

## KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA PATI GARUT (*Marantha Arundinaceae*) TERMODIFIKASI SECARA FISIK MELALUI PROSES GELATINISASI- RETROGRADASI BERULANG

Damat, Y. Kurniawati  
Universitas Muhammadiyah Malang  
Email: damatumm@yahoo.co.id

**ABSTRAK.** Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik fisiko-kimia pati garut termodifikasi secara fisik melalui proses gelatinisasi-retrogradasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor yang dicobakan. Faktor pertama adalah pengulangan gelatinisasi-retrogradasi (1, 2, 3 pengulangan) dan faktor kedua adalah lama waktu gelatinisasi dalam *autoclave* (20,40, dan 60 menit). Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (anova). Apabila terdapat pengaruh yang nyata dilakukan uji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*, ( $p < 0,05$ )). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pengulangan proses gelatinisasi-retrogradasi dan lama waktu gelatinisasi memberikan pengaruh nyata terhadap ukuran dan bentuk granula pati, kadar air, kadar protein, dan kadar karbohidrat, akan tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar lemak. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscop* (SEM) diketahui bahwa pati garut alami berbentuk oval dengan diameter 9-36  $\mu\text{m}$ , akan tetapi setelah proses modifikasi ukuran granulanya berubah dan bahkan ada yang mencapai 591  $\mu\text{m}$ . Berdasarkan uji de garmo diketahui bahwa perlakuan terbaik diperoleh dari hasil modifikasi pati 1 siklus dengan lama proses gelatinisasi 20 menit.

**Kata Kunci:** Pati Garut Termodifikasi; Gelatinisasi; Retrogradasi

### PENDAHULUAN

Pati merupakan sumber kalori utama bagi masyarakat di seluruh penjuru dunia, termasuk di Indonesia. Di dalam system pencernaan manusia, pati akan dicerna dan kemudian diubah menjadi glukosa oleh enzim amilolitik sebagai sumber energi. Berdasarkan daya cerna, pelepasan glukosa dan kecepatan daya serapnya di dalam usus halus, pati diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu pati cepat cerna, pati lambat cerna, dan pati tahan cerna (pati resisten) (Englyst, Kingman & Cummings, 1992 dalam Chung *et al.*, 2008).

Pati banyak digunakan sebagai bahan baku dan sebagai *ingredient* pada beragam produk pangan. Selama ini pati alami terbatas digunakan sebagai *ingredient* makanan industri karena memiliki beberapa kelemahan, di antaranya membutuhkan waktu pemasakan yang lama, energi yang dibutuhkan tinggi, pasta yang terbentuk keras, terlalu lengket, viskositasnya terlalu tinggi, tidak tahan terhadap perlakuan pengadukan dan penambahan asam (Rudito, dkk., 2009).

Modifikasi pati diperlukan agar pati memiliki karakteristik sebagaimana yang dibutuhkan oleh industri pengolahan pangan. Selain itu, melalui proses modifikasi tersebut, diharapkan pati yang diperoleh juga dapat memberikan manfaat yang baik untuk kesehatan. Ada berbagai macam modifikasi pati, salah satunya melalui fisik. Modifikasi pati secara fisik diduga dapat mengubah strukturnya. Modifikasi pati secara fisik menghasilkan pati dengan ukuran kristal yang lebih besar sehingga granula pati modifikasi tidak dapat didegradasi oleh enzim amilase di sistem pencernaan. Jenis pati tersebut dapat dikelompokkan sebagai pati resisten tipe 3.

Pati resisten 3 (RS 3) dapat dihasilkan melalui beberapa tahap, tahap pertama gelatinisasi, tahap kedua dan tahap ketiga retrogradasi. Pada tahap pertama, terjadi perusakan struktur granula oleh adanya panas dan air yang berlebihan. Tahap kedua adalah retrogradasi, di tahap ini terjadi rekristalisasi molekul amilosa saat pendinginan. Terakhir, fraksi resisten diduga terasingkan oleh sebagian enzim pencernaan, sehingga tidak didegradasi enzim amilase, namun difermentasi oleh probiotik (*microbial flora*) di usus besar. Hal inilah yang membuat pati resisten serupa fungsinya dengan serat pangan (Zabar, *et al.*, 2008).

Pati termodifikasi dapat meningkatkan volume feses, menurunkan pH usus besar serta komponen utama terbentuknya asam butirat yang merupakan metabolit sekunder hasil fermentasi anaerobik oleh probiotik di usus besar. Asam butirat merupakan Asam Lemak Rantai Pendek (ALRP) yang sangat kuat melindungi sel dari serangan sel kanker kolon (Ahmed *et al.*, 2000 dalam Smietana *et al.*, 2005). Selain asam butirat, fermentasi prebiotik oleh probiotik juga menghasilkan berupa asam asetat dan asam propionat (Damat, 2013).

Berbagai penelitian modifikasi pati garut telah dilakukan, akan tetapi pada umumnya penelitian dilakukan dalam rangka untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia pati garut dengan cara esterifikasi dengan menggunakan asam anhidrid. Penelitian modifikasi secara fisik dengan melalui gelatinisasi-retrogradasi pada pati garut belum banyak dilakukan. Bertolak dari persoalan tersebut di atas menarik untuk dilakukan penelitian tentang karakteristik fisiko-kimia pati garut termodifikasi fisik melalui proses gelatinisasi-retrogradasi berulang. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan data pengaruh proses pengulangan gelatinisasi-retrogradasi dan lama waktu gelatinisasi terhadap karakteristik fisiko-kimia pati garut termodifikasi.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan**

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah ubi garut (*Marantha arundinaceae*) yang berasal dari Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang dengan umur panen 10 bulan. Bahan lainnya antara lain adalah untuk analisis, yang meliputi asam sulfat pekat ( $H_2SO_4$  97%), katalisator  $Na_2SO_4:HgO$  (20:1), asam borat, petroleum benzena, NaOH 50%, HCl 0,02 N, dan aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas seperti erlenmeyer, labu kjehldahl, labu lemak alas datar, soxhlet, corong gelas, beaker glass, gelas ukur, pipet ukur, tabung reaksi, seperangkat alat destilasi, kuvet, buret, cawan porselen, dan gelas pengaduk. Alat lainnya yang digunakan dalam penelitian ini meliputi timbangan analitik merk mettler toledo, *hot plate*, *waterbath* HH-4, oven, *muffle*, spektrometer genesis 20, *Scanning Electron Microscop* (SEM) merk Hitachi, *sentrifuse*, *viscometer* Brookfield, blender, saringan, dan *autoclave*, *cabinnet dryer*.

### **Tahapan penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah ekstraksi pati dari umbi garut dan tahap kedua adalah memodifikasi pati secara fisik melalui proses gelatinisasi dan retrogradasi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor. Faktor pertama adalah banyak siklus gelatinisasi dan retrogradasi dengan 3 level, yaitu 1 siklus, 2 siklus, dan 3 siklus. Faktor kedua adalah lama waktu gelatinisasi menggunakan *autoclave* dengan 3 level, yaitu waktu gelatinisasi 20 menit, 40 menit dan 60 menit.

### **Parameter Penelitian**

Parameter penelitian meliputi analisis terhadap granula pati dengan menggunakan *Scanning Electron Microscop* (Modifikasi dari Smietana, *et.al.*, 2005). Analisis kimia meliputi analisis Kadar Air (Sudarmadji, dkk., 2003), Kadar Abu (Sudarmadji, dkk., 2003), Kadar Protein (Sudarmadji, dkk., 2003), Kadar Lemak (Sudarmadji, dkk., 2003) dan Kadar Karbohidrat by *Different* (Sudarmadji, 2003)

### **Analisa Data**

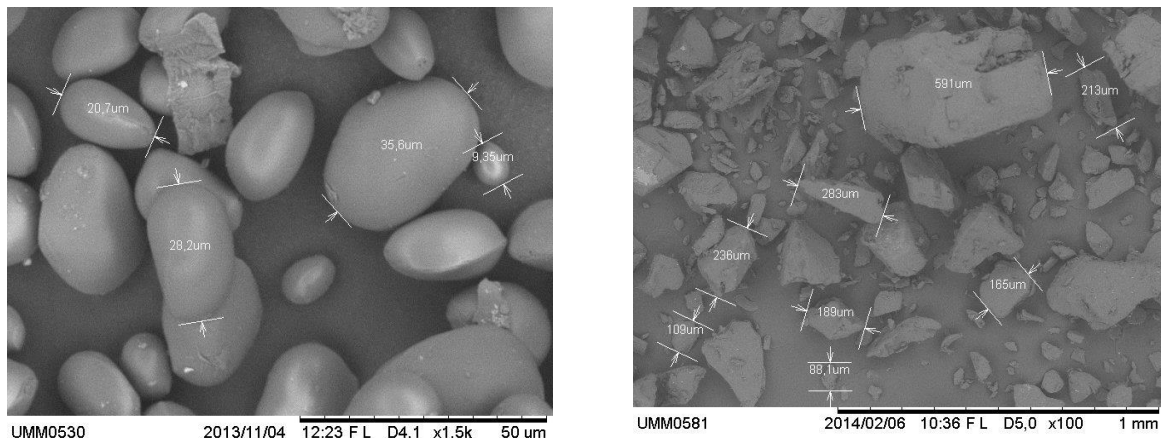
Data pengamatan yang dihasilkan selanjutnya diolah menggunakan uji anava apabila dihasilkan perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dan uji Dunnet untuk mengetahui adanya perbedaan antara perlakuan dan kontrol negatif (pati garut). Selanjutnya dilakukan uji ranking menggunakan uji De Garmo.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Granula Pati

Analisa granula pati termodifikasi dilakukan di laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscop*). Granula pati termodifikasi yang dihasilkan dari berbagai siklus dan waktu gelatinisasi dibandingkan dengan granula pati garut alami. Berdasarkan hasil pemotretan menggunakan *Scanning Electron Microscop* dengan perbesaran 1500 kali, tampak bentuk 3 dimensi granula pati garut yang belum termodifikasi, dengan bentuk bulat oval dengan ukuran 9-36  $\mu\text{m}$ . Hal ini serupa dengan laporan Moorthy (2002), bahwa granula pati garut berbentuk bulat pokigonal hampir serupa dengan pati singkong dengan ukuran 5-50  $\mu\text{m}$ . Namun, ukuran granula pati garut ini masih lebih kecil dibandingkan yang dilaporkan oleh Suryani (2008), yaitu 30-70  $\mu\text{m}$  dan yang dilaporkan oleh Maulani, dkk (2012) yaitu sebesar 58,9-72,2  $\mu\text{m}$ .

Menurut Suryani (2008), granula pati memiliki sifat *birefringence* yaitu suatu kemampuan untuk merefleksikan cahaya terpolarisasi. Sifat birefringence ini tampak pada granula yang diletakkan di mikroskop cahaya terpolarisasi dengan refraksi indeks warna biru kuning yang nyata. Indeks warna yang ditampilkan merupakan hasil dari penyerapan gelombang cahaya yang secara paralel oleh struktur heliks amilosa. Hasil SEM pada pati garut yang belum termodifikasi, tidak tampak sifat birefringence tersebut, namun hanya terlihat gradasi warna hitam putih yang mengkilap.



Granula pati garut alami

Granula pati garu termodifikasi

**Gambar 1.** Granula pati garut alami dan pati garut termodifikasi

### Rendemen Pati

Garut yang dipakai dalam penelitian ini adalah varietas creole yang diperoleh dari Kecamatan Wagir Kabupaten Malang, dengan umur lebih dari 10 bulan setelah ditanam. Pada usia panen demikian, rendemen pati yang dihasilkan cukup tinggi yaitu mencapai 13,1%, hasil ini hampir serupa dengan yang dilaporkan oleh Maulani, dkk. (2012) yaitu 13,301%. Rendemen pati garut tertinggi diperoleh dari rimpang garut dengan umur panen 9 bulan, karena pada umur demikian menjadi usia optimal penyimpanan cadangan makanan, pada usia selanjutnya mulai terjadi degradasi pati menjadi serat dan pertumbuhan jaringan meristem pembentuk tunas baru (Damat, dkk., 2007).

Rendemen Pati Garut yang telah dimodifikasi Fisik secara Gelatinisasi-retrogradasi berulang disajikan dalam Tabel 1. Pati garut yang dimodifikasi secara fisik melalui proses gelatinisasi-retrogradasi berulang dengan siklus yang berbeda, menghasilkan rendemen pati modifikasi yang berbeda. Berdasarkan Tabel 1, rendemen pati termodifikasi tertinggi didapatkan dari modifikasi dengan satu siklus gelatinisasi selama 40 menit, sedangkan yang terendah diperoleh dari modifikasi pati dengan tiga siklus gelatinisasi-retrogradasi, dengan waktu gelatinisasi 20 menit.

Pada umumnya semakin banyak siklus gelatinisasi-retrogradasi pada pati, maka semakin rendah pula rendemen yang dihasilkannya, selama proses gelatinisasi, karena banyak pati yang

tertinggal dalam wadah. Selain itu, siklus gelatinisasi–retrogradasi yang semakin banyak siklus gelatinisasi-retrogradasi, dengan waktu gelatinisasi 20 menit. Pada umumnya semakin banyak siklus gelatinisasi-retrogradasi pada pati, maka semakin rendah pula rendemen yang dihasilkannya, selama proses gelatinisasi, banyak pati yang tertinggal dalam wadah. Selain itu, siklus gelatinisasi–retrogradasi yang semakin banyak menghasilkan ukuran kristal pati yang semakin besar dan keras, sehingga sulit dihancurkan di mesin penggilingan, akhirnya tidak lolos ayak.

**Tabel 1.** Hasil Rendemen Pati Garut Termodifikasi

Perlakuan	Rendemen (%)
I-20'	84,8
I-40'	85,7
I-60'	81,5
II-20'	74,0
II-40'	81,8
II-60'	62,2
III-20'	45,8
III-40'	49,1
III-60'	52,0

### Sifat Kimia Pati Garut Modifikasi

#### Kadar Abu

Berdasarkan hasil analisis ragam, pengulangan proses gelatinisasi-retrogradasi berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar abu pati garut termodifikasi. Analisa kadar abu merupakan analisa untuk mengetahui kadar mineral secara kasar dalam bahan pangan. Kadar abu pati garut murni lebih rendah dibandingkan pati garut termodifikasi, yaitu 0,181 %. Hasil ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan laporan Maulani, dkk. (2012), bahwa garut dengan usia panen >10 bulan, kadar abu pati garutnya berkisar 0,355-0,539 % (Maulani, dkk., 2012).

Pada pati termodifikasi, kadar abu tertinggi terdapat pada pati dengan perlakuan 1 kali siklus *autoclave-cooling* dengan waktu gelatinisasi 20 menit, diikuti dengan pati dengan siklus yang sama dengan waktu 40 dan 60 menit. Rata-rata kadar abu pati termodifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan pati garut alami. Hal ini diduga terjadi kontaminasi unsur anorganik saat proses pembuatan pati termodifikasi terutama pada saat pengeringan menggunakan *cabinet dryer*.

#### Kadar Air

Berdasarkan hasil analisis ragam terhadap pati termodifikasi, ternyata perlakuan pengulangan proses gelatinisasi-retrogradasi, serta lama waktu gelatinisasi pada pati garut berpengaruh nyata terhadap kadar airnya. Hasil rerata pengukuran kadar air pada pati garut dan pati garut termodifikasi ditampilkan pada Tabel 2. Analisa kadar air ini untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan akan terjadi kerusakan pada bahan oleh tumbuhnya mikroba perusak. Semakin rendah kadar air bahan, maka semakin rendah pula yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba sebagai media pertumbuhannya, sehingga diharapkan bahan dapat mempunyai umur simpan yang lebih panjang. Menurut SNI 01-6057-1999, kadar air pati garut maksimal adalah 16%, sehingga pati garut murni dan pati termodifikasi memenuhi kriteria tersebut.

**Tabel 2.** Rerata hasil analisis proksimat pati garut termodifikasi

Perlakuan	Kadar Abu (%)	Kadar Air (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Karbohidrat (%)
Kontrol	0,18	7,02	1,27	91,59
I-20'	0,82 b*	3,84 <sup>*a</sup>	1,42 b	92,84 c
I-40'	0,79 b*	4,24 <sup>*a</sup>	1,45 b	92,50 c
I-60'	0,65 b*	8,09 <sup>*b</sup>	1,06 a	89,46 b*
II-20'	0,16 a	10,47 <sup>*c</sup>	1,23 b	87,94 b*

II-40'	0,37 ab	8,81 <sup>*c</sup>	0,94 <sup>*a</sup>	89,93 b
II-60'	0,32 a	9,94 <sup>*d</sup>	1,04 <sup>*a</sup>	89,09 b*
III-20'	0,24 a	9,73 <sup>*d</sup>	0,99 <sup>*a</sup>	88,59b*
III-40'	0,41 b	11,54 <sup>*f</sup>	1,06 a	87,21 a*
III-60'	0,24 a	9,60 <sup>*d</sup>	1,02 <sup>*a</sup>	89,02 b*

Keterangan : Nilai rerata yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT ( $p < 0,05$ ). Tanda \* menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji Dunnet.

Berdasarkan tabel di atas, kadar air pati garut murni mempunyai kadar air 7,02%. Menurut Maulani, dkk. (2012), kadar air pati garut yang dipanen pada umur di atas 10 bulan berkisar antara 12,60 – 14,87 %. Perbedaan kadar air ini diduga karena cara dan lama pengeringan yang berbeda. Kadar pati garut termodifikasi yang terendah terdapat pada pati dengan 1 siklus *autoclaving-cooling* dengan waktu gelatinisasi 20 menit, sedangkan yang tertinggi diperoleh dari pati termodifikasi melalui 3 siklus dengan waktu gelatinisasi 40 menit. Semakin banyak siklus *autoclaving-cooling*, maka semakin banyak kadar air dalam pati. Hal ini diduga karena ikatan hidrogen pada gugus kristal pati sangat kuat yang menjadi penghalang sehingga sulit untuk diuapkan pada saat pengeringan.

#### **Kadar Protein**

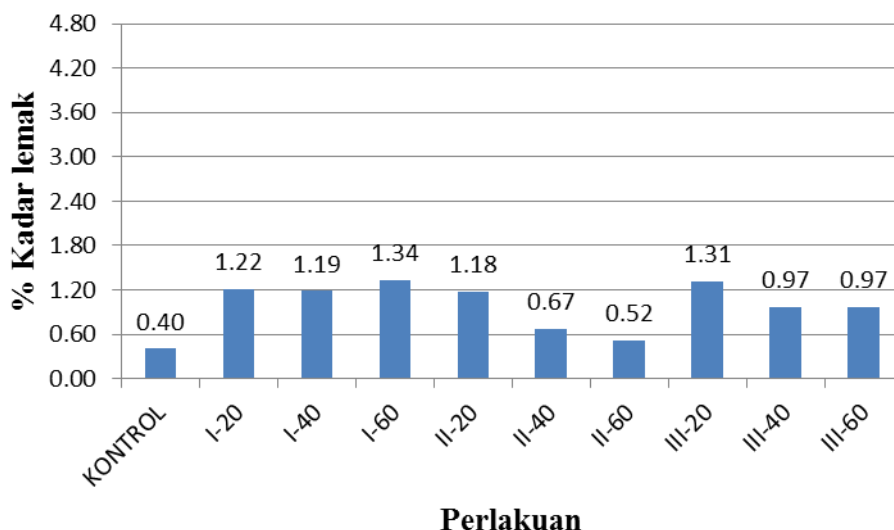
Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa hanya perlakuan pengulangan proses gelatinisasi-retrogradasi yang berpengaruh nyata terhadap kadar protein pati garut termodifikasi. Rerata kadar protein pati garut dan pati garut termodifikasi ditampilkan pada Tabel 2. Kadar protein bukanlah parameter yang dilihat dalam SNI 01-6057-1999, karena pada pati garut kadar proteinnya sangat kecil. Berdasarkan Tabel 2 di atas, kadar protein pati garut murni adalah 1,27 %. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Anggraini, (2007, yaitu pati yang diekstraksi dari garut dengan umur panen > 10 bulan mempunyai kadar protein berkisar 1,25-1,463%. Berdasarkan uji Dunnet dan DMRT pada taraf 5%, kadar protein pati garut dan pati modifikasi berbeda nyata pada perlakuan 2 dan 3 kali siklus *autoclaving-cooling*. Protein merupakan unsur yang mudah tidak stabil terhadap perlakuan suhu tinggi, asam, logam, dan perlakuan mekanis. Pada kasus ini, protein pati turun karena terdenaturasi akibat proses pemanasan pada suhu yang terlampaui tinggi sekitar 121°C selama beberapa waktu tertentu.

#### **Kadar Karbohidrat**

Pati merupakan homopolimer glukosa yang terdiri dari amilosa dan amilopektin (Winarno, 1997). Pati merupakan karbohidrat yang dihasilkan oleh tumbuhan yang digunakan sebagai cadangan makanan yang akan digunakan disaat kondisi lingkungan tidak mendukung. Cadangan makanan ini tersimpan dalam biji, akar, batang, dan buah. Untuk memperoleh pati murni, maka diperlukan proses ekstraksi untuk mendapatkannya, sebagai bahan pangan sumber karbohidrat, tentunya penting untuk mengetahui kadar karbohidrat dalam pati. Siklus gelatinisasi-retrogradasi serta lamanya waktu gelatinisasi berpengaruh signifikan terhadap kadar karbohidrat pada pati modifikasi, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2 di atas. Pada umumnya semakin banyak siklus yang dialami pati, maka semakin rendah kadar karbohidratnya, karena terdapat air yang terperangkap dalam kisi-kisinya sehingga sulit diuapkan dan mempengaruhi kadar karbohidratnya.

#### **Kadar Lemak**

Berdasarkan hasil analisis ragam, tidak terdapat pengaruh nyata pada perlakuan pengulangan proses gelatinisasi dan retrogradasi serta lamanya waktu gelatinisasi terhadap kadar lemak pati garut termodifikasi.



**Gambar 2.** Rerata kadar lemak pati garut alami dan pati garut termodifikasi

Kadar lemak pati garut murni sangat rendah yaitu 0,40%. Hal ini lebih rendah dengan yang dikemukakan oleh Smietani, (2012), yaitu antara 0,770-0,790% yang diperoleh dari garut dengan umur panen > 10 bulan. Kadar lemak pada pati garut dapat menghambat pembentukan pati resisten, karena lipid dapat berikatan dengan amilosa, sehingga menghasilkan kompleks amilosa-lipid yang dapat didegradasi oleh enzim (Sajilata, 2006).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengulangan proses gelatinisasi-retrogradasi berpengaruh secara nyata terhadap rendemen, kadar abu, kadar protein, kadar air, serta kadar karbohidrat pati garut termodifikasi, sedangkan perlakuan lama waktu gelatinisasi berpengaruh nyata terhadap kadar air pati garut termodifikasi. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscop* (SEM) diketahui bahwa pati garut alami berbentuk oval dengan diameter 9-36  $\mu\text{m}$ , akan tetapi setelah proses modifikasi ukurannya berubah dan bahkan ada yang mencapai 591  $\mu\text{m}$ . Berdasarkan uji *de garmo* untuk membantu mengetahui kombinasi perlakuan yang terbaik, diperoleh hasil bahwa yang terbaik pertama adalah pati termodifikasi 1 siklus 20 menit gelatinisasi. Kemudian disusul dengan pati termodifikasi 1 siklus 40 menit gelatinisasi, namun dari segi karakteristik fisik yang lebih mirip dengan pati resisten komersial Novelose 330 adalah perlakuan 1 siklus 40 menit. dilihat dari segi ekonomisnya, kedua kombinasi perlakuan tersebut juga yang paling hemat energi dan waktu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, R. W. 2007. Resistant Starch Tipe III dan Tipe IV Pati Ganyong (*Canna edulis*), Kentang (*Solanum tuberosum*), dan Kimpul (*Xanthosoma violaceum* Schott) sebagai Prebiotik. Institut Pertanian Bogor.
- Chung, H.J., Q. Liu, R. Hoover. 2005. Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn. Pea and Lentil Starches. Elsevier. Journal Carbohydrate Polymers hal 436-477.
- Damat, Haryadi, Y. Marsono, M. Nurcahyanto. 2007. Efektivitas lama reaksi sintesis pati garut butir. Agritek Vol 15 No. 5 Oktober 2007 hal 988.
- Damat. 2013. Effect of butyrylated arrowroot starch to the digesta profile and molar ratio SCFA. Journal of Food Research : Vol.2, No.2, 2013: Canadian Center of Science and Education.

- Gilang, R., D.R. Affandi, D. Ishartani. 2013. Karakteristik fisik dan kimia tepung koro pedang (*Canavalia ensiformis*) dengan variasi perlakuan pendahuluan. Jurnal Teknosains Pangan Vol 2 No 3 Juli 2013.
- Maulani, R.R., R. Budiasih, N. Immaningsih. 2012. Karakterisasi fisik dan Kimia Rimpang dan Pati Garut (*Marantha arundinaceae* L.) pada Berbagai Umur Panen. Prosiding Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura.
- Pratiwi, R. 2008. Modifikasi Pati Garut (*Marantha arundinacea*) dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (*Autoclaving-Cooling Cycling*) untuk Menghasilkan Pati Resisten Tipe III. IPB. Bogor.
- Richana, N. dan T.C. Sunarti. 2004. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubi kelapa, dan Gembili. Jurnal Pascapanen 1(1) 2004:29-37.
- Sajilata MG, Rekha SS, Puspha RK. 2006. Resistant starch a review. J Comprehensive reviews in food science and food safety.
- Smietana, M.S., M. Wronkowska, E. Biedrzycka, M. Bielecka, K. Ocicka. 2005. Native and physically-modified starches-utilization of resistant starch by bifidobacteria (in vitro). Polish Journal of Food and Nutrition Sciences Vol. 14/55 No. 3 pp 273-279.
- Sunarti, T.C., N. Richana., F. Kasim., Purwoko, A. Budiyanto., 2007. Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia Tepung dan Pati Jagung Varietas Unggul Nasional dan Sifat Penerimaannya terhadap Enzim dan Asam. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. IPBBogor.
- Suryani, A.I. 2008. Mempelajari Pengaruh Pemanasan dan Pendinginan Berulang terhadap Karakteristik Sifat Fisik dan Fungsional Pati Garut (*Marantha arundinacea*) Termodifikasi . IPB. Bogor.
- Winarno, 1997. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.