasi dipol. Pada sebagian besar kasus, kedua fenomena tersebut berjalan secara simultan. Konduksi ionik mengacu pada migrasi elektroporetik ion dalam pengaruh perubahan medan listrik. Resistensi yang ditimbulkan oleh larutan terhadap proses migrasi ion menghasilkan friksi yang akan memanaskan larutan. Penggunaan gelombang pendek diharapkan dapat membantu memperbaiki karakteristik tapioka, terutama pola gelatinisasi dan kemampuannya untuk mengkatalis reaksi substitusi pada proses modifikasi tapioka (Herawati 2010).

Modifikasi Pati Lainnya

Pati alami dapat dimodifikasi dengan cara fisika atau kimia (Daramola dan Osanyinlusi 2006). Modifikasi pati secara kimia dapat dilakukan dengan penam-

bahan asam, oksidasi, *cross-linking*, esterifikasi, eterifikasi, dan kationik. Modifikasi pati secara kimia dapat menyebabkan terjadinya *cross-linking* sehingga memperkuat ikatan hidrogen dalam molekul pati (Yavus *et al.* 2003).

Proses modifikasi pati lainnya dapat dilakukan dengan penambahan asam, basa, garam maupun unsur halogen. Reaksi hidrolisis pada prinsipnya diarahkan untuk memecah molekul menjadi molekul yang lebih sederhana seperti glukosa, maltosa maupun dekstrin, sedangkan proses reaksi oksidasi-reduksi untuk proses produksi gula alkohol (sorbitol, manitol, maltitol, xylitol, dan gula alkohol lainnya).

Proses reaksi dengan halogenasi yang melibatkan unsur halogen seperti klorin sebagai substitusi gugus hidroksil dilakukan untuk pemutihan tepung. Proses aminasi dan karbamolasi pati melalui substitusi gugus hidroksil dengan amino dilakukan dalam produksi pakan ternak.

Teknologi modifikasi masih cukup luas terkait dengan tujuan proses dan pemanfaatan produk lanjutannya. Kombinasi proses seperti penggunaan bahan kimia yang dikombinasikan dengan gelombang pendek akan menjadi sebuah peluang alternatif dalam praktik modifikasi pati, khususnya tapioka ester.

FOOD INGREDIENT

Implementasi Produk

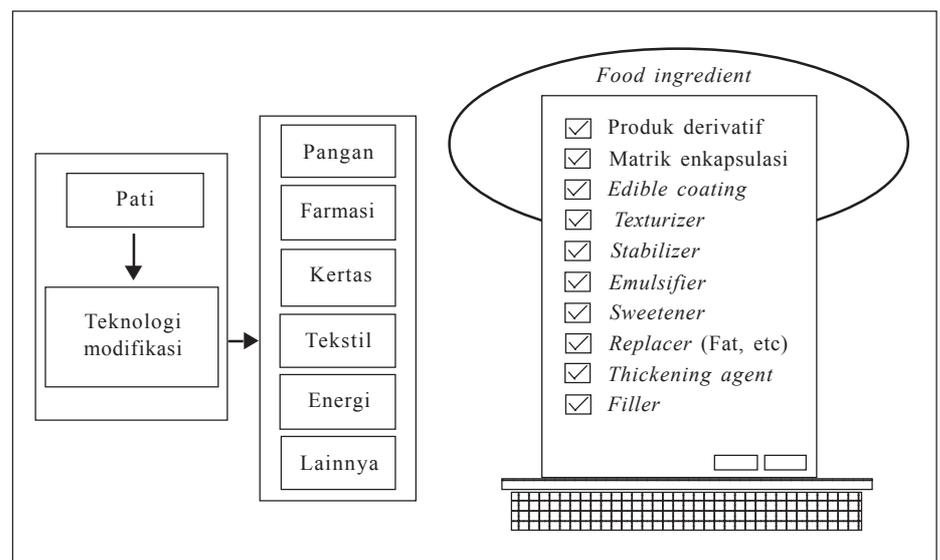
Food ingredient merupakan komponen bahan makanan yang digunakan untuk

memproduksi makanan siap saji. Menurut Rezzoug *et al.* (1998), interaksi *ingredient* dalam proses pengolahan pangan akan menghasilkan karakteristik tertentu pada produk. Komponen bahan makanan yang ditambahkan dalam jumlah sedikit untuk memperbaiki kualitas bahan makanan disebut sebagai *food additives*.

Data mengenai pemanfaatan pati termodifikasi cukup sulit diperoleh, terutama untuk produk selain pemanis. Tingkat permintaan produk tapioka termodifikasi di Thailand untuk kebutuhan pangan menurut Sriroth *et al.* (2000) adalah: MSG/lysine 232.980 t/tahun, glukosa 60.000 t/tahun, *high fructose* 54.000 t/tahun, sorbitol 30.000 t/tahun, *dextrose monohydrate* 20.000 t/tahun, dan *dextrose anhydrous* 500 t/tahun.

Produk pati termodifikasi dapat dimanfaatkan baik sebagai komponen utama maupun bahan tambahan makanan dalam koridor *food ingredient*. Berbagai produk seperti produk derivatif, matrik enkapsulasi, *texturizer*, *stabilizer*, *emulsifier*, *sweetener*, *fat replacer*, *thickening agent*, dan *filler* merupakan bagian dari *food ingredient* yang dapat dikembangkan dengan basis pati termodifikasi.

Dalam penggunaannya sebagai komponen pangan, pati dapat dimanfaatkan sesuai dengan karakteristik dan tujuan pemanfaatan produk. Taggart (2004) mendeskripsikan karakteristik sensoris beberapa jenis pati. Pengembangan teknologi produksi pati termodifikasi sangat erat kaitannya dengan komponen sensoris pati seperti struktur, penampakan fisik, dan cita rasa. Berbagai jenis pati termodifikasi



Gambar 6. Bagan produk food ingredient dari tapioka.

Tabel 5. Berbagai jenis pati tapioka termodifikasi serta sifat dan aplikasinya dalam bidang pangan.

Jenis pati	Sifat/fungsi	Aplikasi
Pati prigelatinisasi	Larut dalam air dingin bahan pengisi	Sup instan, puding instan, saus, campuran <i>bakery</i> , makanan beku
Pati hidrolisis asam	Viskositas rendah, retrogradasi tinggi, gel kuat	Gum, permen, formulasi pangan cair
Dekstrin	Bahan pengikat, enkapsulasi	<i>Confectionary, baking</i> , perisa, rempah, minyak
Pati teroksidasi	Penstabil, perekat, pengegel, penjernih	Formulasi pangan, gum, <i>confectionary</i>
Pati eter	Penstabil	Sup, puding, makanan beku
Pati ester	Penstabil, bahan pengisi, penjernih	Permen, emulsi
Pati reaksi silang	Bahan pengisi, penstabil, bahan teksturizer	Pengisi pie, roti, makanan beku, <i>bakery</i> , puding, makanan instan, sup, salad <i>dressing</i> , saus

Sumber: Hustiany (2006).

serta pemanfaatannya pada produk pangan tertera pada Tabel 5.

Standar Mutu

Standar mutu produk pati termodifikasi di Indonesia masih terbatas pada produk dekstrin. Standar mutu produk diperlukan untuk keamanan pangan (Herawati 2010). Standar mutu produk di Thailand mengacu kepada *International Numbering System (INS)* dan *EC Number* untuk produk bahan tambahan makanan. INS mencakup standar konsentrasi penggunaan bahan kimia untuk proses produksi pati prigelatinisasi, pati masak, pati alkali,

pati teroksidasi, pati fosfat, pati suksinat, pati asetat, pati fosfat, pati hidrosilfosfat, pati asetat adipat, dan pati asetat fosfat.

Standardisasi mutu produk pati termodifikasi sangat diperlukan terutama untuk modifikasi yang menggunakan bahan kimia. Hal ini terkait dengan residu bahan kimia yang mungkin masih tertinggal dan terbawa pada produk pangan (Herawati 2010).

KESIMPULAN

Teknologi proses produksi *food ingredient* merupakan bagian diversifikasi

proses pengolahan tapioka termodifikasi. Teknologi proses produksi tersebut meliputi esterifikasi, dekstrinasi, dan pembuatan pati resisten. Penggunaan bahan kimia untuk produk *food ingredient* perlu memerhatikan batasan maksimal yang diperbolehkan untuk pangan. Pati termodifikasi sangat prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut untuk memperbaiki kualitas bahan pangan dan produk makanan, terutama terkait dengan potensi Indonesia yang memiliki bahan baku ubi kayu yang cukup melimpah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, L.H. 2002. Pati termodifikasi dibutuhkan oleh industri makanan. www.pikiranrakyat.com. [9 September 2009]
- Artiani, P.A. dan Y.R. Avrelina. 2009. Modifikasi *cassava starch* dengan proses asetyolasi asam asetat untuk produk pangan. Laporan Penelitian. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ayappa, K.G., H.T. Davis, and J. Gordon. 1991. Analysis of microwave heating of material with temperature dependent properties. *AIChE J.* 37(3): 313–322.
- Claus, C., P. Sven, and C.T. Rex. 2002. Method for Production of Maltose and a Limit Dextrin, the Limit Dextrin, and Use of the Limit Dextrin. United States Patent 6361809.
- Daramola, B. and S.A. Osanyinlusi. 2006. Investigation on modification of cassava starch using active components of ginger roots (*Zingiber officinale* Roscoe). *Afr. J. Biotechnol.* 5: 917–920.
- Davies, E.M., M.T. Labuschagne, E. Koen, I.R.M. Benesi, and J.D.K. Saka. 2008. Some properties of starches from cocoyam (*Colocasia esculenta*) and cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown in Malawi. *Afr. J. Food Sci.* (2): 102–111.
- Departemen Pertanian. 2009. Data produksi komoditas pertanian. http://database.deptan.go.id/bdsp/hasil_kom.asp [27 Januari 2009].
- Every, D. and M. Ross. 1996. The role of dextrans in the stickiness of bread crumb made from pre-harvest sprouted wheat or flour containing exogenous alpha-amylase. *J. Cereal Sci.* 23: 247–256.
- Fen, H.L. 2007. Physicochemical and Functional Properties of Enzyme Modified Tapioca Starches. Thesis. Faculty of Sains, Universiti Sains Malaysia.
- Goni, I. and A.G. Alonso. 2000. Effect of processing on potato starch: *in vitro* availability and glicemic index. *J. Starch Nutr.* 2–3: 81–84.
- Gonzales, Z. and E. Perez. 2002. Effect of acetylation on some properties of rice starch. *Starch/Starke* 54: 148–154.
- Haren, A.A.M.M., J.C.P.H. Makkum, and R.P.W. K. Ananen. 2003. Dextrinization of starch. United States Patent 6613.152.B1.
- Herawati, H. 2006a. Potensi ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) sebagai pangan pokok untuk mendukung program ketahanan pangan. Prosiding Seminar Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Pertanian melalui Akselerasi Pemasyarakatan Inovasi Teknologi Berbasis Pertanian, Bandung, 29 November 2005.
- Herawati, H. 2006b. Inovasi teknologi pengolahan untuk diversifikasi produk dari tapioka. Prosiding Seminar Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Pertanian melalui Akselerasi Pemasyarakatan Inovasi Tek-

- nologi Berbasis Pertanian, Bandung, 29 November 2005.
- Herawati, H. 2008a. Peluang pengembangan alternatif produk *modified starch* dari tapioka. Seminar Nasional Pengembangan Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Surakarta, 7 Agustus 2008.
- Herawati, H. 2008b. Penentuan umur simpan pada produk pangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 27(4): 124–130.
- Herawati, H. 2009. Modifikasi Ester-Gelombang Pendek untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka. Tesis Magister Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Herawati, H. 2010. Standarisasi pati termodifikasi untuk produk pangan. Makalah disampaikan pada acara PPIS–BSN 2010, Jakarta, 11 November 2010.
- Herawati, H., I.N. Widiassa, dan D. Permanasari. 2010a. Nilai derajat substitusi pati ester dari beberapa metode pengolahan. Seminar Rekayasa Kimia dan Proses, 4–5 Agustus 2010.
- Herawati, H., I.N. Widiassa, and Kendriyanto. 2010b. The influence of several variables to the degree of substitution value of modified tapioca. *International Seminar on Emerging Issues and Developments in Foods and Ingredients*, Jakarta, 29–30 September 2010.
- Herawati, H., I.N. Widiassa, dan Kendriyanto. 2010c. Modifikasi asam suksinat-gelombang pendek untuk produksi tapioka suksinat. *Agritek* 30(4): 230–237.
- Herawati, H. 2011. Potensi pengembangan produk pati tahan cerna sebagai pangan fungsional. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 30(1): 31–39.
- Hustiany, R. 2006. Modifikasi Asilasi dan Suksinilasi Pati Tapioka sebagai Bahan Enkapsulasi Komponen Flavor. Disertasi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jacobs, H. and J.A. Delcour. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *J. Agric. Food Chem.* 46(8): 2895–2905.
- Kazuhiro, O., H. Yoshio, I. Kasuyuki, M. Isao, and K. Yasuo. 1994. Indigestible Dextrin. United States Patent 5364652.
- Kazuhiro, O., M. Isao, and H. Yoshio. 1995. Method for Preparing Low Calorie Dextrin. United States Patent 5430141.
- Lin, S.D. and C.C. Lee. 2005. Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose. *Cereal Chem.* 82(4): 405–413.
- Liu, Z., L. Peng, and J.F. Kennedy. 2005. The technology of molecular manipulation and modification assisted by microwaves as applied to starch granules. *Carbohydrate Polymers* 61: 374–378.
- Mermelstein, N.H. 1997. How food technology covered microwaves over the years. *Food Technol.* 51(5): 82–84.
- Muzimbaranda, C. and P. Tomasik. 1994. Microwave in physical and chemical modification of starch. *Starch* 46(12): 469–474.
- Nwokocha, L.M., N.A. Aviara, C. Senans, and P.A. Williams. 2009. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. *Carbohydrate Polymers.* 76: 362–367.
- Purwani, E.Y., M.T. Suhartono, H. Herawati, and P.P. Dewi. 2010. Type of resistant starch affected butyrate production by *Clostridium butyricum* BCC B2571. *International Seminar on Emerging Issues and Developments in Foods and Ingredients*, Jakarta, 29–30 September 2010.
- Rezzoug, Z.M., J.M. Bouvier, K. Allaf, and C. Patras. 1998. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *J. Food Engin.* 35: 23–42.
- Rickard, J.E., J.M.V. Blanshard, and M. Asaoka. 1992. Effects of cultivar and growth season on the gelatinization properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch. *J. Sci. Food Agric.* (59): 53–58.
- Ross, H.A., J. Sungurtas, L. Ducreux, J.S. Swanston, H.V. Davies, and G.J. Mc Dougal. 2003. Limit dextrinase in barley cultivars of differing malting quality: activity, inhibitors and limit dextrin profiles. *J. Cereal Sci.* 38: 325–334.
- Saraswati. 1982. The Problems to be Solved in Starch Processing Technologies in Indonesia. *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi*, Jakarta.
- Sasaki, T. and J. Masuki. 1998. Effect of wheat structure on swelling power. *Cereal Chem.* 75: 525–529.
- Srichowang, S., T.C. Sunarti, T. Mishima, N. Isono, and M. Hisamatsu. 2005. Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. *Carbohydrate Polymers* 62: 25–34.
- Sriroth, K., V. Santisopasri, C. Petchalanuwat, K. Kurotjanawong, K. Piyachomkwan, and C.G. Oates. 2000. Cassava starch granule structure–function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. *Carbohydrate Polymers* 38: 161–170.
- Subagio, A., W. Siti, Y. Witono, dan F. Fahmi. 2008. Prosedur Operasi Standar (POS) Produksi Mocal Berbasis Klaster. Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Taggart, P. 2004. Starch as an ingredients: manufacture and applications. *Dalam: A.C. Eliasson* (Ed). *Starch in Food: Structure, Function, and Application*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Tang, H., T. Mitsunaga, and Y. Kawamura. 2005. Functionality of starch granules in milling fractions of normal wheat grain. *Carbohydrate Polymers* 59: 11–17.
- Thomas, D. and W. Atwell. 1997. Gelatinization, pasting, and retrogradation. pp. 25–30. *In Starches*. Minnesota: The American Association of Cereal Chemists, Inc.
- Triyono, A. 2008. Potensi sumber pati dari umbi-umbian dalam proses produksi pati termodifikasi secara hidrolisa enzimatis sebagai bahan untuk industri pangan. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tuschoff, J.V. 1989. Hydroxypropylated starches. *In O.B. Wurzburg* (Ed.). *Modified Starches: Properties and uses*. CRC Press Boca Raton, Florida.
- Van de Burgt, Y.E.M., J. Bergsma, I.P. Bleeker, H.C. Mijland, J.P. Kamerling, and J.F.G. Vliegthart. 2000. Structural studies on methylated starch granules: Reviews. *Starch/Starke* 52: 40–43.
- Varavinit, S., N. Chaokkasem, and S. Shobsngob. 2001. Studies of flavor encapsulation by agents produced from modified sago and tapioca starches. *Starch/Starke* 53: 281–287.
- Wasserman, L.A., M. Signorelli, A. Schiraldi, V. Yuryev, G. Boggini, S. Bertini, and S. Fessas. 2007. Preparation of wheat resistant starch: treatment of gels and DSC characterization. *J. Therm. Anal. Cal.* 87(1): 153–157.
- Wujie. 2003. The Producing Technology of Microwave Food. *Scientific and Technical Documents*, 5.
- Wurzburg, O.B. 1989. *Modified Starches: Properties and uses*. CRC Press Boca Raton Florida.
- Yavus, Hulya, and B. Ceyhun. 2003. Preparation and biogradation of starch/polycaprolactone film. *J. Polymer Environ.* 11(3): 107–113.