

**KARAKTERISASI SIFAT FISIK, KIMIA, DAN FUNGSIONAL BAHAN
PATI UMBI GEMBILI (*Dioscorea esculenta* L.) TERMODIFIKASI
SECARA IKATAN SILANG DENGAN NATRIUM TRIPOLIFOSFAT**

*Characterization of Physical, Chemical and Functional Gembili (*Dioscorea esculenta* L.)
Starch of Crosslinking Modification with Sodium Tripolyphosphate*

Herlina¹⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas
Jember

E-mail : linaftp@yahoo.com

ABSTRACT

Gembili starch is one product that potential for wheat flour replacer, and as food additives. However, natural gembili tuber starch has disadvantage that often hinder its application in food processing, such as: the ability to form gels that are not uniform, can not stand on the heating high temperature, the acid conditions, and mechanical process, and susceptible to synerecys . One attempt to exploit the properties of tuber starches gembili is to modify the physical and chemical properties of gembili tuber starch by crosslinking with sodium Tripolyphosphate. The purpose of this study was to determine the physical, chemical and functional properties of gembili modified starch crosslinking using sodium Tripolyphosphate. The experimental design in this study was a randomized block design with 2 factors. Factor A was concentration of sodium Tripolyphosphate (0.05, 0.10 and 0.15% w / w) and factor B was reaction time (30, 60 and 90 minutes). Starch modification resulting tested physical, chemical and functional properties. temperature, viscosity of hot-cold, force expansion, water absorption, texture paste and clarity of pasta. The results showed that the modification of starch by crosslinking with sodium Tripolyphosphate decrease water content, protein, fat, amylose, whiteness, space density, angle of bulk, cold viscosity, water holding capacity, swelling power and paste clarity. However, the modification increased the ash content, gelatinization temperature, hot viscosity, and texture of paste. Testing of starch granules by using Scanning Electron Microscope (SEM) showed that the crosslinking modification process with sodium tripolyphosphate was 0.15% for 90 minutes the starch granules will be more rigid, open, and were amorphous but the shape of granules still survive as a natural condition.

Key words: *gembili starch, modification starch, crosslinking modification, functional properties*

PENDAHULUAN

Gembili (*Dioscorea esculenta* L.) merupakan tanaman umbi-umbian yang dalam bahasa Inggris disebut *Lesser yam*, merupakan salah satu dari famili *Dioscoreaceae*. Nama lain dari gembili adalah ubi aung (Jawa Barat), ubi gembili (Jawa Tengah), kombili (Ambon). Jenis ini berasal dari Thailand dan Indo China. Tumbuhan liarnya ditemukan di India, Burma dan New Guinea. Saat ini gembili merupakan tanaman budidaya penting di Asia

Tenggara (terutama di New Guinea, Ocenia, Karibia dan China) (Flach and Rumawas, 1996).

Umbi gembili merupakan bahan kaya karbohidrat yang umumnya mengandung pati. Pati yang terdapat didalamnya merupakan polisakarida terpenting yang digunakan untuk menyimpan glukosa dalam proses metabolisme. Pati sebagai bahan tambahan makanan mempunyai peranan yang sangat besar dalam menentukan mutu produk pangan. Pati mampu berinteraksi dengan senyawa-senyawa

lain, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga berpengaruh pada aplikasi proses, mutu dan penerimaan produk. Sifat-sifat inilah yang disebut dengan sifat fungsional pati seperti : viskositas pasta, kekuatan pemekaran, daya serap air (*water holding capacity*), tekstur pasta, kejernihan pasta dan suhu gelatinisasi. Dengan mengeksploitasi sifat-sifat pati ini dengan baik, pati dapat menjadikan bahan pangan yang sangat menarik dan mendorong timbulnya tekstur, elastisitas, stabilitas emulsi dan mutu lainnya yang dikehendaki konsumen (Rapaille and Vanhemelruck, 1999).

Pati umbi-umbian merupakan salah satu produk yang berpotensi untuk disubstitusikan di tepung terigu, namun pati alami memiliki kekurangan yang sering menghambat aplikasinya di dalam proses pengolahan pangan seperti : kemampuan membentuk gel yang tidak seragam (konsisten), tidak tahan pada pemanasan suhu tinggi, tidak tahan pada kondisi asam, tidak tahan proses mekanis, dan mudah mengalami sineresis (BeMiller, 1997). Berdasarkan penelitian Sapuan (1998) dalam Naryanto dan Kumalaningsih (1999) substitusi pati umbi-umbian pada tepung terigu pada pembuatan berbagai produk pangan hanya 5 – 10 % saja, menjadi permasalahan yang sangat menarik untuk diteliti. Salah satu penelitian yang dapat dilakukan adalah dengan merekayasa sifat fisik dan kimia pati umbi gembili dengan cara modifikasi pati (*Starch modifcation*).

Pati yang dimodifikasi kimia dengan ikatan silang banyak diaplikasikan pada industri pangan (Jobling, 2004). Pati ikatan silang diperoleh dengan cara mereaksikan pati dengan senyawa bi- atau polifungsional yang dapat bereaksi dengan gugus –OH pada struktur amilosa atau amilopektin sehingga dapat membentuk ikatan silang atau jembatan yang menghubungkan satu molekul pati dengan molekul pati

lainnya. Dengan adanya ikatan silang ini maka akan memperkuat ikatan hidrogen pada rantai pati. Diantara senyawa yang dapat membentuk ikatan silang dan diperbolehkan dalam makanan (*food grade*) adalah senyawa polifosfat (seperti natrium trimetafosfat, fosforus oksiklorida dan natrium tripolifosfat) dan gliserol. Reaksi antara molekul pati dengan senyawa natrium ortofosfat untuk menghasilkan pati ikatan silang dihubungkan dengan jembatan fosfat (Wurzburg, 1995). Pati yang dimodifikasi dengan ikatan silang lebih sulit mengalami gelatinisasi tetapi lebih stabil selama pemanasan (tidak mengalami *viscosity break down*), pati ikatan silang juga lebih tahan kondisi asam, pemanasan dan pengadukan, sehingga sesuai digunakan untuk produk yang diproses dengan suhu tinggi (Light, 1990).

Hung and Morita (2005) melaporkan bahwa pati gandum yang dimodifikasi secara ikatan silang dengan substitusi fosfat dapat meningkatkan viskositas dan meningkatkan stabilitas pasta pada penyimpanan suhu dingin. Dilaporkan pula bahwa penggunaan natrium polifosfat untuk modifikasi pati ubi kayu secara ikatan silang akan meningkatkan kestabilan viskositas pati, mencegah sineresis pati pada penyimpanan suhu dingin dan menurunkan kejernihan pasta, swelling power serta kelarutan pati (Wattanachant *et al.*, 2003). Kenyataan tersebut menunjukkan bahwa pati alami dapat dimodifikasi dengan pengikatan silang untuk mendapatkan sifat yang dikehendaki dan kesesuaiannya untuk produk pangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi pati dari umbi gembili secara ikatan silang dengan natrium tripolifosfat (STPP) pada berbagai konsentrasi dan lama reaksi terhadap sifat fisik, kimia dan fungsional, serta membandingkan sifat-sifat pati gembili modifikasi dengan pati gembili alami.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian laboratoris (*pure experiment*) ini dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu : 1) pembuatan pati gembili dimodifikasi secara ikatan silang dengan Natrium tripolifosfat, 2) karakterisasi sifat fisik dan kimia pati gembili termodifikasi, dan 3) karakterisasi sifat fungsional bahan pati gembili termodifikasi.

Semua kegiatan dilakukan di Laboratorium Kimia Biokimia Hasil Pertanian FTP Universitas Jember.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan memakai dua faktor, yaitu konsentrasi STPP dan lama reaksinya. Pada faktor pertama dipergunakan 3 level, yaitu : 0,5 %; 1 % dan 1,5 % b/b sedangkan faktor kedua juga dipergunakan 3 level, yaitu : 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Dari kedua faktor dan pemilihan level didapatkan 9 kombinasi perlakuan, dimana setiap perlakuan diulang 3 kali. Sebagai pembandingan dilakukan analisis pati gembili alami yang tidak diperlakukan (kontrol).

Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam mempergunakan fasilitas program SPSS. Apabila dari hasil analisis tersebut menunjukkan perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan *Duncan,s Multiple Range Test* ($P=0,05$).

Bahan dan Alat

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi gembili (*Dioscorea acuelata* L.) yang diperoleh dari dusun Gumukagung, desa Gintangan, kecamatan Rogojampi, kabupaten Banyuwangi, propinsi Jawa Timur. Bahan kimia yang digunakan adalah aquades, NaCl 0,12% (b/b) (Merck), STPP (0,05 – 0,15 %), NaOH

0,6 % (b/b)(Sigma) , alkohol, etanol, reagen Nelson, arsenomolybdat, petroleum benzena (Merck), K_2SO_4 (Merck), HCl (Sigma), amilosa murni (Merck), larutan iod, asam borat jenuh, campuran 2 bagian etil merah 0,2% dalam alkohol dan 1 bagian *metil blue* 0,2% dalam alkohol, dan asam asetat 1 N (Merck),

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin parut, kain saring, wadah plastik, pisau, kompor, loyang, ayakan 100 mesh, mortar, tabung reaksi, erlenmeyer, oven, tanur pengabuan, eksikator, stopwatch, pipet, peralatan gelas, *colour reader Minolta*, termometer, neraca analitik *Ohaus AP-310-O* (Swiss), viskosimeter *Haake type 808-0757*, pH meter *Jen Way tipe 3320* (Jerman), spektrofotometer *PrimSecoman* (Prancis), mikropipet, vortex *Maxi Max 1 type 16700*, water bath GFL 1083, dan magnetic stirrer SM 24.

Pembuatan Pati Gembili Termodifikasi

Pembuatan pati modifikasi ikatan silang dengan natrium tripolifosfat menggunakan cara yang dikembangkan oleh Radley (1976) dalam Suryani dan Haryadi (1998). Pati umbi gembili alami yang telah dibuat dengan cara ekstraksi diayak pada ayakan 100 mesh. Pati ditimbang kemudian dimasukkan dalam beaker glass 1000 ml, untuk ditambah air sebanyak 70 %, kemudian dilakukan pengadukan hingga merata. Sambil dilakukan pengadukan ditambahkan NaCl sebanyak 0,10 %. Setelah itu secara perlahan-lahan dilakukan alkalisasi dengan menambahkan NaOH 0,6% sampai pH menjadi 10,5-11. Setelah dicapai pH tersebut segera ditambahkan pereaksi STPP dengan tingkat konsentrasi (0,5 %; 1 % dan 1,5 % b/b) dan waktu (lama) reaksi (30 menit, 60 menit dan 90 menit).

Kemudian dilakukan netralisasi dengan mempergunakan larutan HCl 1N sampai pH 7 (netral), setelah itu dilakukan penapisan selama 24 jam dan dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 50-60 °C selama 12 jam. Pati modifikasi yang didapatkan kemudian dianalisis secara fisik, kimia dan fungsional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Pati Umbi Gembili yang Dimodifikasi Secara Ikatan Silang

Hasil pengujian kadar air, abu, protein, dan lemak pati gembili termodifikasi secara ikatan silang pada berbagai konsentrasi STPP dan lama reaksi berbeda sangat nyata dan kadar amilosa berbeda tidak nyata (**Tabel 1**)

Tabel 1. Sifat kimia pati gembili alami dan pati gembili termodifikasi secara Ikatan silang pada berbagai konsentrasi STPP dan lama reaksi

Konsentrasi STPP(b/b)	Lama Reaksi (menit)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Amilosa (%)
Kontrol	-	6.02	1.21	0.94	0.75	35.74
0,05 %	30	5.17 a	1.43 a	0.84 a	0.60 a	30,47 a
	60	5.23 ab	1.48 a	0.80 ab	0.58 ab	30.30 a
	90	5.40 bc	1.54 a	0.75 bc	0.57 ab	30.01 a
0,10 %	30	5.57 cd	1.69 b	0.70 cd	0.55 ab	29.21 a
	60	5.68 de	1.70 b	0.68 cde	0.53 ab	29.00 a
	90	5.89 ef	1.75 bc	0.65 de	0.50 b	28.76 a
0,15%	30	5.89 ef	1.89 cd	0.65 de	0.40 c	28,23 a
	60	6.00 fg	1.90 d	0.63 de	0.39 c	28.10 a
	90	6.12 g	2.00 d	0.60 e	0.37 c	28.00 a

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0,05)

Pati gembili alami mempunyai kadar air, protein, lemak dan amilosa lebih tinggi dibandingkan dengan pati modifikasi secara ikatan silang, hal ini dikarenakan dengan adanya proses modifikasi ikatan silang akan terjadi kontak antara pati, basa, garam, asam dan panas yang mengakibatkan terdegradasinya pati dan memper-lemah ikatan antar molekul pati, hal ini berakibat mudahnya air menguap, terdegradasinya protein, terhidrolisis-nya lemak dan sebagian amilosa terlarut dalam air, dimana amilosa merupakan fraksi larut dalam air (BeMiller and Whistler 1996). Dari penelitian ini jembatan fosfat yang terbentuk masih belum bisa menghambat laju penurunan kadar protein, lemak dan amilosa.

Meningkatnya kadar abu pada pati modifikasi secara ikatan silang, dan cenderung mengalami kenaikan seiring

dengan meningkatnya konsentrasi STPP dan lama reaksi, hal ini dikarenakan STPP telah bereaksi dengan pati, dimana senyawa tersebut merupakan mineral yang akan meningkatkan kadar abu pati. Seperti yang dilaporkan Bello-Perez *et al.* (1999) menyatakan bahwa meningkatnya kadar abu pada pati pisang yang dimodifikasi disebabkan karena natrium dan magnesium yang digunakan untuk bahan pemodifikasi.

Sifat Fisik Pati Gembili Termodifikasi Secara Ikatan Silang

Hasil pengujian derajat putih, densitas kamba dan sudut curah pati gembili alami dan pati gembili modifikasi secara ikatan silang pada berbagai konsentrasi STPP dan lama reaksi berbeda sangat nyata (**Tabel 2**). Pati gembili alami mempunyai derajat putih, densitas kamba dan sudut curah

yang lebih tinggi dibandingkan dengan pati modifikasi secara ikatan silang, hal ini dikarenakan pada waktu pembuatan pati modifikasi terjadi reaksi pencok-latan non enzimatis (reaksi *Maillard*) yang terjadi antara gula pereduksi (karbohidrat) dengan

gugus amina primer, mengingat pati gembili mempunyai kandungan protein sebesar 0,94%, reaksi maillard semakin cepat apabila dipacu dengan adanya pemanasan (BeMiller and Whistler, 1996).

Tabel 2. Sifat fisik pati gembili alami dan pati gembili modifikasi secara ikatan silang pada berbagai konsentrasi STPP dan lama reaksi

Konsentrasi STPP(b/b)	Lama Reaksi (menit)	Derajat putih (°)	Densitas kamba (g/ml)	Sudut curah (°)
Kontrol	-	78.84	0.46	75.69
0,05 %	30	75.43 a	0.32 a	65.34 a
	60	75.00 ab	0.34 ab	67.21 b
	90	74.87 ab	0.37 bcd	68.00 c
0,10 %	30	74.56 abc	0.35 abc	69.56 d
	60	74.12 bcd	0.38 abcd	70.87 e
	90	73.78 cd	0.41 bcd	71,45 f
0,15%	30	73.58 cd	0.40 bcd	70.54 e
	60	73.30 d	0.42 cd	72.43 g
	90	73.12 d	0.45 d	73.89 h

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Pati alami mempunyai nilai densitas kamba dan sudut curah yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pati modifikasi secara ikatan silang, hal ini dikarenakan dengan adanya proses modifikasi akan terjadi kontak antara pati dengan panas, air, garam dan basa yang menyebabkan ikatan primer yang menyusun molekul dalam suatu struktur yang kompak pada pati akan pecah karena terjadi hidrasi, hal ini berakibat struktur pati semakin renggang sehingga air dalam granula pati lebih mudah diupakan.

Meningkatnya konsentrasi Na_3PO_4 dan lama reaksi pada proses modifikasi pati gembili akan meningkatkan nilai densitas kamba dan sudut curah, hal ini menunjukkan bahwa pembentukan

ikatan silang dalam bentuk matriks jembatan fosfat sudah terbentuk, yang diikuti dengan meningkatnya kadar air pati. Kandungan air yang tinggi pada pati akan meningkatkan nilai densitas kamba dan sudut curah pati (Swinkels and Veendams, 1985).

Sifat Fungsional Pati Gembili Termodifikasi Secara Ikatan Silang

Hasil pengujian sifat fungsional (suhu gelatinisasi, viskositas panas, viskositas dingin, kekuatan pemekaran, daya serap air, tekstur pasta dan kejernihan pasta) pati gembili modifikasi secara ikatan silang pada berbagai konsentrasi STPP dan lama reaksi berbeda sangat nyata (**Tabel 3**).

Tabel 3. Sifat fungsional pati gembili alami dan pati gembili yang dimodifikasi secara ikatan silang pada berbagai konsentrasi STPP dan lama reaksi

Kons. STPP (b/b)	Lama Reaksi (menit)	Suhu gelatini sasi (°C)	Viskositas panas (Mpa.s)	Viskositas dingin (Mpa.s)	K.Peme karan (%)	Daya serap air (%)	Teks tur pasta	Kejer nihan pasta
Kontrol	-	80.50	62.00	83.50	85.42	94.13	2	2
0,05 %	30	82.45 a	65.33 a	80.34 a	80.45 a	90.49 a	3	1
	60	82.87 a	65.79 a	80.00 ab	80.00 a	90.00 a	3	1
	90	83.00 a	66.00 a	79.78 b	79.90 a	89.56 a	3	1
0,10 %	30	84.78 b	70.45 b	77.13 c	75.56 b	85.70 b	3	1
	60	84.90 b	71.00 bc	76.86 c	75.12 b	85.21 b	3	1
	90	85.12 b	71.34 bcd	76.43 d	74.98 b	85.00 b	3	1
0,15%	30	86.70 c	72.32 cd	75,38 e	72.56 c	83.46 c	3	1
	60	86.90 c	72.45 cd	75.14 e	72.00 c	83.12 c	3	1
	90	87.00 c	72.65 d	75.00 e	71.98 c	82.70 c	3	1

Keterangan: Notasi huruf yang berbeda di belakang angka menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

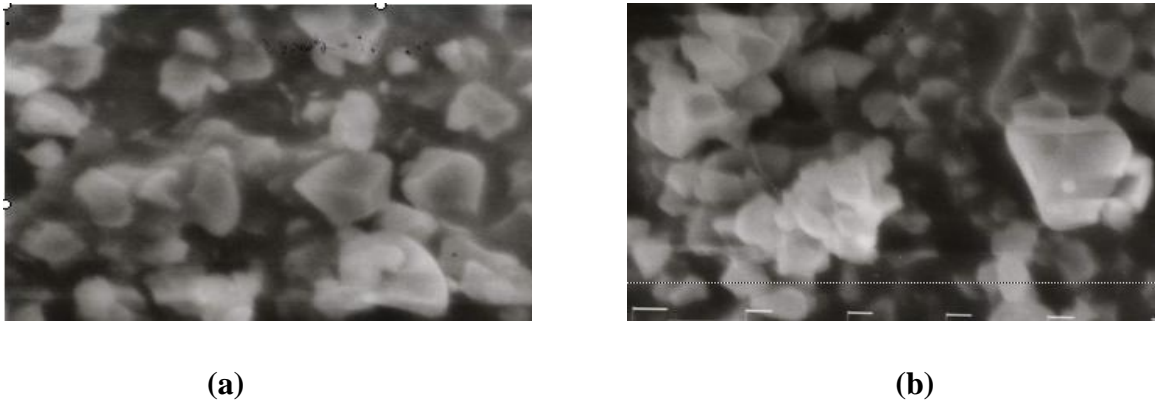
Tabel 3 menunjukkan bahwa pati gembili alami mempunyai suhu gelatinisasi dan viskositas panas lebih rendah dibandingkan dengan pati modifikasi secara ikatan silang. Sedangkan viskositas dingin, kekuatan pemekaran dan daya serap air lebih tinggi. Semakin tinggi konsentrasi STPP dan semakin lama waktu reaksi pada pati gembili termodifikasi secara ikatan silang akan terjadi interaksi pati dengan senyawa polifungsional yang dapat bereaksi dengan gugus -OH pada struktur amilosa atau amilopektin, ikatan silang yang terbentuk akan memperkuat ikatan hidrogen pada rantai pati, sehingga akan menurunkan kekuatan pemekaran, viskositas dingin, daya serap air dan meningkatkan suhu gelatinisasi dan viskositas panas pasta pati (Maxwell dalam Radley, 1976). Wattanachant *et al.* (2003) melaporkan bahwa modifikasi secara ikatan silang akan mencegah pembengkakan granula dan disintegrasi serta jaringan kovalen ikatan silang, kondisi ini akan membuat granula pati toleran terhadap kondisi ekstrim serta proses dengan suhu tinggi.

Proses modifikasi ikatan silang pada pati gembili akan meningkatkan tekstur pasta, hal ini dikarenakan dengan adanya proses modifikasi ikatan silang akan

terbentuk ikatan silang atau jembatan yang menghubungkan satu molekul pati dengan molekul pati lainnya, dengan adanya ikatan silang ini maka akan memperkuat ikatan hidrogen pada rantai pati. Sedangkan untuk kejernihan pasta dengan adanya proses modifikasi secara ikatan silang akan menurunkan kejernihan pasta pati gembili, hal ini dikarenakan dengan adanya proses modifikasi akan menghambat pembentukan ikatan hidrogen dari molekul amilosa dan amilopektin oleh gugus ester yang terbentuk, hal ini berakibat menurunnya kejernihan pasta pati (Craig *et al.*, 1989). Krzysztof *et al.* (2002) melaporkan bahwa pati pisang yang dimodifikasi secara ikatan silang dengan senyawa fosfat akan menurunkan kejernihan pasta.

Bentuk Granula Pati Gembili Alami dan Pati Gembili Modifikasi Ikatan Silang

Bentuk dan ukuran granula pati gembili alami dan pati gembili modifikasi secara ikatan silang pada perlakuan konsentrasi STPP 0,15 % dan lama reaksi 90 menit dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bentuk granula pati gembili alami (a) dan granula pati gembili modifikasi secara ikatan silang (b) (pembesaran 1500 x)

Dengan adanya proses modifikasi secara ikatan silang pada pati gembili, granula pati akan semakin rigid, terbuka dan bersifat amorf tetapi bentuk granula masih bertahan seperti kondisi alami, hal ini disebabkan reagent ikatan silang akan menguatkan ikatan hidrogen dan bertanggungjawab terhadap integritas molekul pati dengan suatu ikatan kimia tertentu. Ikatan silang menambah ketahanan pati pada pemasakan berlebihan dan variasi kondisi proses lainnya, sehingga tekstur dari granula tetap terjaga selama dispersi pati serta menambah ketahanan dalam berbagai kondisi proses, seperti suhu, asam dan tekanan (Wurzburg, 1986).

KESIMPULAN

Modifikasi pati secara ikatan silang dengan natrium tripolifosfat menurunkan kadar air, protein, lemak, amilosa, derajat putih, densitas kamba, sudut curah, viskositas dingin, daya serap air, kekuatan pemekaran dan kejernihan pasta. Namun meningkatkan kadar abu, suhu gelatinisasi, viskositas panas dan tekstur pasta. Pengujian bentuk granula pati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa proses modifikasi secara ikatan silang dengan natrium tripolifosfat 0,15 % selama 90 menit menjadikan granula pati semakin rigid, terbuka, dan bersifat amorf, serta bentuk granula masih bertahan seperti kondisi alami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini pada penelitian Hibah Bersaing tahun anggaran 2007.

DAFTAR PUSTAKA

- BeMiller JN (1997). Starch modification: challenges and prospects. *J Starch* 49:127-131.
- BeMiller JN and Whistler RL (1996). *Food Chemistry*. Third edition by Owen R. Fennema. University of Wisconsin & Madison. Wisconsin. Maral Dekker. New York.
- Craig SAS, Maningat CC, Seib PA and Hosney RC (1989). Starch paste clarity. *Cereal Chemistry* 66:73-182.
- Dahlberg B (1978). Large cassava starch extraction process. *Cassava Harvesting and Processing*. IDRC, Ottawa-Canada. 1114e, 33-36.
- Flach M and Rumawas F (1996). *Plant Resources of South-East Asia No. 9: Plants yielding non-seed carbohydrates*. Prosea, Bogor, p.93-95

- Hung PV and Morita N (2005). Effect of granule sizes on physicochemical properties of cross-linked and acetylated wheat starches. *J Starch* 57:413-420.
- Jobling S (2004). Improving starch for food and industrial applications. *J Plant Biology* 7:210-218.
- Krzysztof N, Waliszewski, Maria A, Aparicio, Luis A, Bello, Jose A and Monroi (2003). Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate Polymers* 52: 237-242.
- Light JM (1990). Modified food starches : why, what, where and how. *Cereal Foods World* 35:1081.
- Naryanto PS dan Kumalaningsih S (1999). Pemanfaatan pati garut termodifikasi sebagai bahan pensubstitusi tepung terigu pada pembuatan mie instan kering. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan. PATPI. Jakarta.
- Rapaille A and Vanhemelruck (1999). *Modified Starches*. In A. Imeson (ed). *Thickening and Gelling Agents for Food*. Aspen Publisher Inc. Maryland.
- Sharp RN and Sharp CQ (1994). Food applications for modified rice starches. *J Food Sci. Technol.* 59: 405.
- Swinkels and Veendams JJM (1985). Composition and properties of commercial native starches. *J Starch* 37: 1-5.
- Suryani CL dan Haryadi (1998). Pemutihan dan pengikatan silang pati sagu dan penggunaannya untuk bahan substitusi pada pembuatan bihun. *Agritech* (8)4:20-23.
- Wattanachant S, Muhammad K, Hashim DM, Rahman RA (2003). Effect of crosslinking reagents and hydroxypropylation levels on dual modified sago starch properties. *J Food Chemistry* 80:463-471.
- Wurzburg OB (1986). *Cross-linked Starches, In Modified Starches: Properties and Uses (Ed. Wurzburg OB)*. CRC Press, Boca Raton.FL.
- Wurzburg OB (1995). *Modified Starches. Food polysaccharides and Their Applications*. In : Stephen AM (ed.). Marcel Dekker, New York.