

Artikel Penelitian

Karakteristik Fisikokimia Tepung Daluga (*Cyrtosperma Merkusii*. (Hassk.) Schott) Hasil Modifikasi Fermentasi Bakteri Asam Laktat dan Heat Moisture Treatment

Physicochemical Characteristics of Modified Daluga Flour (Cyrtosperma Merkusii. (Hassk.) Schott) by Lactic Acid Bacteria Fermentation and Heat Moisture Treatment

Didah Nur Faridah^{1*}, Nestri Purnamasari², Sri Laksmi Suryaatmaja³

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²Program Studi Ilmu Pangan, Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor

³Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor

*Korespondensi dengan penulis (didah_nf17@yahoo.com)

Artikel ini dikirim pada tanggal 21 Januari 2019 dan dinyatakan diterima tanggal 3 Agustus 2019. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists© ©2019

Abstrak

Daluga (*Cyrtosperma merkusii*. (Hassk.) Schott) adalah salah satu jenis tanaman umbi kaya karbohidrat yang berasal dari Kepulauan Siau, Manado, Sulawesi Utara. Kandungan pati daluga yang tinggi berpotensi sebagai bahan baku pembentukan pati resisten (*Resistant starch/RS*). Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan kadar RS tepung daluga melalui modifikasi *Heat Moisture Treatment/HMT* dan fermentasi BAL serta mengkaji pengaruh modifikasi terhadap sifat fisikokimia tepung daluga modifikasi. Penelitian terdiri dari 3 perlakuan antara lain HMT menggunakan oven (100°C, 16 jam), autoklaf (121°C, 60 menit), dan kombinasi fermentasi BAL dengan *Lactobacillus plantarum* BSL dan HMT. Berdasarkan hasil analisis, tepung daluga hasil modifikasi oven, autoklaf, dan *Lactobacillus plantarum* BSL + HMT memiliki kadar RS masing-masing sebesar 7,14; 8,81; 5,31% (db). Hasil modifikasi tepung daluga juga berpengaruh terhadap kadar serat pangan, amilosa, serta perubahan viskositas dan suhu gelatinisasi. Kesimpulannya, tepung daluga dengan modifikasi HMT dan fermentasi bakteri asam laktat dapat memberikan pengaruh yang bervariasi pada berbagai sifat fisikokimianya.

Kata kunci : Fermentasi BAL, HMT, modifikasi daluga, tepung daluga

Abstract

Daluga (Cyrtosperma merkusii. (Hassk.) Schott) is one of the tubers originated from the Siau Islands, Manado, and North Sulawesi. The starch contents of daluga which were quite and have the potency as raw materials for starch resistant (SR) formation. The objectives of this research were to increase the SR content of daluga flour, to obtain a modified flour with Lactic Acid Bacteria (LAB) fermentation and Heat Moisture Treatment/HMT of daluga flour and to examine the effect of HMT and LAB fermentation on physicochemical characteristics of daluga flour. The study consist of 3 treatments of HMT, i.e. oven (100°C, 16 hours), autoclave (121°C, 60 minutes), and combination of LAB fermentation by Lactobacillus plantarum BSL and HMT. The result showed the specific value of RS from oven, autoclaves and LAB treatment i.e. 7.14, 8.81, 5.31%, respectively. The results of modified daluga flour could affect dietary fiber, amylose contents, viscosity and gelatinization temperature. As conclusion, modified daluga flour with HMT treatment and fermentation might provide specific result on its physicochemical characteristics.

Keyword : daluga flour, HMT, LAB fermentation, modification daluga

Pendahuluan

Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) adalah salah satu jenis tanaman umbi yang banyak tumbuh di kepulauan Siau, Manado, Sulawesi Utara dan penduduk sekitar menggunakan umbi ini sebagai pengganti beras. Menurut Agustina *et al.* (2016) kandungan karbohidrat khususnya pati pada daluga mengandung 89,58% (bk), kandungan pati yang tinggi dapat berpotensi sebagai bahan baku pati resisten (*resistant of starch/RS*). Pati resisten ini dapat langsung menuju usus besar dan difermentasi oleh mikrobiota (Yao *et al.*, 2009). Secara alami kandungan RS pada setiap bahan pangan secara alami tergolong sangat rendah dan berbagai peningkatan kandungan RS pada bahan pangan dapat dilakukan dengan metode modifikasi secara fisik, kimia, enzimatik, dan biokimia.

Proses modifikasi fisik pada pati menjadi salah satu metode yang sering dilakukan karena tidak memerlukan bahan kimia dan prosesnya yang sederhana dibandingkan metode modifikasi lainnya (Huang *et al.*, 2016).

Heat Moisture Treatment atau HMT termasuk modifikasi sederhana dilakukan dengan mengkombinasikan antara kadar air (<35%) dan suhu pemanasan diatas suhu transisi gelas tetapi masih dibawah suhu gelatinisasi pada durasi waktu tertentu (Jacobs and Delcour 1998). Proses HMT, dapat menyebabkan sebagian pati mengalami gelatinisasi sehingga ketika didinginkan dapat terbentuk pati teretrogradasi. Menurut Tan *et al.* (2017) dan Chung *et al.* (2009), HMT menyebabkan peningkatan RS pada bahan pangan. Selain modifikasi fisik, kombinasi antar

modifikasi baik fisik, enzimatik, kimia, dan biokimia dilaporkan dapat meningkatkan RS pada bahan pangan. Faridah *et al.* (2013); Agustina *et al.* (2016) melaporkan terjadi peningkatan kandungan RS pada pati garut dan pati daluga hasil dari kombinasi modifikasi secara HMT.

Kombinasi modifikasi fisik dan enzimatik secara fermentasi menurut Jenie *et al.* (2012) dapat meningkatkan kandungan RS pada tepung pisang tanduk. Bakteri amilolitik yang menghidrolisis substrat pati dapat memproduksi enzim amilase, enzim pullulanase, dan asam laktat adalah *Lactobacillus plantarum* (Reddy *et al.* 2008). Aktivitas enzim amilase dan pullulanase dapat semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu fermentasi (Asha *et al.*, 2013). Enzim amilase yang diproduksi oleh *L. plantarum* menyebabkan terjadinya perubahan struktur granula pati menjadi semi kristal dan menurunkan suhu gelatinisasi. Nurhayati *et al.* (2014) melaporkan tepung pisang hasil fermentasi *L. salivarius* FShh1 dapat menghasilkan RS sebesar 28,88%. Agustina *et al.* (2016) melalui modifikasi hidrolisis asam, *debranching* dengan pullulanase, pemanasan-pendinginan bertekanan 1 siklus dan HMT dapat menghasilkan RS pada pati daluga sebesar 42,37%.

Informasi peningkatan RS pada pati telah banyak dilakukan, namun informasi modifikasi pada tepung masih sangat terbatas. Daluga melalui proses modifikasi dapat diolah menjadi tepung yang kaya RS. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi umbi daluga menjadi tepung dengan berbagai metode serta menganalisis karakteristik fisikokimia tepung daluga. Manfaatnya adalah dapat memberikan informasi modifikasi dalam rangka cara peningkatan RS. Hal ini sangat penting sebagai langkah awal pengembangan daluga sebagai pangan fungsional.

Materi dan Metode

Materi

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu umbi daluga yang diperoleh dari Kepulauan Siau, Manado, Sulawesi Utara. Bahan kimia yang digunakan antara lain enzim pepsin (Sigma, US), enzim α -amilase (Sigma, US), enzim amiloglukosidase (Sigma, US), buffer fosfat pH 6, amilosa, asam sulfat pekat, akuades, buffer sodium asetat pH 4,75, asam asetat, larutan Iod, larutan fenol 5%, HCl pekat, etanol 95%, aseton, NaCl, NaOH, buffer KCl-HCl pH 1,5, KOH 4 M, dan kertas saring Whatman No 42.

Peralatan yang digunakan terdiri dari alat pemotong (*slicer*), oven, autoklaf MC 40 (ALP Co., Ltd, Jepang), *pin disc mill*, ayakan 80 mesh, inkubator goyang, *waterbath*, sentrifus, neraca analitik, pH meter, *hot plate*, vorteks, spektrofotometer HITACHI U-2900 (Hitachi, Jepang), desikator, refrigerator 4°C SJ-F190M-TSK (Sharp, Indonesia).

Modifikasi Daluga

Pada daluga yang tanpa perlakuan (TD), irisan daluga dengan ketebalan ± 5 mm direndam dalam NaCl 1% selama 60 menit yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan kristal oksalat pada daluga.

Setelah proses perendaman, irisan daluga dipisahkan dari larutan dan dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali yang kemudian ditiriskan. Irisan daluga kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven (70°C, 16 jam) hingga mencapai kadar air $\pm 12\%$, kemudian ditepungkan dengan *pin disc mill* 80 mesh.

Modifikasi HMT pada daluga dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu oven selama 16 jam suhu 100°C (Amadou *et al.*, 2013) dan autoklaf 60 menit suhu 121°C (Lehmann *et al.*, 2002). Pada perlakuan modifikasi HMT 16 jam dengan oven (TD-HMT oven), sebanyak 250 g irisan daluga dimasukkan dalam plastik HDPE dan disimpan selama semalam pada suhu 4°C. Perlakuan modifikasi ini dilakukan menggunakan oven selama 16 jam. Pada perlakuan HMT 60 menit dengan autoklaf (TD-HMT autoklaf), sebanyak 250 g irisan daluga dimasukkan dalam plastik HDPE dan disimpan selama semalam pada suhu ruang. Proses modifikasi daluga dilakukan dengan autoklaf, yang selanjutnya dikeringkan dengan *tray dryer* bersuhu 50°C selama 5 jam. Kedua sampel modifikasi HMT tersebut selanjutnya dilakukan dihaluskan dan diayak dengan menggunakan saringan berukuran 80 mesh.

Pada perlakuan HMT dan fermentasi BAL dilakukan sesuai dengan prosedur dari Setiarto *et al.* (2015) dengan modifikasi. Sebanyak 250 g irisan daluga direndam dalam larutan etanol 80% selama 30 menit. Setelah itu, dicuci dengan akuades steril sebanyak 3 kali. Proses selanjutnya irisan daluga difermentasi dengan starter *L. plantarum* BSL dengan populasi 10^8 CFU/ml pada suhu 37°C dengan lama fermentasi 18 jam. Irisan daluga yang sudah difermentasi lalu dipisahkan dari cairan fermentasi. Tahap selanjutnya dilakukan modifikasi dengan HMT cara autoklaf. Irisan daluga yang telah mendapat perlakuan HMT kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 5 jam. Sampel dihaluskan dan diayak 80 mesh (selanjutnya disebut TD-F-HMT).

Analisis Karakteristik Fisikokimia Tepung Daluga

Karakteristik fisikokimia tepung daluga hasil modifikasi dianalisis kadar serat pangan (AOAC, 2012), kadar amilosa (IRRI, 1978), kadar pati resisten (Goni *et al.*, 1996), dan analisis profil gelatinisasinya (*Rapid Visco Analysis/RVA*) (Klein *et al.*, 2013).

Analisis statistik

Data dianalisis menggunakan analisis keragaman (ANOVA). Jika terdapat perbedaan nyata secara signifikan maka dilanjutkan dengan uji Duncan pada level 95% ($\alpha = 0,05$). Data diolah menggunakan perangkat lunak SPSS 22.0.

Hasil dan Pembahasan

Komposisi Kimia Tepung Daluga Alami

Berdasarkan hasil analisis, umbi daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) memiliki kandungan karbohidrat sebesar 83,55% dan pati daluga sebesar 99,47% (Tabel 1). Hasil analisis tidak berbeda jauh dengan tepung talas (85,09%) dan pati talas (98,48%) (Setiarto *et al.*, 2018; Deka *et al.*, 2016). Selain

kandungan karbohidrat yang tinggi, tepung daluga mengandung protein, lemak, dan abu masing-masing sebesar 6,93; 0,15; dan 3,75% (lebih tinggi dibandingkan pati daluga). Pati daluga diperoleh dengan proses ekstraksi yang dilanjutkan dengan perendaman dan pengeringan, proses ekstraksi dan perendaman dapat menyebabkan pengurangan dan hilangnya protein dan komponen lainnya. Punctaarnon and Dudsadee (2013) mengungkapkan kandungan protein pada pati beras (yaitu sebesar 0,38%), dinilai jauh lebih rendah dibandingkan protein pada tepung beras (yaitu sebesar 6,22%). Kemurnian pati saat diisolasi ditandai dengan berkurangnya komponen protein dan abu (Zhu *et al.*, 2010). Masyarakat sekitar Kepulauan Siau menjadikan daluga sebagai pengganti makanan pokok oleh karena tingginya kandungan karbohidrat pada daluga yang berpotensi dijadikan sebagai bahan baku tepung yang kaya RS sehingga juga dapat meningkatkan nilai produk pangan fungsional.

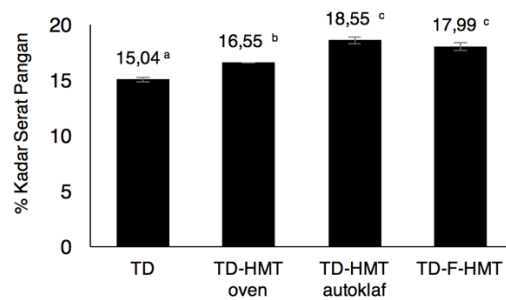
Tabel 1. Komposisi kimia umbi daluga (dalam %bk)

Komposisi	Kadar
Kadar air	5,61±0,23
Kadar abu	3,75±0,00
Lemak	0,15±0,02
Protein	6,93±0,06
Karbohidrat	83,55±0,31

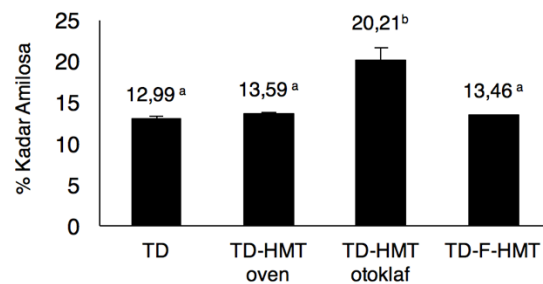
Kadar Serat Pangan

Hasil analisis kadar serat pangan produk TD-HMT autoklaf yaitu sebesar 18,55%, yang dinilai tidak berbeda nyata dengan TD-F-HMT (yaitu sebesar 17,99%) tetapi keduanya berbeda nyata dengan produk TD-HMT oven (yaitu sebesar 16,55%) dan TD (yaitu sebesar 15,04%) sebagaimana tampil pada Figur 1. Perubahan kandungan serat pangan pada tepung daluga modifikasi disebabkan karena adanya perlakuan autoklaf. HMT dengan autoklaf dan oven dapat meningkatkan kadar serat pangan tepung daluga. Pemilihan perlakuan HMT 60 menit dan HMT 16 jam dilakukan berdasarkan pada penelitian lain. Amadou *et al.* (2013) melalui fermentasi *L. paracasei* Fn032 dan HMT 16 jam pada tepung jawawut (*Setaria italica*) dapat meningkatkan RS hingga 3 kali lipat, sedangkan pati pisang yang diberi perlakuan HMT 60 menit meningkatkan RS hingga 13 kali lipat (Lehmann *et al.*, 2002). Peningkatan kadar serat pangan pada tepung daluga modifikasi diduga karena pati resisten ikut terukur sebagai bagian dari serat pangan tidak larut. Menurut Sajilata *et al.* (2006) RS merupakan serat pangan tidak larut namun memiliki fungsi fisiologis yang sama dengan serat pangan larut. Trung *et al.* (2017) melaporkan bahwa kandungan RS pada kentang manis dapat meningkat 30,6-39,3% setelah diberi perlakuan HMT. Chung *et al.* (2009) melaporkan bahwa pada proses HMT, terjadi interaksi antara amilosa-amilosa sehingga membentuk struktur yang kuat. Banyaknya rantai pendek yang terbentuk memudahkan terjadinya proses retrogradasi yang membentuk struktur yang baru dan lebih stabil (Jenie *et al.*, 2012).

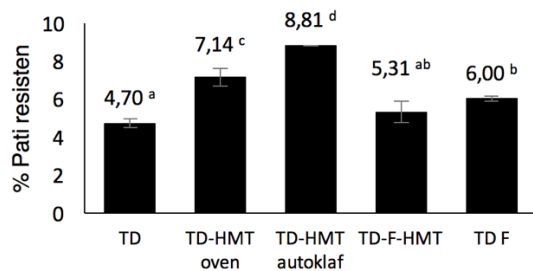
Menurut Kartikasari *et al.* (2016) proses fermentasi menghasilkan enzim amilase yang menghidrolisis rantai linier pada amilosa maupun rantai linier amilopektin menjadi fraksi lebih pendek. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses fermentasi yang dikombinasikan dengan HMT tidak berpengaruh terhadap peningkatan kadar serat pangan. Pada penelitian ini, belum dilakukan tahap pengujian aktivitas enzim amilase sehingga belum dapat diketahui berapa banyak pati yang dapat terhidrolisis oleh enzim tersebut.



Figur 1. Kadar serat pangan dari tepung daluga hasil modifikasi.



Figur 2. Kadar amilosa pada dari tepung daluga hasil modifikasi.



Figur 3. Kadar pati resisten dari tepung daluga hasil modifikasi.

Keterangan Figur 1-3: TD = tepung daluga, TD-HMT = HMT dengan oven, TD-HMT autoklaf = HMT dengan autoklaf, TD-F-HMT = HMT dengan perlakuan tambahan fermentasi. Huruf yang sama pada gambar menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata $p < 0,05$

Kadar Amilosa

Berdasarkan hasil analisis tepung daluga hasil modifikasi TD-HMT oven (yaitu sebesar 13,59%) dan TD-F-HMT (yaitu sebesar 13,46%), dinilai tidak berbeda nyata dengan hasil perlakuan TD (yaitu sebesar 12,99%), namun berbeda nyata dengan hasil perlakuan TD-HMT autoklaf (yaitu sebesar 20,21%) sebagaimana tampil pada Figur 2. Perlakuan TD-HMT autoklaf memberikan kadar amilosa tertinggi dan sangat berpengaruh terhadap peningkatan kadar amilosa.

Diketahui autoklaf memiliki suhu dan tekanan yang tinggi menyebabkan hidrolisis rantai linier amilosa dan rantai percabangan α -1,6 bagian luar amilopektin menjadi fraksi linier yang lebih pendek. Agustina *et al.* (2016) melaporkan pati daluga modifikasi dengan menggunakan autoklaf dan HMT memiliki kandungan amilosa berkisar antara 39,89% hingga 72,48%, dan nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan tepung daluga. Untuk meningkatkan kadar amilosa pada tepung daluga diduga memerlukan suhu atau waktu pemanasan autoklaf yang lebih tinggi dibandingkan dengan patinya. Sun *et al.* (2013) melaporkan beras *indica* yang diperlakukan dengan HMT (110°C selama 7 jam) dapat meningkat kadar amilosanya dari 25,2% hingga 30,6%. Pati kacang hijau yang diperlakukan dengan HMT 120°C selama 12 jam, dapat menghasilkan kadar amilosa sebesar 35% (Li *et al.*, 2011). Modifikasi pati dapat menyebabkan penurunan fraksi amilopektin dan peningkatan fraksi amilosa (Faridah *et al.*, 2013).

Hasil yang berbeda ditunjukkan pada perlakuan HMT dengan menggunakan oven dan fermentasi BAL yang dilanjutkan dengan perlakuan HMT yang ternyata tidak berpengaruh terhadap peningkatan kadar amilosa. Deka *et al.* (2016) melaporkan kadar air, suhu, lama pemanasan, dan sumber pati merupakan faktor yang berpengaruh terhadap variasi peningkatan kadar amilosa selama proses modifikasi. Pada saat proses fermentasi, terjadi hidrolisis pati oleh enzim amilase menjadi fraksi rantai linier lebih pendek, dengan adanya HMT fraksi linier rantai pendek, amilosa mengalami pemotongan lebih lanjut sehingga pada saat pengujian tidak terdeteksi sebagai amilosa tetapi diduga sebagai gula pereduksi.

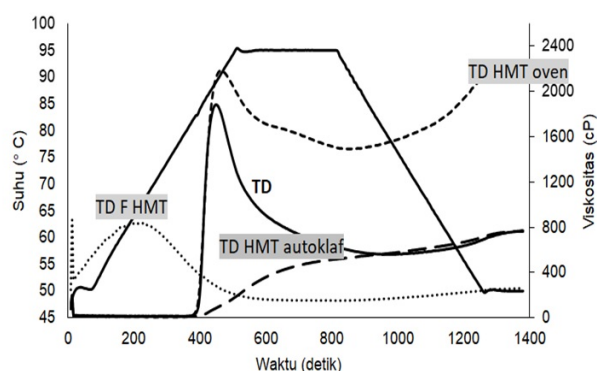
Kadar Pati Resisten

Berdasarkan hasil analisis, perlakuan TD-F-HMT tidak berpengaruh nyata terhadap RS (Figur 3). Namun, perlakuan TD-HMT oven dan TD-HMT autoklaf memberikan pengaruh nyata terhadap RS. Perlakuan TD-HMT autoklaf menghasilkan peningkatan RS sebesar 2 kali lipat dari TD. Proses fermentasi dengan *L. plantarum* BSL dilakukan selama 18 jam, diduga dapat menghasilkan lebih banyak gula sederhana yang dapat menghambat proses retrogradasi. Akibatnya kadar RS yang dihasilkan dari modifikasi fermentasi dan HMT menjadi lebih rendah. Faktor internal pada tepung yang memiliki komponen serat pangan, lemak dan protein yang lebih tinggi, dapat memberikan pengaruh pada proses gelatinisasi selama pemanasan. Peningkatan suhu pemanasan pada tepung perlu dilakukan agar proses gelatinisasi terjadi sempurna.

Peningkatan nilai kadar pati resisten terjadi pada tepung daluga hasil modifikasi. Hal ini disebabkan adanya proses pemanasan pada suhu tinggi yang menyebabkan suspensi pati mengalami gelatinisasi, yang akhirnya menimbulkan diasosiasi *double helix* dari amilopektin, peluruhan (*melting*) dari kristalit serta pelepasan amilosa dari granulanya (*amylose leaching*) (Sajilata *et al.*, 2006; Zaragoza *et al.*, 2010). Gunaratne dan Hoover (2002) melaporkan perlakuan HMT dapat menyebabkan interaksi antara amilosa dengan amilosa

atau rantai amilopektin dan amilosa. Banyaknya jumlah rantai pendek memudahkan terjadinya proses retrogradasi. Kadar pati resisten berkorelasi positif dengan kadar amilosa, yang artinya semakin tinggi kadar amilosa maka kadar pati resisten juga semakin meningkat dan begitupun sebaliknya. Hal serupa juga dilaporkan oleh Pratiwi *et al.* (2017) bahwa HMT dapat berpengaruh terhadap perubahan struktur pati yang berkaitan dengan produksi pati resisten.

Beberapa penelitian modifikasi pati dalam meningkatkan RS telah banyak dilakukan. Hung *et al.* (2016) melaporkan pati beras dengan kombinasi perlakuan asam dan HMT memiliki kadar RS sebesar 30,1–39%. Amadou *et al.* (2013) kombinasi fermentasi dan HMT pada tepung jewawut menghasilkan RS dari 7,16% menjadi 22,68%. Perlakuan HMT terbukti meningkatkan RS tanpa mengganggu struktur granula pati (Zavareze and Dias 2011).



Figur 4. Profil gelatinisasi dari tepung daluga hasil perlakuan modifikasi

Profil Gelatinisasi

Profil gelatinisasi dengan menggunakan RVA, yaitu suhu gelatinisasi, puncak viskositas, *setback*, dan *breakdown*, yang disajikan pada Figur 4. Viskositas puncak pada tepung daluga hasil modifikasi, berkisar antara 448–2290 Cp, dan lebih tinggi dibandingkan tepung daluga tanpa perlakuan. Nilai tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan viskositas puncak pati garut tanpa modifikasi, yaitu sebesar 2715 cP (Faridah *et al.*, 2014). Amadou *et al.* (2013) melaporkan viskositas puncak tepung jewawut hasil HMT selama 16 jam menghasilkan viskositas puncak yang lebih tinggi dibanding tepung asalnya. Penggunaan HMT autoklaf menyebabkan penurunan viskositas puncak pada tepung daluga. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Pukkahuta *et al.* (2008) dimana proses HMT autoklaf dapat menurunkan viskositas puncak pada pati jagung. Panas dan tekanan selama pemanasan menyebabkan terjadi proses degradasi dari amilosa dan amilopektin rantai cabang luar menjadi rantai pendek dan menyebabkan retrogradasi. Kombinasi perlakuan HMT-fermentasi menunjukkan nilai viskositas puncak yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung daluga alami, hal ini disebabkan terjadinya penurunan kadar amilosa dan kemungkinan selama proses fermentasi terjadi

degradasi pati menjadi molekul yang lebih kecil sehingga viskositasnya menjadi lebih rendah.

Nilai *breakdown* pada profil gelatinisasi menunjukkan kestabilan bahan pangan selama pemanasan. Zavareze and Dias (2011) melaporkan stabilitas pati selama pemanasan dan agitasi setelah proses HMT ditunjukkan dengan adanya penurunan *breakdown*. Hal ini disebabkan meningkatnya pembentukan ikatan amilosa dengan amilosa, dan amilopektin membentuk struktur yang lebih kompak dan stabil sehingga menurunkan pembengkakan granula pati (Klein *et al.*, 2013). Tepung daluga dan modifikasinya memiliki nilai *breakdown* berkisar antara 637–726 cP dan cenderung mengalami penurunan. Pada penelitian ini modifikasi HMT oven memiliki nilai *breakdown* yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung daluga tanpa perlakuan sehingga modifikasi HMT oven memiliki karakteristik lebih tahan pemanasan dibandingkan yang tanpa perlakuan.

Kesimpulan

Perlakuan modifikasi HMT dengan cara autoklaf dan oven serta perakuan dengan fermentasi oleh *L. plantarum* BSL dapat meningkatkan kadar serat pangan, pati resisten, dan amilosa. Perlakuan modifikasi pada daluga juga menyebabkan perubahan sifat fisik pada tepung daluga. Perlakuan modifikasi HMT oven menghasilkan nilai viskositas maksimum yang tinggi dan tahan terhadap proses pemanasan. Perlakuan modifikasi HMT autoklaf dan fermentasi HMT dapat menurunkan viskositas dan suhu gelatinisasi.

Daftar Pustaka

- Agustina, Faridah, D.N., Jenie B.S.L. 2016. Pengaruh retrogradasi dan perlakuan kelembaban panas terhadap kadar pati resisten tipe 3 daluga. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 27:78-86. DOI: 10.6066/jtip.2016.27.1.78.
- Amadou, I., Gounga, M.E., Shi, Y.H., Le, G.W. 2013. Fermentation and heat moisture treatment induced changes on the physicochemical properties of foxtail millet (*Setaria italica*) flour. *Food and Bioproduct Processing* 92:38-45. DOI: 10.1016/j.fbp.2013.07.009.
- AOAC. 2012. Official methods of analysis of the association agricultural chemists. 10th Ed. Washington DC.
- Asha, R., Niyonzima, F.N., Sunil, S.M. 2013. Purification and properties of pullulanase from *Bacillus halodurans*. *International Research Journal of Biological Sciences* 2:35-43.
- Chung, H.J., Liu, Q., Hoover, R. 2009. 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. *Carbohydrate Polymers* 75:436-447. DOI: 10.1016/j.carbpol.2008.08.006.
- Deka, D., Sit, N. 2016. Dual modification of taro starch by microwave and other heat moisture treatments. *International Journal of Biological Macromolecules* 92:416-422. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.07.040.
- Faridah, D.N., Ferdiaz, D., Andarwulan, N., Sunarti, T.C. 2010. Perubahan struktur pati garut (*Marantha arundinacea*) sebagai akibat modifikasi hidrolisis asam, pemotongan titik percabangan dan siklus pemanasan-pendinginan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 21 (2): 135-142.
- Faridah, D.N., Ferdiaz, D., Andarwulan, N., Sunarti, T.C. 2014. Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Marantha arundinacea*). *Agritech* 34 (1): 14-21. DOI: 10.22146/agritech.9517.
- Faridah, D.N., Rahayu, W.P., Apriyadi, M.S. 2013. Modifikasi pati garut (*Marantha arundinacea*) dengan perlakuan hidrolisis asam dan siklus pemanasan pendinginan untuk menghasilkan pati resisten tipe 3. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 23:61-69.
- Goñi, I., Garcia-Diz, L., Mañas, E., Saura-Calixto, F. 1996. Analysis of resistant starch: A method for foods and food products. *Journal Food Chemistry* 56:445-449. DOI: 10.1016/0308-8146(95)00222-7.
- Gunaratne, A., Hoover, R. 2002. Effect of heat moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers* 49:425-437. DOI: 10.1016/S0144-8617(01)00354-X.
- Hung, P.V., Vien, N.L., Phi, N.T.L. 2016. Resistant starch improvement of rice starches under a combination of acid and heat moisture treatments. *Food Chemistry* 191:67-73. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.02.002.
- [IRRI] International Rice research Institute. 1978. Rice Research and Production in China: An IRRI Team's View. Los Banos (PH).
- Jacobs, H., Delcour, J.A. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch with retention of the granular structure: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:2895-2905. DOI: 10.1021/jf980169k.
- Jenie, B.S.L., Putra, R.P., Kusnandar, F. 2012. Fermentasi kultur campuran bakteri asam laktat dan pemanasan autoklaf dalam meningkatkan kadar RS dan sifat fungsional tepung pisang tanduk (*Musa parasidiaca formatypica*). *Jurnal Pascapanen* 9:18-26. DOI: 10.21082/jpasca.v9n1.2012.18-26.
- Kartikasari, S.N., Sari, P., Subagio, A. 2016. Karakteristik sifat kimia, profil amilografi (RVA) dan morfologi granula (SEM) pati singkong termodifikasi secara biologi. *Jurnal Agroteknologi* 10(1): 12-24.
- Klein, B., Pinto, V.Z., Vanier, N.L., Zavareze, E.R., Colussi, R., Evangelho, J.A., Gutkosko, L.C., Dias, A.R.G. 2013. Effect of single and dual heat moisture treatments on properties of rice, cassava, and pinhao starches. *Carbohydrate Polymers* 98: 578-1584. DOI: 10.1016/j.carbpol. 2013.07.036.
- Lehmann U., Jacobasch G., Schmiedl D. (2002). Characterization of Resistant Starch Type

- III from Banana (*Musa acuminata*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(18):5236–5240. DOI:10.1021/jf0203390.
- Li, S., Ward, R., Gao, Q. 2011. Effect of heat moisture treatment on the formation and physicochemical properties of resistant starch from mung bean (*Phaseols radiatus*) starch. *Food Hydrocolloids* 25:1702-1709. DOI:10.1016/j.foodhyd.2011.03.009.
- Nurhayati, Jenie, B.S.L., Widowati, S., Kusumaningrum, H.D. 2014. Komposisi kimia dan kristalinitas tepung pisang termodifikasi secara fermentasi spontan dan siklus pemanasan bertekanan pendinginan. *Agritech* 34:146–150. DOI:10.22146/agritech.9504.
- Pratiwi, M., Faridah, D.N., Lioe, H.N. 2017. Structural changes to starch after acid hydrolysis, debranching, autoclaving-cooling cycles, and heat moisture treatment (HMT): a review. *Starch* 20:1-2. DOI:10.1002/star.201700028.
- Pukkahuta, C., Suwannawat, B., Shobsngob, S., Varavinit, S. 2008. Comparative study of pasting and thermal transition characteristics of osmotic pressure and heat moisture treated corn starch. *Carbohydrate Polymers* 72: 527-536. DOI:10.1016/j.carbpol.2007.09.024.
- Puncha-arnon, S., Dudsadee, U. 2013. Rice starch vs rice flour: differences in their properties when modified by heat moisture treatment. *Carbohydrate Polymers* 91:85–91. DOI:10.1016/j.carbpol.2012.08.006.
- Reddy, G., Altaf, M.D., Naveena, B.J., Venkateshwar, M., Kumar, E.V. 2008. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation-a review. *Biotechnology Advances* 26:22–34. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2007.07.004.
- Sajilata, M.G., Rekha, S.S., Puspha, R.K. 2006. Resistant starch: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5:1-17. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x.
- Setiarto, R.H.B., Sri, B., Jenie, B.S.L., Faridah, D.N., Saskiawan, I. 2015. Selection of amylase and pullulanase producing lactic acid bacteria and its application on taro fermentation. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 26:80–89. DOI: 10.6066/jtip.2015.26.1.80.
- Setiarto, R.H.B., Jenie, B.S.L., Faridah, D.N., Saskiawan, I., Sulistiani. 2018. Effect of lactic acid bacteria fermentation and autoclaving-cooling for resistant starch and prebiotic properties of modified taro flour. *International Food Research Journal* 25(4): 1691-1697.
- Sun, Q., Wang, T., Xiong, L., Zhao, Y. 2013. The effect of heat moisture treatment on physicochemical properties of early indica rice. *Food Chemistry* 141:853-857. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.03.077.
- Tan, X., Li, X., Chen, L., Xie, F., Li, L., Huang, J. 2017. Effect of heat moisture treatment on multiscale structures and physicochemical properties of breadfruit starch. *Carbohydrate Polymers* 161:286-294. DOI:10.1016/j.carbpol.2017.01.029.
- Trung, P.T.B., Ngoc, L.B.B., Hoa, P.N., Tien, N.N.T., Hung, P.V. 2017. Impact of heat moisture and annealing treatments on physicochemical properties and digestibility of starches from different colored sweet potato varieties. *International Journal of Biological Macromolecules* 105:1071-1078. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2017.07.131.
- Yao, N., Paez, A.V., White, P.J. 2009. Structure and function of starch and resistant starch from corn with different doses of mutant amylose-extender and floury-1 alleles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57:2040–2048. DOI: 10.1021/jf8033682.
- Zaragoza, E.F., Riquelme, N.M.J., Sachedz, Z.E., Perez-Alvarez, A.J.A. 2010. Resistant starch as functional ingredient: a review. *Food Research International* 43:931-942. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.02.004.
- Zavareze, E.R., Dias, A.R.G. 2011. Impact of heat moisture treatment and annealing in starches: A review. *Carbohydrate Polymers* 83:317–328. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.08.064.
- Zhu, L.J., Liu, Q.Q., Sang, Y., Gu, M.H., Shi, Y.C. 2010. Underlying reasons for waxy rice flours having different pasting properties. *Food Chemistry* 120:94-100. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.076.