

KARAKTERISASI SIFAT KIMIA, PROFIL AMILOGRAFI (RVA) DAN MORFOLOGI GRANULA (SEM) PATI SINGKONG TERMODIFIKASI SECARA BIOLOGI

Characterization of Chemical Properties, Amylographic Profiles (RVA) and Granular Morphology (SEM) of Biologically Modified Cassava Starch

Subekah Nawa Kartikasari^{1)*}, Puspita Sari¹⁾, Achmad Subagio¹⁾

¹⁾Magister Teknologi Agroindustri - Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jalan Kalimantan No. 37 Kampus Tegalboto, Jember 68121

*E-mail: subekah_sari@yahoo.co.id

ABSTRACT

MOCAF (modified cassava flour) is a product derived from cassava flour that uses the principles of fermented cassava cell modification (Subagio, 2006). During the production of MOCAF, side product in the form of starch has been produced but has not been utilized. This study aimed to assess fermentation lengths using BAL toward chemical characteristics, granule amylography and morphology. The method used was completely randomized design (CRD) with one factor, consisting of fermentation lengths of 0, 24, 48 and 72 hours, and control which were replicated (3) three times. The results of chemical characteristics showed that the longer the value of amylopectin content, total acid, total sugar, the higher the fermentation, while the pH value of reducing sugar, amylose decreased, the granular form was pockmarked and had bigger and bigger size. Amylography of pasta showed the increase in time, temperature, (PV), (TV), (FV) and decrease in (SB) and (BD). By recognizing the amylographic characteristic, the application is easier as an improver ingredient in food products associated with characteristics such as viscosity, shelf life, retrogradation and syneresis. The results showed that the length of fermentation affected the chemical characteristics, granular amylography and morphology of biologically modified starch.

Keywords: lactic acid bacteria, modified starch, cassava, improver

PENDAHULUAN

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) atau ubi kayu merupakan komoditas pertanian yang memiliki potensi cukup besar sebagai alternatif pengganti bahan pangan pokok sumber karbohidrat yang berbasis bahan lokal. MOCAF (*Modified Cassava Flour*) adalah produk turunan dari tepung ubi kayu yang menggunakan prinsip memodifikasi sel ubi kayu secara fermentasi. Selama proses produksi tepung MOCAF akan dihasilkan pati termodifikasi yang selama ini belum banyak dimanfaatkan, sehingga perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pemanfaatan pati termodifikasi hasil samping pengolahan MOCAF sebagai bahan *improver*.

Aplikasi pati dalam suatu produk dipengaruhi oleh kemampuannya untuk

membentuk karakteristik produk akhir yang diinginkan. Perbedaan karakteristik kimia seperti bentuk granula, rasio amilosa/ amilopektin, molekuler pati dan keberadaan komponen lain merupakan penyebab perbedaan sifat fungsionalitas (Copelan *et al.*, 2009). Variasi sifat fungsional pati di dalam suatu spesies bahan menyebabkan masalah dalam pengolahan karena inkonsistensi bahan baku. Karakterisasi sifat kimia dan fungsional teknis pati dalam suatu varietas perlu dilakukan untuk memprediksi kesamaan dan perbedaan perilakunya pada tahap aplikasi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi adalah modifikasi biologi. Modifikasi biologi adalah modifikasi bahan (pati) dengan pemanfaatan mikroba, salah satunya adalah bakteri asam laktat (BAL).

Istilah lain untuk modifikasi biologi adalah fermentasi. Selama fermentasi BAL menghasilkan enzim yang dapat menghidrolisis pati bahan sehingga pati dapat memiliki sifat kimia dan fungsional teknis yang berbeda dengan yang masih *native* (asli) (Subagio, 2006). Dengan mengetahui sifat kimia, amilografi dan morfologi pati termodifikasi secara biologi maka semakin mudah dalam aplikasi (produksi) produk pangan, misalnya yang berkaitan dengan karaktersitik retrogradasi, viskositas, ketahanan terhadap gaya gesekan, stabilitas umur simpan, dan sineresis. Miyazaki *et al.*, (2006) melaporkan, bahwa pati dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas roti. Huang dan Lai (2010), juga melaporkan bahwa pati dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas mie seperti elastisitas.

Untuk memperjelas landasan ilmiah pati termodifikasi yang akan digunakan sebagai bahan *improver*, maka diperlukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh lama fermentasi terhadap perubahan-perubahan sifat kimia, amilografi dan morfologi pati termodifikasi yang dihasilkan. *Improver* adalah bahan yang dapat ditambahkan kedalam suatu produk pangan dengan maksud agar produk tersebut menjadi lebih baik (kualitas produk, toleransi proses, stabilitas umur simpan, sensori dan estetika). Apabila ditambahkan kedalam produk roti diharapkan dapat meningkatkan kualitas daya kembang, tekstur, *staleness*, densitas dan umur simpan, pada produk mie dapat mengurangi *cooking loos*, meningkatkan elastisitas. Dengan demikian informasi mengenai sifat kimia, amilografi dan morfologi pati termodifikasi secara biologi dapat dijadikan sebagai acuan pada aplikasi untuk industri pangan seperti pada roti manis dan mie basah.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian meliputi tanur merk Carbolite, *shaker water bath* merk Selecta, oven merk J Labtech, sentrifuge merk Gyrozen Type 2236HR, RVA merk Tecmaster type Parten, SEM merk Hitachi type TM 3000, pH meter merk Martini type Mi151, Smart Colorimeter Lamontte, rheotex merk Ogawa Seiki type SD-700, viskosimeter merk Haake type VT01, neraca analitik merk Matler Toledo type AL204 (± 0.01 g), pemanas listrik merk Gerhardt, penangas air merk Cimerec 2, vortex merk Maxi Max 1 Type 16700, lemari pendingin merk Sharp, magnetic stirrer merk SM 24 Stuart Scientific, spektrofotometer UV-VI merk Shimadzu.

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan pati termodifikasi antara lain ubi kayu varietas Adira, air, gula, chips MOCAF dan starter BAL. Varietas adira banyak tersedia di pasaran dan banyak mengandung pati. Varietas ini diperoleh dari petani di Kabupaten Jember, daerah Rowo Indah berumur 10-12 bulan. Bahan kimia untuk analisis antara lain H_2SO_4 , NaOH, standar amilosa, garam rocella, DMSO, Ka-tatrat, pelarut heksan, etanol, akuades, K_2SO_4 , *nelson somogy A* dan B, HCl dan arsenomolibdat.

Tahapan Penelitian

Pembuatan starter

Membuat starter konsentrasi 100 ppm, mengandung BAL. Dikembangkan biakkan dengan cara menimbang 0,5 g starter, 50 g gula, 50 g chips MOCAF kering, air 1000 ml dimasukkan kedalam beker gelas 1000 ml, dibiarkan selama 24 jam.

Pembuatan pati termodifikasi

Ubi kayu dipotong-potong dalam bentuk chips dengan ketebalan 1-3 mm. Ubi kayu sebanyak 5 kg dimasukkan kedalam bak dan ditambahkan air

sebanyak 9000 ml dan stater 1000 ml selanjutnya dilakukan fermentasi 0, 24, 48 dan 72 jam (F0, F1, F2 dan F3). Setelah waktu fermentasi tercapai maka chips MOCAF dipanen dan dipisahkan dari pati termodifikasi dengan cara cairannya disaring menggunakan ayakan 120 mesh dan dilanjutkan pengendapan selama 2 jam, selanjutnya air fermentasi dibuang dan pati termodifikasi dikeringkan menggunakan sinar matahari

Pembuatan FB/Kontrol

Ubi kayu sebanyak 5 kg diblender ditambahkan air sebanyak 9000 ml, dan diambil sarinya, serta ditambahkan stater 1000 ml, dilakukan pengendapan selama 10 jam. Setelah mengendap cairan dibuang dan diambil patinya selanjutnya pengeringan menggunakan sinar matahari. Kontrol digunakan sebagai pembanding, oleh karena itu kontrol diambil di pasaran.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Langkap (RAL) dengan satu faktor, terdiri atas lama fermentasi 0 jam (F0), 24 jam (F1), 48 jam (F2) dan 72 jam (F3) serta kontrol (FB). Selanjutnya masing masing perlakuan dilakukan (3) tiga kali ulangan.

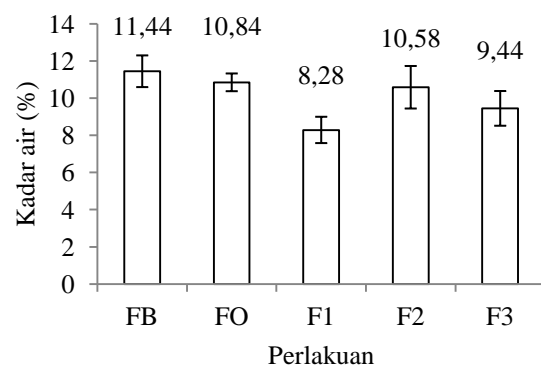
Metode Analisis

Pati termodifikasi dilakukan uji kimia meliputi analisis proksimat antara lain kadar air, abu, lemak dan protein (SNI 01-2891-1992), kadar serat kasar (Sudarmadji *et al.*, 1997), pH dan total asam (Dufour *et al.*, 2002), kandungan pati (Sudarmadji *et al.*, 1997), amilosa dan amilopektin (Morrison and Laignelet, 1983), granula *susceptibility* pada dimethylsulfoxide/DMSO yaitu gula reduksi dan gula total (Subagio, 2006), sifat amilografi (RVA) (Perten, 2013) dan morfologi (SEM) pati termodifikasi (Hitachi, 2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

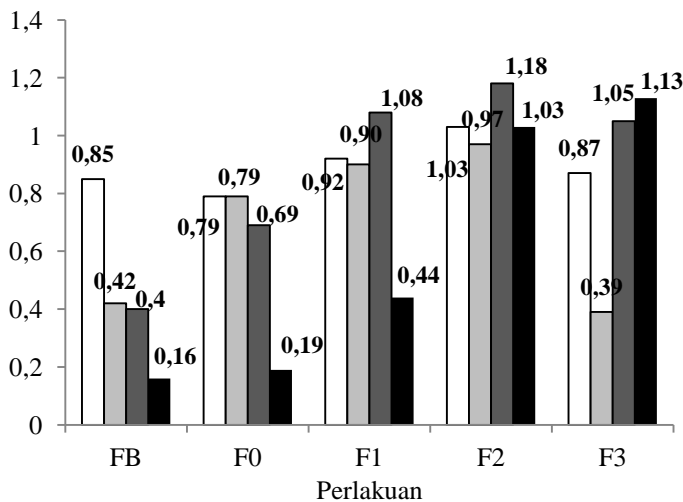
Kadar air pati termodifikasi semakin lama fermentasi menunjukkan semakin menurun. Hasil analisis kadar air pati termodifikasi dapat dilihat pada **Gambar 1**. Menurut Subagio (2006) perubahan granula pati tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim sellulolitik dan peknolitik yang mulai intensif dalam mendegradasi sellulosa dinding sel, sehingga dinding sel rusak dan granula pati mengalami liberasi. Akibat adanya aktivitas enzim amilolitik ekstraseluler, granula yang terliberasi tersebut kemudian dihidrolisis sebagian pada permukaan granula akibatnya granula pati berlubang. Semakin lama fermentasi granula pati yang berlubang lubang semakin banyak sehingga saat dilakukan pengeringan akan lebih porous, maka air lebih mudah teruapkan.



Gambar 1. Hubungan lama fermentasi selama 0 jam (F0), 24 jam (F1), 48 jam (F2) dan 72 jam (F3) serta kontrol (FB) dengan kadar air

Kadar Serat Kasar, Abu, dan Protein.

Kadar serat kasar, abu dan protein pati termodifikasi semakin lama fermentasi menunjukkan semakin meningkat, sedang kadar lemak semakin menurun dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Hubungan lama fermentasi 0 jam (F0), 24 jam (F1), 48 jam (F2) dan 72 jam (F3) serta kontrol (FB) dengan kadar abu (■), protein (■), lemak (□) dan serat (□)

Semakin lama fermentasi kadar abu semakin meningkat. Wahyuningsih (1990) menyatakan bahwa fermentasi terutama ditujukan untuk mengurangi atau menghilangkan kadar HCN dari ubi kayu pada pH rendah. Karena itu semakin lama fermentasi chips MOCAF yang didegradasi oleh BAL terkumpul dibagian bawah dan selama fermentasi banyak serat yang larut dan tidak larut terikut dalam pati saat dilakukan ekstraksi dan pengeringan.

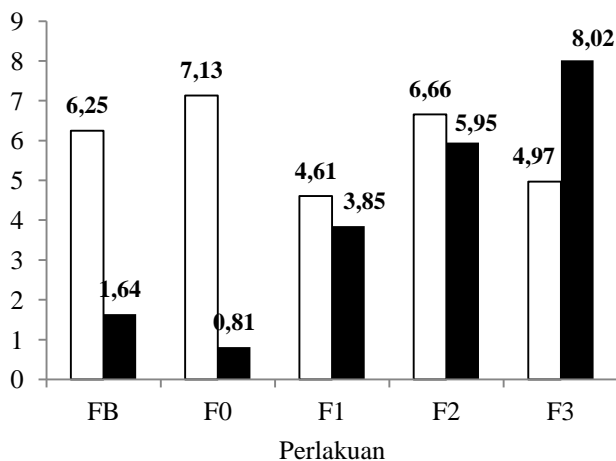
Kadar protein pati termodifikasi menunjukkan *trendline* yang semakin meningkat dengan semakin lama fermentasi. Kadar protein meningkat dapat berasal dari BAL yang menghasilkan protein, ini sesuai dengan penelitian Oboh dan Elusiyan (2007) yang menyatakan bahwa fermentasi dapat meningkatkan kandungan protein *Microbial Biomass Product* (MBP), bila mikroba yang digunakan tetap berada dan bercampur dengan masa substratnya Menurut pendapat Mufarrikha *et al.*, (2014) semakin tinggi protein menunjukkan semakin tinggi aktivitas enzim piknolitik

Kadar serat kasar semakin lama fermentasi menunjukkan semakin meningkat. Hal ini diduga selama proses fermentasi BAL akan mendegradasi chips MOCAF yang menyebabkan peningkatan pemecahan partikel bahan berserat. yang berhubungan dengan aktivitas mikroba, ini sesuai dengan pendapat Mathew *et al.*, (1995) yang mencatat selama fermentasi mikro organisme yang diuraikan oleh enzim *picnolitic* dan *cellulotic* menghancurkan sel membrane, serat yang tidak larut hancur selama proses lisis dan secara otomatis menuju pati (*pulp*).

Kadar lemak semakin menurun selama proses fermentasi. Hal ini diduga adanya aktivitas enzim amilase ekstra-seluler yang memecah sel pati sehingga komponen seperti lemak akan ikut dalam air fermentasi. Oleh karena itu kadar lemak dalam pati termodifikasi semakin menurun.

Nilai pH dan Total Asam

Bakteri penghasil asam terutama BAL merupakan jenis bakteri yang dominan selama fermentasi MOCAF sehingga produk metabolismenya sangat mempengaruhi perubahan kondisi media. Peningkatan jumlah mikroba penghasil asam menyebabkan terjadinya penurunan pH selama fermentasi dan peningkatan total asam ($\mu\text{mol/g}$). Semakin lama fermentasi, asam-asam organik yang dihasilkan semakin banyak sehingga pH menjadi semakin rendah. Nilai pH dan total asam ($\mu\text{mol/g}$) selama proses fermentasi dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Hubungan lama fermentasi 0 jam (F0), 24 jam (F1), 48 jam (F2) dan 72 jam (F3) serta kontrol (FB) dengan nilai pH (□) dan total asam (■)

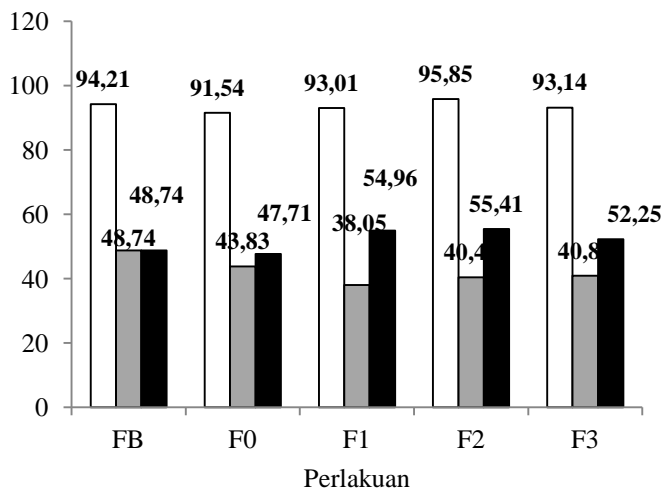
Semakin tinggi total asam ($\mu\text{mol/g}$) maka nilai pH akan semakin rendah. Pada F2 nilai pH tinggi dengan nilai 6.66 ± 0.09 tapi nilai total asam rendah dengan nilai 5.95 ± 0.53 . Hal ini dapat terjadi karena asam-asam organik terperangkap di dalam granula sehingga nilai pH tidak terukur dengan tepat. Asam organik misalnya asam laktat adalah metabolit primer dari aktivitas BAL, ketika BAL mendegradasi granula pati bagian dalam maka asam laktat akan terperangkap dalam granula pati. Selama proses fermentasi jenis asam organik yang dominan akan berbeda. Bartolini (2010) melaporkan bahwa pati yang mengalami modifikasi akan mempunyai kemampuan memerangkap air dan asam. Menurut Schnürer dan Magnusson (2005) asam laktat adalah metabolit BAL utama yang menyebabkan penurunan pH dan menghambat banyak mikroorganisme.

Kadar Pati, Amilosa dan Amilopektin

Pati adalah polisakarida yang dikenal secara luas dibentuk oleh rantai amilosa dan amilopektin. Hasil pengukuran kadar pati, amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada **Gambar 4**. Semakin lama waktu

fermentasi menunjukkan jumlah pati yang semakin menurun hal ini disebabkan karena pada proses fermentasi terjadi pemecahan pati oleh aktivitas mikroorganisme menjadi gula-gula sederhana. Subagio (2006) melaporkan bahwa mikroba yang tumbuh selama proses perendaman akan menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel umbi ubi kayu sehingga terjadi pembebasan granula pati. Enzim amilase ekstraselular kemudian dihasilkan oleh bakteri untuk merombak pati pada ubi kayu menjadi senyawa-senyawa sederhana sebagai energi untuk aktivitas dan pertumbuhan. Amilase ekstraselular adalah enzim yang mampu mendegradasi pati menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu glukosa.

Yuwono & Anggraeni (2014) juga melaporkan selama fermentasi terdapat aktivitas mikroba yang menyebabkan terjadinya degradasi pati disertai dengan pembentukan gula-gula sederhana yang digunakan untuk energi dalam pertumbuhan dan aktivitasnya, degradasi pati tersebut menyebabkan turunnya kadar pati. Penurunan kadar pati kemungkinan disebabkan beberapa hal antara lain pati ikut terlarut dalam air perendaman, dan masih terikatnya sebagian pati pada onggok. Rendeman pati berhubungan erat dengan kadar pati di dalam ubi kayu (Haryati *et al.*, 2013). Pada proses penyaringan basah, kehilangan jumlah pati juga dapat terjadi karena adanya granula pati yang lebih besar, tidak lolos saringan, sehingga jumlah pati yang terukur menjadi lebih sedikit. Granula pati yang diperoleh dari hasil modifikasi biologi (fermentasi) berukuran $200 \mu\text{m}$ dan ayakan yang dipakai adalah saringan 120 mesh.



Gambar 4. Hubungan lama fermentasi 0 jam (F0), 24 jam (F1), 48 jam (F2) dan 72 jam (F3) serta kontrol (FB) dengan kadar pati (□), amilosa (■) dan amilopektin (■)

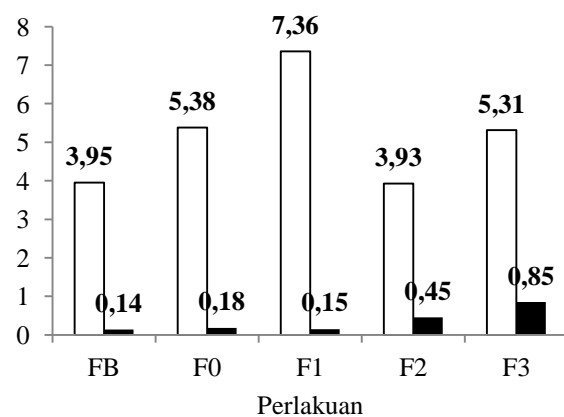
Semakin lama fermentasi maka kadar amilosa semakin menurun. Hal ini diduga karena semakin lama fermentasi maka rantai lurus amilosa akan terpotong dan rantai lurus amilosa yang terpotong (trisakarida/maltotriosa, oligosakarida atau sakarida rantai pendek) akan cenderung larut pada air rendaman pati dan dapat hilang selama pemanenan. Menurut Southgate (1991) amilosa memiliki bobot molekul 10^3 sampai 5×10^5 Dalton. Amilosa dengan bobot molekul rendah memiliki rantai lurus yang pendek sehingga cenderung lebih mudah larut dalam air (Fleche, 1985) Semakin lama fermentasi maka aktivitas enzim semakin meningkat, dimana akan lebih mudah menghidrolisis amilosa yang mempunyai rantai lurus, yang akan didegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selama proses fermentasi aktivitas enzim amilase ekstraseluler semakin meningkat sehingga akan mendegradasi amilosa menjadi senyawa yang lebih sederhana karena itu kandungan amilosa semakin turun.

Kadar amilopektin semakin lama fermentasi menunjukkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini diduga selama

proses fermentasi BAL akan menghasilkan enzim amilase (amilase) yang dapat memotong ikatan lurus amilosa. Oleh karena itu, kandungan amilosa akan menurun dan amilopektin akan lebih dominan sehingga jumlah fraksi amilopektin semakin meningkat. Amilopektin memiliki rantai cabang (1,6) dan berat molekul yang lebih besar karena itu tidak mudah terhidrolisis (Hui, 2006).

Kadar Gula Total dan Gula Reduksi

Granule susceptibility diukur dalam gula reduksi dan total gula. *Granule susceptibility* pada *dimethyl-sulfoxide* (DMSO) menunjukkan kekuatan ikatan dan homogenitas granula pati. Semakin tinggi kelarutan granula pati dalam DMSO menunjukkan semakin lemah kekuatan ikatan (*bonding force*) antara granula dan semakin kecil homogenitasnya (Demiate, 2001). Kelarutan granula pati dideskripsikan dalam jumlah gula reduksi dan glukosa dalam supernatant hasil perlakuan dengan DMSO (Demiate, 2001). Kandungan gula total dan gula reduksi (%) dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hubungan lama fermentasi 0 jam (F0), 24 jam (F1), 48 jam (F2) dan 72 jam (F3) serta kontrol (FB) dengan kadar gula total (□) dan gula reduksi (■)

Kadar gula total menunjukkan nilai yang semakin menurun dengan semakin lama fermentasi. Kadar gula reduksi

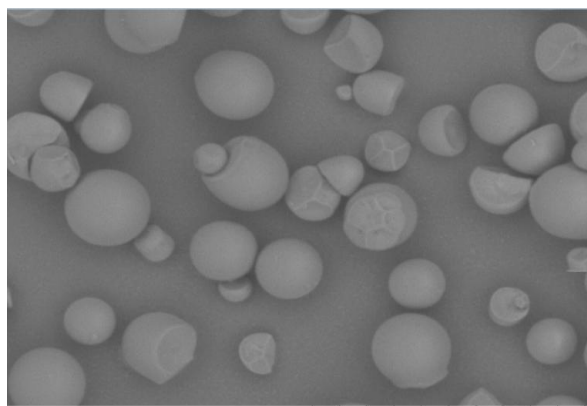
semakin meningkat, semakin lama fermentasi. Semakin tinggi kadar gula total dan semakin rendah gula reduksi menunjukkan kekuatan ikatan yang tinggi pada pati termodifikasi, yang berarti granula semakin tidak rapuh.

Scanning Electronic Microscope (SEM)

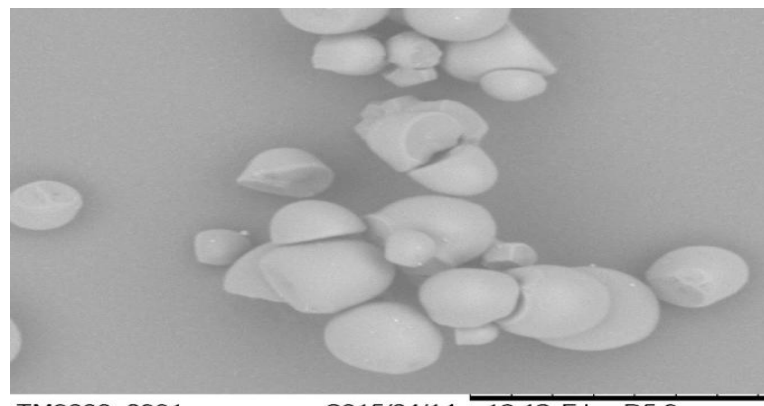
Perubahan bentuk granula pati dapat terlihat lebih jelas dari hasil *Scanning Electronic Microscope* pada **Gambar 6**. Pada F0 dan FB, beberapa granula pati masih terikat satu sama lain dan bergerombol pada dinding sel ubi kayu, granula pati mempunyai bentuk yang masih tampak bulat beraturan dan utuh serta homogen. Hal ini diduga karena aktivitas enzim selulolitik yang dapat merusak dinding sel belum bekerja secara optimal. Perubahan bentuk granula pati mulai terjadi pada F1, yaitu granula mulai memisah dan tidak bergerombol serta mulai berlubang pada beberapa bagian granulanya. Selain itu beberapa granula tidak lagi memiliki bentuk bulat beraturan. Perubahan ini semakin intensif seiring dengan bertambahnya lama fermentasi.

Menurut Subagio (2006) perubahan granula pati tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim selulolitik yang mulai intensif dalam mendegradasi selulosa

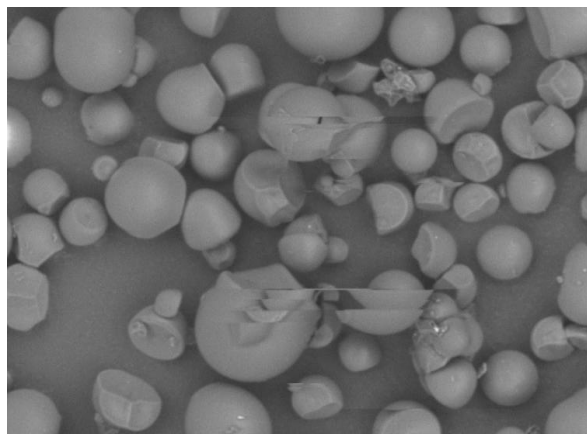
dinding sel, sehingga dinding sel rusak dan granula pati mengalami liberasi. Akibat adanya aktivitas enzim amilolitik ekstraseluler, granula yang terliberasi tersebut kemudian dihidrolisis sebagian pada permukaan granula, akibatnya granula pati berlubang. Hal ini memungkinkan terjadinya liberasi pati dari dalam granula yang dapat mengakibatkan perubahan pada sifat kimia, viskositas dan morfologi pati yang dihasilkan. Pada granula pati F2 yang berlubang semakin banyak, sehingga bentuknya terlihat bulat tidak beraturan serta ukuran granula pati semakin besar. Pada granula pati F3 semakin membesar dan memisah satu sama lain dan ukurannya semakin tidak seragam atau tidak homogen dibandingkan dengan granula pati pada FB yang lebih homogen dan ukuran granula lebih kecil dan seragam berdasar foto SEM. Hal ini disebabkan karena enzim amilolitik telah menghidrolisis pati yang ada pada granula sehingga rantai polimer pati menjadi lebih pendek. Enzim selulolitik juga praktis telah mendegradasi sebagian besar selulosa sehingga akhirnya granula memisah satu sama lain. Dimana pati yang mempunyai granula kecil akan lebih dahulu terhidrolisis dibandingkan ukuran besar.



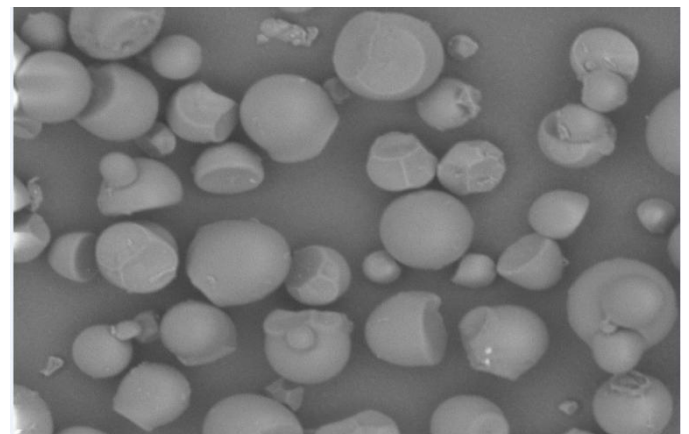
FB



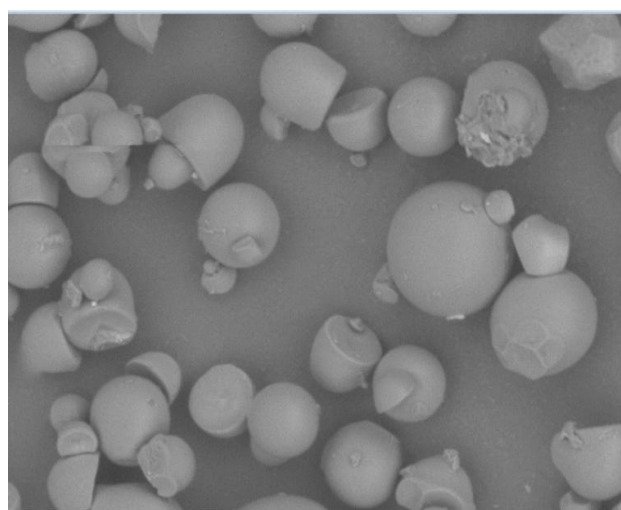
F0



F1



F2



F3

Gambar 6. Morfologi Pati termodifikasi lama fermentasi 0, 24, 48, dan 72 jam serta kontrol (FB) dengan pembesaran 1500x menggunakan SEM

Lindeboom *et al.* (2004) juga melaporkan granula yang mempunyai ukuran besar akan lebih tahan terhadap proses hidrolisis, dan enzim akan memecah granula yang mempunyai ukuran kecil dibanding ukuran yang besar, dan pola *digestion* enzimatis granula pati pada ukuran yang kecil akan berbeda dengan ukuran granula yang lebih besar. Murtiningrum *et al.* (2012) juga melaporkan pati ubi kayu dengan ukuran granula besar memiliki suhu gelatinisasi lebih tinggi dibandingkan dengan pati yang memiliki ukuran granula kecil. Granula pati lebih besar memiliki ketahanan tinggi terhadap perlakuan panas dan air dibandingkan granula pati kecil.

Karakteristik Amilografi Pati Termodifikasi

Berdasar karakteristik amilografi pati termodifikasi semakin lama fermentasi menunjukkan waktu (menit), suhu (C), puncak viskositas (PV), *trough* (TV), final viskositas (FV) yang meningkat serta *set back* (SB), dan *break down* (BD) yang menurun dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 7**.

Viskositas pasta adalah karakteristik penting pati selama pemanasan suspensi pati dan air, ini dianggap sebagai dasar aplikasi makanan, juga sebagai identifikasi varietas pati (Meares *et al.*, 2004) dan juga adanya interaksi campuran komponen makanan, menguji kegunaan pati dalam

proses (Zhang dan Hamaker, 2003) dan memonitor sifat fisik-kimia pati modifikasi (Sriburi dan Hill, 2003). Gelatinisasi pati adalah fenomena yang kompleks yang terjadi didalam struktur kristalin dari granula pati yang hilang karena pemanasan dan kehadiran air (Batey and Curtin, 2000). Hidrolisis pati oleh asam baik dari bahan kimia maupun dari bakteri asam laktat (BAL) dan *amyolytic lactic acid bacteria* (ALAB) dapat merubah *microstructure* pati dan menimbulkan perubahan karakteristik *amylography* dan viskositas (Plata-Oviedo dan Camargo, 1998)

Semakin lama fermentasi maka suhu dan waktu puncak viskositas menunjukkan nilai yang semakin tinggi. Adegunwa *et al.*, 2011 juga melaporkan bahwa lama fermentasi berpengaruh terhadap suhu dan waktu puncak viskositas dengan nilai yang semakin tinggi. Hal ini diduga karena kandungan minor (abu, protein, dan serat), dan amilopektin semakin meningkat serta amilosa yang semakin menurun. Kandungan minor, rasio amilosa dan amilopektin diduga berpengaruh terhadap waktu (menit) dan suhu (°C) viskositas puncak. Semakin tinggi kandungan minor, serta rasio amilosa dan amilopektin, maka waktu (menit) dan suhu (°C) viskositas puncak semakin tinggi.

Tabel 1. Karakteristik amilografi pati termodifikasi lama fermentasi 0, 24, 48 dan 72 jam serta kontrol (FB)

Perlakuan	Lama Fermentasi						
	Peak (PV)	Trough (TV)	Break Down (BD)	Final Viskositas (FV)	Set Back (SB)	Peak time (Min)	Pasting Temp (°C)
FB	4,389.00 ± 58,39	1,772.33 ± 61,76	2,620.00 ± 30,45	2,728.00 ± 57,94	955,67 ± 23,07	3,50 ± 0,00	71,1 ± 0,06
F0	4,240.0 ± 128,00	1,687.00 ± 98,61	2,553.00 ± 212,31	2,599.00 ± 155,61	912,00 ± 128,49	3,70 ± 0,00	71,5 ± 0,52
F1	4,896.67 ± 247,97	2,859.67 ± 143,47	2,037.00 ± 107,89	3,505.67 ± 125,83	646,00 ± 31,61	3,70 ± 0,00	71,5 ± 0,52
F2	4,836.00 ± 340,54	2,852.67 ± 154,51	1,983.33 ± 186,04	3,499.33 ± 134,80	646,67 ± 32,65	4,03 ± 0,23	72,4 ± 1,01
F3	4,207.00 ± 143,04	2,713.00 ± 31,05	1,494.00 ± 148,28	3,602.67 ± 89,67	889,67 ± 76,85	4,50 ± 0,200	73,2 ± 0,46

Suhu gelatinisasi pati adalah suhu di mana pati membentuk gel benar-benar transparan. Gelatinisasi adalah proses pecahnya ikatan antar molekul-molekul pati dengan adanya air dan panas serta memungkinkan molekul pati untuk mengikat air lebih banyak. Adanya penetrasi air akan meningkatkan keacakan dalam struktur pati. Semakin kuat ikatan antara molekul pati, semakin tinggi jumlah panas yang dibutuhkan untuk memecah ikatan antar molekul dan oleh karena itu, semakin tinggi suhu gel (Singh-Sodhi dan Singh, 2005). Menurut Imaningsih (2012) suhu dan waktu gelatinisasi dipengaruhi oleh struktur amilopektin, komposisi pati dan arsitektur granula. Suhu gelatinisasi disamping tergantung ukuran granula juga berkaitan erat dengan kandungan amilosa (Murtiningrum *et al.*, 2012). Menurut Santoso *et al.* (2002) selain granula pati, kandungan amilosa, dan komponen protein juga mempengaruhi suhu gelatinisasi. Kisaran gelatinisasi tergantung pada perbedaan tingkat heterogenitas kristal dan granula pati (Gunaratne dan Hoover, 2002).

Breakdown mengindikasikan seberapa mudah struktur granula pati pecah atau retak (Varavinit *et al.*, 2003). Semakin lama waktu fermentasi nilai *breakdown* semakin menurun. Ini menunjukkan bahwa F3 selama proses pemasakan lebih tahan pecah atau retak dibandingkan FB. Hal ini diduga karena kandungan amilosa F3 lebih rendah dengan nilai $40,89 \pm 0,26$ (%) dibanding FB dengan nilai $48,74 \pm 5,33$ (%). Menurut Eliasson (2004) *breakdown* merupakan faktor penting yang memiliki pengaruh pada aplikasi pati dalam makanan. Ketika granula pati membengkak dan mengalami panas dan geseran, pati mengalami fragmentasi dan menghasilkan pengurangan viskositas yang menunjukkan pemecahan pati. Semakin tinggi kadar amilosa maka viskositas *breakdown* akan semakin tinggi (Bamforth, 2005). *Breakdown* tinggi tidak

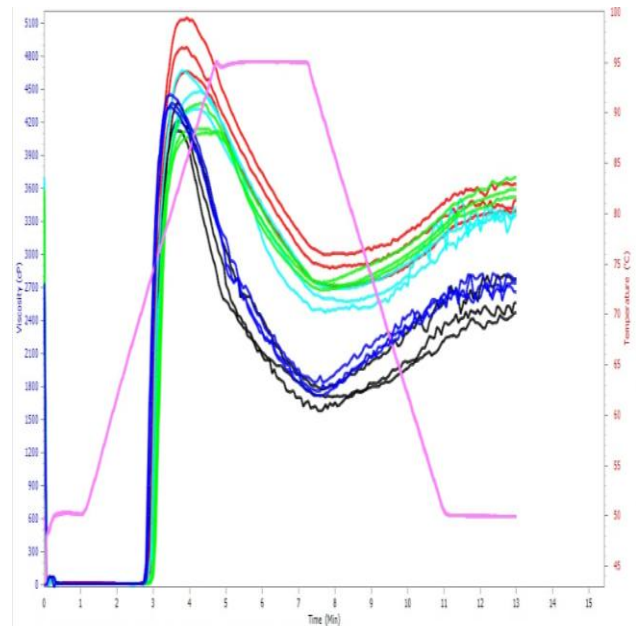
diinginkan karena menyebabkan viskositas merata dan juga menghasilkan sifat kohesif pada pasta pati.

Faktor lain yang berhubungan dengan viskositas adalah *setback* yang dikaitkan dengan retrogradasi pati. Semakin lama fermentasi nilai *set back* semakin menurun. Ini menunjukkan bahwa FB lebih mudah terjadi retrogradasi dibanding F3. Hal ini diduga karena kandungan amilosa pada FB lebih tinggi dengan nilai $48,74 \pm 2,77$ % dibanding F3 dengan nilai $40,89 \pm 0,26$ %. Kandungan amilosa yang cukup tinggi memiliki kontribusi yang besar terhadap kecenderungan terjadinya retrogradasi pasta pati selama fase pendinginan menurut (Lehmann *et al.*, 2003). Viskositas *setback* pasta menunjukkan kecenderungan retrogradasi yang terjadi pada molekul amilosa karena amilosa lebih mudah terpapar oleh air dan mudah mengalami rekristalisasi dibandingkan amilopektin. Bamforth *et al.* (2005) melaporkan bahwa semakin tinggi kadar amilosa maka viskositas *setback* akan semakin tinggi. Adanya lama fermentasi menunjukkan bahwa sineresis/retrogradasi semakin menurun. Menurut Eliasson (2004) nilai retrogradasi juga dipengaruhi adanya komponen minor (lemak, protein, abu, dan serat). Semakin lama waktu fermentasi menunjukkan stabilitas rasio yang semakin menurun ini menunjukkan bahwa adanya lama fermentasi menyebabkan pati termodifikasi lebih tahan terhadap proses pengadukan atau geseran. *Setback* merupakan indikator tekstur produk akhir dan terkait dengan *sineresis* selama siklus beku-cair (Batey, 2007). *Setback* merupakan parameter yang dipakai untuk melihat kecenderungan retrogradasi maupun *sineresis* dari suatu pasta (Budijanto dan Yuliyanti, 2012).

Final viskosita merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan pati untuk membentuk pasta kental atau gel setelah proses pemanasan atau pendinginan serta ketahanan pasta

terhadap gaya geser yang terjadi selama pengadukan. Semakin lama fermentasi nilai final viskositas (FV) pasta semakin meningkat. Ini menunjukkan bahwa F3 lebih tahan terhadap gaya geseran yang terjadi selama pengadukan.

Peak viskositas (PV) disebut juga puncak gelatinisasi. Semakin lama fermentasi *peak viskositas* semakin meningkat, disebabkan selama fermentasi mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim *pektinolitik* dan *selulolitik* yang dapat menghancurkan dinding sel ubi kayu akibatnya pati yang terdiri atas fraksi amilosa dan amilopektin mudah keluar dari granula. Selain memecah selulosa, bakteri asam laktat juga memodifikasi granular pati yang halus menjadi berlubang-lubang. *Peak viscosity* menggambarkan fragilitas dari granula pati yang mengembang, yaitu pada saat pertama kali mengembang sampai pecah karena adanya proses pengadukan *peak viscosity* dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain kadar amilosa, protein, lemak, dan ukuran granula (Deetae *et al.*, 2008). Menurut Oguntunde (1987) variasi *peak viscosity* dipengaruhi oleh kandungan amilosa pada pati. Dikatakan bahwa ikatan asosiatif dari fraksi amilosa bertanggung jawab untuk struktur dan perilaku pasta dari granula pati.



Gambar 7. Profil amilograf pati termodifikasi lama fermentasi 0, 24, 48 dan 72 jam serta kontrol (FB) dengan RVA

Keterangan:

- : Kontrol (FB)
- : F0
- : F1
- : F2
- : F3

KESIMPULAN

Lama fermentasi berpengaruh terhadap sifat kimia, morfologi granula, dan amilografi pada pati termodifikasi yang dilakukan secara biologi. Dengan mengetahui sifat kimia, morfologi granula dan amilografi pati termodifikasi maka akan semakin mudah dalam aplikasi produk makanan. Sifat-sifat ini dapat diaplikasikan pada pengolahan produk pangan untuk meningkatkan (kualitas produk, toleransi proses, stabilitas umur simpan, sensori dan estetika).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Lembaga Pengolah Dana (LPDP) selaku pemberi dana penelitian dengan nomor PRJ 1964/LPDP/2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Batey, I. L. dan Curtin, B. M. 2000. Effect on pasting viscosity of starch and flour from different operating condition for rapid visco analyser. *Cereal Chemistary*, 77 (6): 754-760.
- Bamforth, C. H. 2005. *Food Fermentation and Microorganisms*. By Blacwell Science Ltd a Blackwell Publishing company.
- Batey, I. L. 2007. *Interpretation of RVA Curves dalam The RVA Handbook*.
- Bartolini, C. A. 2010. *Starches Characterization, Properties and Application*. Publishing Taylor and Francis Group, LLC.
- Budijanto, S., dan Yuliyanti. 2012. Studi persiapan tepung sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) dan aplikasinya pada pembuaan beras analog. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13 (3): 177-186.
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., dan Tang, M. C. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids*, 23: 1527-1534.
- Demiate, Ivo Mottin, Marília O., and Gilvan W. 2001. *Characterization of Chestnut (Castanea sativa, Mill) Starch for Industrial Utilization*. Brazilian Archives of Biology and Technology, Brazil.
- Deetae, P., Shobsngob. S., Varanyanond, W., Chinachoti, P., Navikul, O., Vavarinit, S. 2008. Preparation, pasting properties and freeze thaw stability of dual modified crosslink-phosphorylated rice starch. *Carbohydr Poly*, 73: 351-358.
- Eliasson, C dan Ann. 2004. *Starch In Food (Structure, Fuction And Applications)*. Woodhead Publishing limited, Cambridge England.
- Fleche, G. 1985. Chemical Modification and Degradation. Didalam G. M. A Van Beynum dan J, A. Roels. *Satrch Coersion Technology*. Champman and Hall, London.
- Hui, Y. H. 2006. *Hand Book of Food Science Technology And Engineering*. Vol. 1. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Huang, Y. C., dan Lai, H. M. 2010. Noodle quality affected by different cereal starches. *Journal of Food Engineering*, 97: 135-143.
- Haryanti, P., Setyawati, R., dan Wicaksono, R.. 2014. Pengaruh suhu dan lama pemanasan suspensi pati serta konsentrasi butanol terhadap karakteristik fisiko kimia pati tinggi amilosa dari tapioka. *Jurnal Agritech*, 31 (2): 308-315.
- Immaningsih, N. 2012. Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan. *Panel Gizi Makan*, 35 (1): 13-22.
- Lindeboom, N., Chang, P. R. and Tyler, R. T. 2004. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: A Review. *Starch/Starke*, 56: 89-99.
- Miyazaki, M., Van Hung, P., Maeda, T., Morita, N. 2006. Recent advances in application of modified starches for breadmaking. *Food Science and Technology*, 17 (11): 591-599.
- Murtiningrum, Lisangan, M. M dan Edoway Y. 2012. Pengaruh preparasi ubi jalar (*Ipomoe batatas*) sebagai bahan pengental terhadap komposisi kimia dan sifat organoleptik saus buah merah (*Pandanus Conoideus* L). *Jurnal Agrouintek*, 6 (1).

- Mufarrikha, I., Roosdiana, A., dan Prasetyawan, S. 2014. Optimasi kondisi produksi pektinase dari *Aspergillus niger*. *Kimia. Student Journal*, 2 (1): 393-399.
- Oboh, G., dan Elusiyan, C. A. 2007. Changes in the nutrient and antinutrient content of micro-fungi fermented cassava flour produced from low- and medium cyanide variety of cassava tuber. *African Journal of Biotechnology*, 6 (18): 2150-2157.
- Plata-Oviedo, M. dan Camargo, C. 1998. Effect of acid treatments and drying processes on physico-chemical functional properties of cassava starch. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 77: 103-108.
- Subagio, A. 2006. Ubi Kayu substitusi berbagai tepung-tepungan. *Food Review*, 1 (3): 18-22.
- Subagio, A., Windrati, W.S., Witono, Y., dan Fahmi, F. 2008. "Produksi Operasi Standar (POS): Produksi Mocal Berbasis Klaster". FTP Universitas Jember, Jember.
- Vavarinit, S., Shobsngob, S., Varanyanond, W., Chinachoti P dan Naivikul, O. 2003. Effect of amylase content on gelatinisation, retrogradasi and pasting properties of flour from different cultivars of thai rice. *Starch-Starke*, 55 (9): 410-415.
- Zhang, G. Y., dan Hamaker, B. R. 2003. A three component interaction among starch, protein and free fatty acids revealed by pasting profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (9): 2796-2800.