



MODIFIKASI TEPUNG DARI UMBI GADUNG MENGGUNAKAN EKSTRAK RIMPANG JAHE SEBAGAI BAHAN MAKANAN FUNGSIONAL

Siswanto, Thamrin Manurung, Sri Budiati,^{*)}

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

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari modifikasi tepung gadung (*Dioscorea hispida Dennst*) menggunakan minyak jahe sebagai agen *cross – linking* metode dispersi untuk memenuhi sifat fisikokimia standar tepung gandum. Sesuai dengan tujuan tersebut, akan diteliti pengaruh rasio molar minyak jahe dengan tepung gadung (1:2 dan 1:3). Waktu reaksi (30, 60, 90 dan 120 menit) dan suhu (30, 40 dan 50°C) terhadap *water solubility*, dan *swelling power*. Penelitian ini diawali dengan mencampur suspensi tepung gadung dan minyak jahe pada kondisi sesuai variabel, kemudian produknya dikeringkan dan dianalisis nilai *swelling power* dan *water solubility*-nya. Rasio minyak jahe : tepung gadung (1 : 3) dengan suhu 30°C dan waktu 60 menit adalah kondisi modifikasi terbaik yang diperoleh dari penelitian ini, dimana tepung gadung yang dimodifikasi memiliki *water solubility* dan *swelling power* yang sangat mirip dengan tepung gandum Amerika masing-masing yaitu 7,28 (g/100g) dan 7,9 (g/g). Kelemahan dari tepung gadung termodifikasi salah satunya adalah adanya aroma jahe yang tersisa.

Kata kunci : Cross-linking, tepung gadung, minyak jahe, *swelling power*, *water solubility*

Abstract

This research aims to study the modification of gadung (Dioscorea hispida Dennst) flour using ginger oil as cross linking agent following dispersion methods to meet the standards of the physicochemical properties of wheat. In keeping with that purpose, will be investigated the influence of molar ratio of ginger oil with of gadung flour (1:2 and 1:3), reaction time (30, 60, 90 and 120 minutes) and temperature (30, 40 and 50°C) on water solubility and swelling power properties of the modified gadung flour. This research begins by mixing the suspension of gadung flour and ginger oil on the condition appropriate to the variable, then the product was dried and analyzed the swelling power and water solubility. Ratio of Ginger oil : gadung flour (1:3) with a temperature at 30oC and 60 minutes is the best condition of modification obtained from this study, where the modified gadung flour obtained has a very similar water solubility and swelling power properties with American wheat flour, which were 7.28 (g/100g) and 7.9 (g/g), respectively. The weakness of modified gadung flour was only the presence of the remaining ginger aroma.

Key words: Cross-linking, gadung flour, ginger oil, swelling power, water solubility

1) PENDAHULUAN

Tanaman gadung (*Dioscorea hispida dennst.*) merupakan tanaman merambat yang mudah tumbuh di daerah beriklim tropis seperti Indonesia, yang menghasilkan umbi dengan kandungan nutrisi yang sangat baik. Sampai saat ini, belum ada gadung siap konsumsi yang aman dengan kandungan nutrisi yang tetap bagus. Selain itu, pemanfaatan tepung gadung dalam industri pangan dan nonpangan masih sangat terbatas karena sifat fisik dan kimia gadung yang kurang universal untuk digunakan pada pemanfaatan yang lebih luas. Pati gadung mengandung 39,3 gram amilose/100 gram pati dan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pati tepung gadung (22,4 gram amilose/100 gram pati), pati kentang (28,1 gram amilose/100 gram pati), dan pati uwi ungu (24,6 gram amilose/100 gram pati) yang tumbuh di Kanada (Guranatne dan Hoover, 2002), serta pati umbi gembili yang tumbuh di China (20,74 to 25,94 g amilose/100 g starch) (Shujun et al., 2006). Selain itu, umbi gadung mengandung racun alami yang mematikan, yaitu *sianogen* (6 mg/kg) (Bhandari dan Kawabata, 2004).

Jahe (*Zingiber officianate* Roscoe), merupakan tanaman monokotil dari keluarga *Zingiberacea*. Rimpangnya jahe mengandung rempah yang member ciri khas bau dan rasa yang berupa oleoresin dan

^{*)}Penulis Penanggung Jawab (Email: budiati@undip.ac.id)

minyak atsiri. Jahe memiliki kandungan aktif yaitu oleoresin, yang merupakan suatu gugusan yang cukup kompleks susunan kimianya. Oleoresin jahe mengandung komponen gingerol, shogaol, zingerone, resin dan minyak atsiri.

Tingginya permintaan untuk diversifikasi produk pangan merupakan salah satu factor yang mendorong dilakukannya modifikasi terhadap pati. Pati termodifikasi adalah pati yang gugus hidroksilnya telah diubah lewat suatu reaksi kimia atau dengan mengganggu struktur asalnya. Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisika, kimia dan kombinasi keduanya (Kumoro et al., 2008). Metode *Cross-linking* pada pati akan menghasilkan pati termodifikasi yang tahan terhadap suhu tinggi, pH yang rendah, geseran yang kuat, serta meningkatkan tekstur dan viskositas dari mengandung dua atau lebih gugus fungsional yang dapat membentuk jaringan eter atau ester dengan gugus hidroksil dalam molekul pati. *Cross-linking* menguatkan ikatan hydrogen dalam granula dengan ikatan kimia yang berperansebagai jembatan diantara molekul-molekul. Sebagai hasilnya, ketika pati *cross-linking* dipanaskan dalam air, granula-granulanya akan mengembang sehingga ikatan hidrogennya akan melemah (Kumoro et al., 2009).

2) MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Bahan baku utama dalam penelitian ini adalah tepung gadung dengan kadar HCN, Akuades yang diperoleh dari Reverse Osmosis Unit yang tersedia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, dan ekstrak oleoresin dari rimpang jahe akan dibeli dari Usaha Kecil dan Menengah di sekitar Jawa Tengah dan Yogyakarta serta reagen kimia ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, HCl 37% p.a., NaOH p.a., Copper sulfat ($\text{Cu}_5\text{O}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), Glukosa Anhidrit, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, NH_4OH 25% p.a., AgNO_3 , K_2CrO_4 5%, KI 5%, Na_2SO_4 anhidrit, H_2SO_4 pekat, serbuk Zn dan KNa-Tartrat ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dengan kualitas analisis yang dibeli dari distributor resmi Sigma-Aldrich Co. Inc. Di Semarang.

Pada penelitian ini, dibagi menjadi 3 tahapan yaitu (1) tahap persiapan (2) tahap modifikasi dengan cross – linking, dan (3) tahap analisis tepung termodifikasi.

Tahap persiapan : analisa proksimat tepung gadung yang mencakup kandungan karbohidrat, lemak, protein, abu, air, dan HCN.

Tahap modifikasi cross – linking : Sejumlah tertentu oleoresin jahe didispersikan dalam 100 mL aquades. Selanjutnya, dispersi oleoresin jahe dalam air ini dicampur dengan 200mL suspensi tepung gadung dalam air dengan perbandingan tertentu. Reaksi *cross-linking* ini dilakukan pada suhu operasi 30°C dengan kecepatan pengadukan (100 putaran per menit) secara terus menerus dengan *magnetic stirrer* dalam gelas beaker 500 mL. Reaksi dibiarkan berlangsung selama waktu tertentu. Suspensi tepung yang diperoleh selanjutnya dicuci dengan air suling, dan air suling ini kemudian dihilangkan dengan penyedotan menggunakan alat suntik. Tepung yang diperoleh selanjutnya dipindahkan ke cawan petri, dikeringkan dalam oven dan digiling hingga halus menjadi tepung gadung termodifikasi. Parameter percobaan yang akan dikaji adalah rasio gingerol/tepung 1 : 2 dan 1 : 3 (mol/mol), suhu percobaan (30, 40, dan 50°C) dan waktu reaksi (30, 60, 90, dan 120 menit).

Tahap analisis tepung termodifikasi : meliputi analisis *swelling power*, *water solubility*, karbohidrat, abu, lemak, protein, kadar HCN, dan struktur mikro dengan SEM (*Scanning Electrone Microscopy*).



Gambar 1. Rangkaian alat *cross-linking*

3) HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Sifat Fungsional Tepung Gadung

Hasil analisis terhadap sifat kimia dan fisika dari tepung gadung dicantumkan dalam tabel 1 dan 2 berikut ini.



Tabel 1 Kandungan nutrisi (g/100g) Gadung

Komponen	Umbi gadung	Tepung gadung
Karbohidrat	16.65	79.23
Protein	0.34	0.30
Lemak	0.4	0.39
Abu	0.77	0.7
Air	71	8.85
HCN	58.73 (mg/kg)	8.91 (mg/kg)

Tabel 2 Sifat Fungsional Tepung Gadung tanpa Modifikasi dan Tepung Gandum

Jenis Tepung	Swelling Power (g/g)	Water Solubility (g/100g)
Gadung ^a	5.1	5.6
Gandum Amerika ^b	6.8 – 7.9 ^c	6.3 – 7.3 ^c
Gandum Korea ^b	7.8 – 9.3 ^c	7.3 – 8.5 ^c

sumber : a) Penelitian ini, b) Chung et al (2010), c) Grant (1998)

Swelling power menunjukkan informasi mengenai jumlah air yang dapat diserap oleh 1 gram butir pati jika berada dalam jumlah air yang berlebihan pada suhu tinggi. Dengan tingginya *swelling power*, maka pati juga akan mempunyai kelarutan dalam air (*water solubility*) yang tinggi pula (Sasaki and Matsuki, 1998). Tabel 2 menunjukkan bahwa *swelling power* dan *water solubility* tepung gadung sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan tepung gandum.

2. Pengaruh Waktu Operasi, Temperature dan Rasio Molar Tepung/Minyak Jahe (RMTM) Terhadap Nilai *Swelling Power* dan *Water Solubility* Tepung Gadung

Dalam proses modifikasi ini, waktu operasi yang digunakan adalah 30, 60, 90 dan 120 menit; temperature 30°C, 40°C dan 50°C; sedangkan rasio molar tepung dengan minyak jahe (RMTM) yang digunakan adalah rasio 2 : 1 (2), dan rasio 3 : 1 (3). Pengaruh dari ketiga variabel diatas dapat disajikan dalam tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Nilai swelling power dan water solubility tepung gadung termodifikasi padaberbagai suhu, waktu, dan rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM)

Rasio	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Swelling Power (g/g)	Water Solubility (g/100g)
2	30	30	7.50	8.17
		60	8.50	7.92*
		90	9.10	7.71
		120	10.8	6.45
	40	30	8.00	7.37*
		60	7.10	6.67*
		90	7.20	5.52
		120	7.40	5.21
	50	30	7.20	5.76
		60	7.40	6.16
		90	7.45	5.75
		120	7.45	5.31
3	30	30	7.40	7.63
		60	8.03	7.28*
		90	8.70	7.03
		120	9.20	6.53
	40	30	6.00	5.8
		60	6.10	5.67
		90	6.30	5.59
		120	8.70	7.91*



50	30	6.00	5.5
	60	7.10	5.25
	90	8.70	6.43
	120	5.70	4.44

*Kondisi dimana nilai *s.p* dan *w.s* setara dengan tepung gandum

3. Pengaruh waktu operasi terhadap nilai *swelling power* dan *water solubility* tepung gadung pada suhu kamar (30°C)

Data hasil penelitian, pengaruh waktu operasi terhadap nilai *swelling power* dan *water solubility* disajikan dalam tabel 4 berikut ini.

Table 4 Nilai *swelling power* dan *water solubility* tepung gadung termodifikasi pada berbagai rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM) dan waktu pada suhu kamar

Rasio	Waktu (menit)	Swelling Power (g/g)	Water Solubility (g/100g)
2	30	7.50	8.17
	60	8.50	7.92
	90	9.10	7.71
	120	10.8	6.45
3	30	7.40	7.63
	60	8.03	7.28
	90	8.70	7.03
	120	9.20	6.53

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa, meningkatnya waktu operasi *cross-linking* berbanding lurus terhadap nilai *swelling power* tepung gadung hasil modifikasi. Proses *cross-linking* telah menguatkan ikatan hydrogen dalam granula dengan ikatan kimia yang berperan sebagai jembatan diantara molekul-molekul (Jyothi et al., 1005). Sebagai hasilnya, ketika pati *cross-linking* dipanaskan dalam air, granula – granulanya akan mengembang sehingga ikatan hidrogennya akan melemah. Mengembangnya granula – granula tersebut menunjukkan adanya peningkatan nilai *swelling power* dari tepung tersebut.

Pada rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM) 2 : 1, memiliki nilai *swelling power* yang lebih tinggi dibandingkan RMTM 3 :1. Hal ini dikarenakan pada RMTM 2 :1 jumlah gingerol dalam minyak jahe yang bereaksi dengan pati yang terkandung dalam tepung gadung lebih banyak, sehingga peningkatan nilai *swelling power*-nya juga semakin besar. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa waktu operasi optimum untuk variabel rasio molar tepung /minyak jahe (RMTM) 2 : 1 dan 3 : 1 adalah 60 menit. Pada kondisi tersebut, kedua variabel memiliki nilai *swelling power* yang setara dengan tepung gandum. Variabel RMTM 2 : 1 memiliki nilai *swelling power* sebesar 8.50 g/g yang setara dengan tepung gandum dari Korea sebesar 7.9 – 9.3, sedangkan pada variabel RMTM 3 : 1 memiliki *swelling power* 8.03 g/g yang setara dengan tepung gandum dari Amerika sebesar 6.8 – 7.9 g/g. Berbanding terbalik dengan nilai *swelling power*, semakin lama waktu operasi *cross – linking* telah menyebabkan nilai *water solubility* untuk setiap variabel mengalami penurunan. Penurunan *water solubility* disebabkan karena terjadinya jaringan – jaringan atau network pada molekul pati yang berlebihan sehingga menghambat masuknya air kedalam struktur pati gadung. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa waktu operasi optimum untuk variabel rasio molar tepung /minyak jahe (RMTM) 2 : 1 dan 3 : 1 adalah 60 menit. Pada kondisi tersebut, kedua variabel memiliki nilai *water solubility* yang setara dengan tepung gandum. Pada variabel Rasio Molar Tepung/Minyak Jahe (RMTM) 2 : 1 memiliki *water solubility* sebesar 7.92 g/100g yang setara dengan tepung gandum dari korea sebesar 7.3 – 8.5 g/100g. sedangkan untuk (RMTM) 3 : 1 memiliki *water solubility* sebesar 7.28 g/100g yang setara dengan tepung gandum asal Amerika sebesar 6.3 – 7.3 g/100g (lihat tabel 4.2).



4. Pengaruh temperatur terhadap nilai *swelling power* dan *water solubility* tepung gadung pada waktu operasi pengadukan 30 menit

Berdasarkan data hasil penelitian, pengaruh waktu operasi terhadap nilai *swelling power* dan *water solubility* disajikan dalam tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 Nilai *swelling power* dan *water solubility* tepung gadung termodifikasi pada berbagai rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM) dan suhu pada waktu operasi pengadukan 30 menit

Rasio	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Swelling Power (g/g)	Water Solubility (g/100g)
2 : 1	30	7.50	8.17
	40	8.00	7.37
	50	7.20	5.76
3 : 1	30	7.40	7.63
	40	6.00	5.8
	50	6.00	5.5

Tabel 5 di atas menunjukkan bahwa, meningkatnya suhu operasi *cross-linking* cenderung berbanding terbalik terhadap nilai *swelling power* tepung gadung hasil modifikasi. Pada saat reaksi *cross-linking* air terimbibisi ke dalam granula pati. Energi kinetik molekul air lebih kuat daripada daya tarik molekul pati sehingga air dapat masuk ke dalam granula pati yang menyebabkan ikatan hidrogen pada molekul pati sedikit melemah sehingga terjadi pembengkakan granula dengan skala kecil. Peningkatan suhu reaksi *cross-linking* menyebabkan pembengkakan granula pati yang lebih besar (Feros dan abid, 2008).

Pada reaksi *cross-linking* dengan suhu operasi 30°C air yang terimbibisi ke dalam granula relatif sedikit sehingga pembengkakan granula pati relatif kecil. Ketika pati *cross-linking* dipanaskan dalam air pada suhu 60°C , terjadi gelatinisasi dimana ikatan hidrogen akan melemah sehingga granula-granulanya mengembang membentuk pasta. Perubahan massa setelah operasi *cross-linking* suhu 30°C hingga gelatinisasi lebih besar dibandingkan dengan operasi *cross-linking* pada suhu 40°C dan 50°C . Oleh sebab itu, *swelling power* pada suhu 30°C cenderung terbesar.

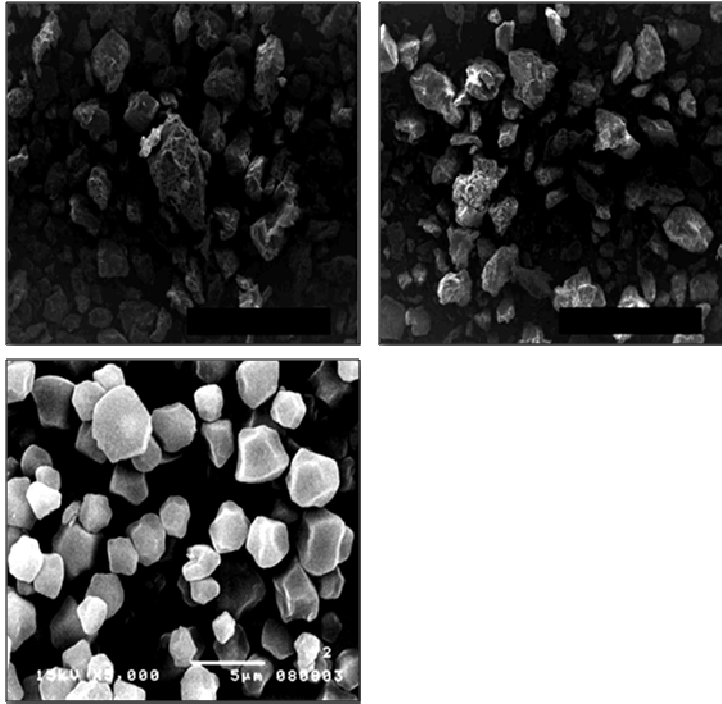
Pemanasan meningkatkan mobilitas air yang terimbibisi ke dalam granula pati (Chang et al, 1995). Pada operasi *cross-linking* dengan suhu 40°C , air yang terserap lebih banyak, menyebabkan ikatan hidrogen pada pati lebih lemah dibandingkan *cross-linking* pada suhu 30°C sehingga terjadi pembengkakan granula pati dengan skala yang lebih besar. Ketika pati *cross-linking* dipanaskan dalam air pada suhu 60°C , ikatan hidrogen akan melemah sehingga granula-granulanya mengembang membentuk pasta. Perubahan massa setelah operasi *cross-linking* hingga gelatinisasi menjadi lebih kecil sehingga *swelling power* pada suhu operasi 40°C lebih kecil daripada suhu 30°C . Operasi *cross-linking* pada suhu 50°C , air yang terimbibisi lebih besar dibandingkan dengan operasi *cross-linking* pada suhu 30°C dan 40°C sehingga *swelling power* pada suhu 50°C adalah yang terkecil.

Tabel 4.6 juga menunjukkan bahwa, meningkatnya suhu operasi *cross-linking* berbanding terbalik terhadap nilai *water solubility* tepung gadung hasil modifikasi. Nilai *water solubility* semakin turun dengan meningkatnya suhu operasi *cross linking*. Meningkatnya suhu operasi menyebabkan gingerol yang terkandung di dalam minyak jahe akan semakin banyak yang bereaksi dengan pati gadung, sehingga menyebabkan terbentuknya jaringan atau *network* yang berlebihan. Jaringan – jaringan ini menyebabkan terhambatnya air untuk masuk ke dalam struktur pati.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa kondisi suhu operasi 30°C dengan variabel rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM) 3 : 1 merupakan kondisi dimana operasi mampu menghasilkan nilai *swelling power* dan *water solubility* yang setara dengan tepung gandum. Variabel rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM) 3 : 1 memiliki *swelling power* 7,40 g/g dan *water solubility* 7,63 g/100g. Nilai tersebut menunjukkan bahwa gadung termodifikasi tersebut setara dengan gandum Amerika. Sedangkan variabel RMTM 2 : 1 memiliki *swelling power* 7.50 g/g dan *water solubility* 8,17 g/100g. Nilai tersebut menunjukkan bahwa gadung termodifikasi tersebut tidak setara dengan gandum amerika dan korea sehingga modifikasi tepung gadung dengan RMTM 2 : 1, suhu 30°C dan waktu operasi pengadukan 30 menit tidak memenuhi standar yang diinginkan.

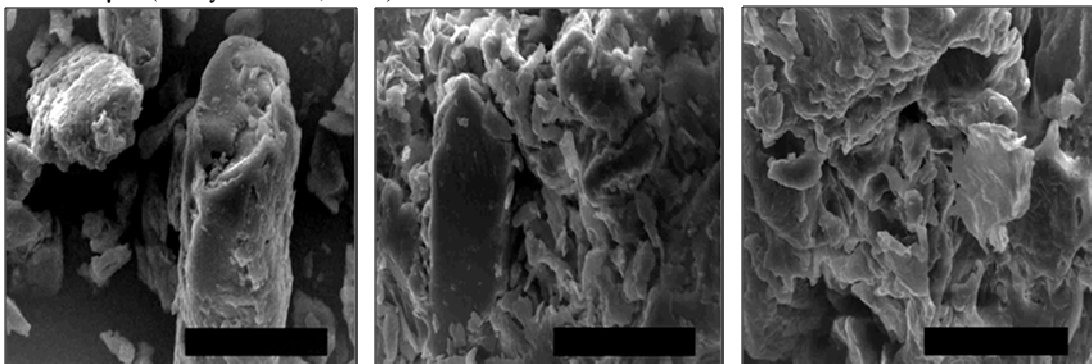
5. Analisis Mikro Butir Tepung Gadung Termodifikasi Dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Proses modifikasi akan mengubah struktur mikro dari senyawa yang terkandung di dalam pati gadung. Untuk mengetahui perubahan struktur mikro tersebut, maka digunakan analisis mikrograf menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil analisis dengan menggunakan SEM disajikan pada gambar 4.2 dan 4.3 berikut ini.



(a) (b) (c)
Gambar 2. Hasil Analisis SEM pada Butir Tepung Gadung Asli (a), Tepung Gadung Termodifikasi Setara Tepung Gandum (b) dan Pati Gadung Dari Pustaka (Tattiyakul et al, 2006) (c) dengan pembesaran 100 kali.

Dari hasil analisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan pembesaran 100 kali dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa butir tepung gadung asli (a) dan termodifikasi (b) berbentuk polihedral (banyak segi) (Seidman, 1964) dengan ukuran sekitar 30 μm dan 45 μm (Rao dan Beri, 1952), sesuai dengan data di pustaka yang melaporkan bahwa tepung gadung India berukuran 35-40 μm . Sedangkan butir pati gadung (c) mempunyai bentuk yang sama, lebih halus dan berukuran sekitar 40 μm (Tattiyakul et al, 2006).



(a) (b) (c)
Gambar 3. Hasil Analisis SEM pada Butir Tepung Gadung Asli (a), Tepung Gadung Termodifikasi Setara Tepung Gandum (b) dan (c) dengan pembesaran 1000 kali.

Dengan pembesaran 1000 kali, dapat dilihat bahwa butir tepung gadung asli (a) berukuran lebih kecil dan utuh. Hanya sedikit terdapat lapisan amilosa bebas pada permukaan butir sebagai akibat proses pengukusan dan pengeringan dalam oven selama proses pembuatannya. Sedangkan,



tepung gadung termodifikasi (b) dan (c) memiliki ukuran butir yang lebih besar, karena dengan pembesaran 1000 kali masih belum cukup untuk menggambarkan keseluruhan butir. Pada permukaan butir juga nampak adanya perubahan kekasaran dan rongga-rongganya yang menunjukkan terjadinya modifikasi.

4) KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa proses modifikasi tepung gadung dengan gingerol yang terdapat pada oleoresin minyak jahe secara *cross-linking* berpengaruh terhadap nilai *swelling power* dan *water solubility* dari tepung hasil modifikasi. Kondisi yang paling baik untuk menghasilkan tepung modifikasi yang setara dengan tepung gandum adalah pada suhu operasi 30°C selama 60 menit dengan rasio molar tepung/minyak jahe (RMTM) 3 : 1. Pada kondisi yang sama, RMTM 2 : 1 juga memiliki nilai *swelling power* dan *water solubility* setara dengan tepung gandum, namun aroma minyak jahe-nya sangat menyengat dibandingkan dengan RMTM 3 : 1. Analisis mikroskop dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Micrograph) juga menunjukkan bahwa tepung hasil modifikasi mengalami perubahan struktur mikro dari tepung tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Ibu Ir. Catarina Sri Budiyati, MT selaku dosen pembimbing Skripsi ini, sehingga kami dapat menyelesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbor-Egbe, T. and Lape Mbome, I. 2006. “*The Effects Of Processing Techniques In Reducing Cyanogen Levels During The Production Of Some Cameroonian Cassava Foods*”. J. Food Compositn. Analisys, 19 : 354–363.
- Alam, Feros, 2008, “*Studies On Swelling and Solubulity of Modified Starch from Taro (Colocasia Escelenta) : Efect of pH and Temerature, Pakistan*”, Departement of Food Science and Technology : Univercity of Karachy.
- AOAC, 1984, “*Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist.*”, Washington, DC.
- Azian, M. N., Hasnah, M. S., Sazalina, M. S. and Haira Rizan, M. R. 2001. “*Ginger Oleoresin From Zingiber Officinale Roscoe: Effect Of Sample Preparation Yield And Quality*”. Paper at the Congress of Science and Technology Association of Malaysia (pp. 1–11).
- Bainbridge, Z., Harding, S., French, L., Kapinga, R. and Westby, A. 1998. “*A Study Of The Role Of Tissue Disruption In The Removal Of Cyanogens During Cassava Root Processing*”. Food Chem., 62(3) : 291-297.
- Balludin, D. A. and Headley, O. 1997. “*Extraction And Evaluation Of The Main Pungent Principles Of Solar Dried West Indian Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) Rhizome*”. J. Renewable Energy, 12 : 125–130.
- Balludin, D. A., Headley, O., Chang-yen, I., Duncan, E. J., and McGaw, D. R. 1999. “*Comparison Of The Histology Of (I) Fresh, (II) Solar Dried And (III) Solar Dried/Steam Distilled Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) Rhizome Tissue Prior To The Extraction Of Its Pungent Principles*”. J. Renewable Energy, 17 : 207–211.
- Bhandari, M. R. and Kawabata, J. 2004. “*Assessment Of Antinutritional Factors And Bioavailability Of Calcium And Zinc In Wild Yam (Dioscorea Spp.) Tubers Of Nepal*”. Food Chem., 85, 281–287.
- Bhandari, M. R. and Kawabata, J. 2005. “*Bitterness and Toxicity in Wild Yam (Dioscorea spp.) Tubers of Nepal*”, Plant Foods for Human Nutritn., 60 : 129–135.
- Bradbudry, J. H. 1991. “*Properties And Analysis Of Antinutritional Factors In Foods*”. ASEAN Food J., 6 : 123–128.
- Chen, H. L., Hong, L. T., Kang Lee, J. K., and Huang, C. J. 2008. “*The Bone-Protective Effect Of A Taiwanese Yam (Dioscorea Alata L. Cv. Tainung No. 2) In Ovariectomised Female BALB/C Mice*”, J. Sci. Food Agric., 89 : 517–522.



- Chukwuemeka, O. C. 2007. **“Effect Of Process Modification On The Physio-Chemical And Sensory Quality Of Fufu-Flour And Dough”**. African J. Biotechnol., 6 (16) : 1949-1953.
- Cizova, A., Srokova, I., Sasinkova, V., Malovikova, A. and ebringerova, A. 2008. **“Carboxymethyl Starch Octenylsuccinate: Microwave- and Ultrasound-assisted Synthesis and Properties”**. Starch, 60 : 389-397.
- DepKes R.I., 1989, **“Materia Medika Indonesia”**, jilid V, Dirjen POM, Jakarta.
- The Essentials Oil Association of America (EOA)
- FAO/WHO, 1991, **“Joint FAO/WHO Food Standards Programme”**, Codex Alimentarius.
- Gomez, G., Valdivieso, M, De La Cuesta, D. and Salcedo, T. S., 1984, **“The Effect Of Variety And Plant Age On Cyanide Content Of Whole Roots Cassava Chips And Its Reduction By Sun Drying”**., Anim. Feed Sci. Technol., 11 : 57-65.
- Gunaratne A. and Hoover. 2002. **“Effect Of Heat-Moisture Treatment On The Structure And Physicochemical Properties Of Tuber And Root Starches”**. Carbohydr. Polym. 49 : 425-437.
- Hikino, H., Cono, C., Takahashi, M., Murakami, M., Kato, Y., Karikura, M. and Hayashi, T., 1986. **“Isolation and Hypoglycemic Activity of Dioscorans A, B, C, D, E, and F; Glycans of Dioscorea japonica Rhizophors”**, Planta Medica, 3 : 168-171.
- Huang, C. C., Mei-Chen Lin, M.C. and Wang, C. C. R, 2006. **“Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam (Dioscorea alata) starch during growth”**, Carbohydr. Polym., 64(4) : 524-531.
- Jones, D. M., Trim, D. S., Bainbridge. Z. A. and French, L. 1994. **“Influence Of Selected Process Variables On The Elimination Of Cyanide From Cassava”**. J. Sci. Fd Agric. 66 : 535- 542.
- Jyothi, A. N., Rajasekharan, K. N., Moorthy, S. N. and Sreekumar, J. 2005. **“Microwave-Assisted Synthesis of Succinate Derivatives of Cassava Starch”**, Starch, 57 : 556–563.
- Kumoro, A. C., Retnowati, D. S. And Budiyati, C. S. 2009. **“Process Engineering of Modified Cassava Starch Production as Food Material Using Gingerol from Ginger Rhizomes”**. Faculty of Engineering, Diponegoro University, Semarang.
- Kumoro, A. C., Retnowati, D. S. And Budiyati, C. S. 2010. **“Microwave Assisted Synthesis and Characterization of Acetate Derivative Cassava Starch”**, Am. J. Food Technol., 5 (2) : 100-110.
- Kusyati. 2003. **“Efek Pemberian Umbi Gadung (Dioscorea hispida Dennst) terhadap Struktur Histolog Lambung Tikus Putih (Rattus norvegicus)”**, Skripsi, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Liu, Z., Peng, L. and Kennedy, J. F. 2005. **“The Technology of Molecular Manipulation and Modification Assisted by Microwaves as Applied to Starch Granules”**, Carbohydr. Polym., 61 :374-378.
- Luo, Z., He, X., Fu, X., Luo, F. and Gao, Q., 2006, **“Effect of Microwave Radiation on the Physicochemical Properties of Normal Maize, Waxy Maize and Amylomaize V Starches”**, Starch, 58 : 468-474.
- Matondang, I., 2005, **“Zingiber officinale L.”**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tumbuhan Obat UNAS, hal : 2-3.
- Mazurs EG, Schoch TJ, Kite FE., 1957, **“Graphical analysis of the brabender viscosity curves of various starches”**, Cereal Chem. 34(3) : 141 – 153.
- Mlingi, N. L. V., Bainbridge, Z. A., Poulter, N. H. and Rosling, H., 1995, **“Critical Stages In Cyanogen Removal During Cassava Processing In Southern Tanzania”**, Food Chem., 53 : 29-33.
- Rao, P.S, and Beri, R.N., 1952, **“Science and Culture”** , India.
- Rickard, J.E., Blanshard, J.M.V., and Asaoka, M. 1992. **“ Effects of cultivar and growth season on the gelatinization properties of cassava (Manihot esculenta) starch”**, J. Sci. Food Agric. (59) : 53 – 58.
- Sasaki, T., and Matsuki, J., 1998, **“Efect of Wheat Starch Structure on Swelling Power”**, Cereal Chem, 75 : 525 – 529.



- Setyowati, F. M. Dan Siagian, M. H. 2004. "**Pemanfaatan Tumbuhan Pangan Oleh Masyarakat Talang Mamak di Taman Nasional Bukit Tigapuluh, Jambi**". *Biota*, Vol. IX (1) hal 11-18.
- Shujun, W., Hongyan, L., Wenyan, G., Haixia, C., Jiugao, Y. And Xiao Peigen, X. 2006. "**Characterization of new starches separated from different Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) cultivars**", *Food Chem.*, 99 (1) : 30-37.
- Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Sangseethong, K. and Oates, C. G. 2002. "**Modification of Cassava Starch**". Proceeding of 10th International Starch Convention, 11-14 June 2002, Cracow, Poland.
- Stauffer Clyde E. 1990. "**High molecular weight additives. In Functional Additives for Bakery Foods**". Avi Book Van Nostrand Reinhold, New York.
- Tattiyakul, J., Naksriarporn, T., Pradipasena, P. And Miyawaki, O., 2006, "**Effect of Moisture on Hydrothermal Modification of Yam *Dioscorea hispida* Dennst Starch**", *Starke*, 58 : 170-176.
- Sunarsih, Endang Sri, 2007, "**Pengaruh Pemberian Infusa Umbi Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst) Terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah Tikus Putih Jantan Diabetes Yang Diinduksi Aloksan**", Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tew, O. O. and Iyayi, E. A., 1989, "**Cyanogenic Glycosides. In Toxicant of Plant Origins**", Vol. II, Glycosides, Ed. Cheeke, P.R. CRS. Press.
- Triyono, A. 2008. "**Potensi Sumber Pati Dari Umbi-Umbian Dalam Proses Produksi Pati Termodifikasi Secara Hidrolisa Enzimatik Sebagai Bahan Untuk Industri Pangan**". Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2008. ISSN : 1411-4216.
- Udensi, E.A., Oselebe, H.O., and Iweala, O.O., 2008, "**The Investigation of Chemical Composition and Pungtional Properties of Water Yam (*Dioscorea Alata*) : Efect of Varieta Diferences**", *Pakistan Jurnal of Nutrision*, 7 : 342 – 344.
- Unung, J. E., Ajayi, O. A. and and Bokanga, M., 2006, "**Effect Of Local Processing Methods On Cyanogens Content Of Cassava**", *Trop. Sci.*, 46(1) : 20–22.
- Webster, J., Beck, W. and Ternai, B. 1984. "**Toxicity and bitterness in Australian *Dioscorea bulbifera* L. and *Dioscorea hispida* Dennst. From Thailand**". *J Agric Food Chem*, 32 : 1087–1090.
- Yanping, Z., 2001, "**Production and Application of Modified Starch**", Chemical Industry Press, China, pp 98, 99.
- Yonei, Y., Ohinata, H., Yoshida, R., Shimizu, Y and Yokoyama, C. 1995. "**Extraction of Ginger Flavor with Liquid or Supercritical Carbon Dioxide**", *J. Supercrit. Fluids*, 8, 156-161.
- Zarate, R. and Yeoman, M., 1994, "**Studies Of The Cellular Localization Of The Phenolic Pungent Principle Of Ginger, *Zingiber Officinale* Roscoe**", *The New Phytologist*, 126(2) : 29

