

Karakteristik Fisikokimia Tepung Singkong dengan Beberapa Metode Modifikasi

Physicochemical Characteristics of Cassava Flour with Several Modification Methods

Bella Dwi Pasca¹⁾, Tjahja Muhandri^{2,3)*}, Dase Hunaefi^{2,3)}, dan Budi Nurtama²⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

³⁾ South East Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, IPB University, Bogor

Abstract. *The limited use of cassava for industrial purposes encourages the development of various derivative products from cassava including cassava flour. However, cassava flour has unfavorable characteristics when used directly as raw material for food products so it must be modified. The aims of this study were to modify cassava flour, and to identify characteristic from several modified cassava flour. The cassava variety used was cimanggu. This study used completely randomized design (CRD) with three treatments of modification, each in triplicate. The modification methods used were spontaneous fermentation of cassava flour suspension for 36 hours (TSFS), fermentation of sliced cassava for 48 hours (TG), and heat moisture treatment of cassava flour at moisture content of 20% with temperature of 121°C for 15 minutes (TS HMT). The modified cassava flour was dried, then analyzed for amylose content, whiteness index, and pasting properties. The results showed that TSFS modification increased amylose content and pasting temperature, but it decreased the breakdown viscosity. TG modification increased the amylose content, whiteness index, viscosity (peak, final, setback), and pasting temperature, but it decreased breakdown viscosity. TS HMT modification increased pasting temperature, but it decreased viscosity (peak, breakdown, final, setback) and whiteness index.*

Keywords: *cassava, heat moisture treatment, modification, spontaneous fermentation*

Abstrak. Penggunaan singkong yang masih terbatas untuk keperluan industri mendorong dikembangkan berbagai produk turunan dari singkong di antaranya berupa tepung singkong. Namun demikian, tepung singkong memiliki karakteristik yang kurang baik bila langsung digunakan sebagai bahan baku produk pangan, sehingga perlu dilakukan dimodifikasi terlebih dahulu. Tujuan penelitian ini adalah melakukan modifikasi terhadap tepung singkong dan mengidentifikasi karakteristik berbagai tepung singkong hasil modifikasi. Varietas singkong yang digunakan adalah cimanggu. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan modifikasi yang masing-masing diulang sebanyak tiga ulangan. Modifikasi pada penelitian ini adalah fermentasi spontan terhadap suspensi tepung singkong selama 36 jam (TS Fermentasi), fermentasi potongan singkong selama 48 jam (TG), dan *heat moisture treatment* tepung singkong pada kondisi kadar air 20% pada suhu 121°C selama 15 menit (TS HMT). Tepung singkong hasil modifikasi dikeringkan, kemudian dianalisis kadar amilosa, derajat putih, dan *pasting properties*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi TS Fermentasi dapat meningkatkan kadar amilosa dan suhu awal pasting, namun menurunkan viskositas *breakdown*. Modifikasi TG dapat meningkatkan kadar amilosa, derajat putih, viskositas (puncak, akhir, dan *setback*), dan suhu awal pasting namun menurunkan viskositas *breakdown*. Modifikasi TS HMT dapat meningkatkan suhu awal pasting dan menurunkan viskositas (puncak, *breakdown*, akhir, *setback*) serta derajat putih.

Kata kunci: fermentasi spontan, *heat moisture treatment*, modifikasi, singkong

Aplikasi Praktis. Penelitian ini memberikan informasi tentang perbedaan karakteristik dari masing-masing tepung singkong, baik tepung singkong alami maupun tepung singkong termodifikasi. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai pertimbangan pendirian usaha pengolahan tepung singkong termodifikasi. Hasil penelitian juga dapat menjadi pertimbangan dalam penggunaan bahan baku tepung singkong pada pengembangan usaha pengolahan mi, *cake*, *cookies*, dan produk pangan lainnya yang berbahan baku tepung.

PENDAHULUAN

Singkong merupakan sumber pangan tinggi karbohidrat yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Singkong sangat mudah ditanam di negara beriklim tropis termasuk Indonesia dan tidak memerlukan pemeliharaan yang sulit (Ariani *et al.* 2016). Pemanfaatan singkong selama ini adalah untuk dikonsumsi langsung ataupun dalam bentuk pati sebagai bahan pengikat, pengental, dan *structure enhancers* dalam pangan (Dudu *et al.* 2018). Belum banyak penelitian yang menunjukkan pemanfaatan singkong dalam bentuk tepung padahal tepung dapat diaplikasikan secara lebih luas dalam pengolahan berbagai produk pangan dibandingkan pati (Hidayat *et al.* 2009).

Pemanfaatan singkong dalam bentuk tepung terkendala dengan karakteristik tepung singkong alami yang memiliki viskositas puncak yang rendah, suhu pasting yang rendah, dan tidak tahan terhadap suhu tinggi (Husniati dan Widhyastuti 2013). Tepung singkong alami juga mengandung kadar amilosa yang rendah berkisar antara 20.34-21.73% (Titi *et al.* 2011). Kekurangan karakteristik tersebut menjadikan tepung singkong tidak dapat digunakan dalam pengolahan pada beberapa produk pangan sehingga perlu dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan (Fitria *et al.* 2018).

Modifikasi tepung singkong dapat dilakukan secara biologi dan fisik. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa modifikasi secara biologi (fermentasi) dapat mengubah karakteristik tepung alami. Seperti pada tepung singkong yang difermentasi dengan bakteri asam laktat dalam jangka waktu tertentu, menyebabkan perubahan struktur pati dari kristalin menjadi lebih porus (*amorf*) yang akan meningkatkan kemampuan pelepasan amilosa dan menurunkan suhu pasting (Edam 2017). Produk tepung lain yang dimodifikasi dengan cara fermentasi adalah tepung gapek. Selama ini, belum banyak penelitian tentang karakteristik tepung gapek khususnya yang dibuat secara empiris oleh masyarakat Kabupaten Ponorogo Jawa Timur. Pembuatan tepung gapek pada masyarakat tersebut adalah dengan cara mengeringkan potongan singkong lalu difermentasi secara spontan dengan direndam air selama semalam. Potongan tersebut dikeringkan kembali dan dibuat dalam bentuk tepung. Tepung gapek tersebut dipercaya menghasilkan produk olahan yang lebih renyah dibandingkan dengan tepung alami dan menghasilkan tepung gapek dengan warna yang lebih cerah dibandingkan tepung gapek yang banyak beredar dimasyarakat.

Modifikasi tepung singkong secara fisik yang memungkinkan untuk memperbaiki karakteristik fisikokimia tepung adalah dengan *heat moisture treatment* (HMT). Modifikasi dilakukan dengan cara memberikan perlakuan panas (T 100°C) pada pati dengan kadar air (25%) selama waktu tertentu (10 jam), yang dapat mengubah karakteristik tepung di antaranya terjadi peningkatan viskositas dan suhu awal pasting dibandingkan pati alami (Chatpapamon *et al.* 2019). Perla-

kuan HMT yang diberikan pada tepung maupun pati juga dapat meningkatkan kadar amilosa tepung dari 22.99 menjadi 29% (Widowati *et al.* 2014) dan meningkatkan *swelling power* dari 15.57 menjadi 21.62 g/g (Dudu *et al.* 2019).

Pemanfaatan tepung singkong alami terkendala oleh karakteristik yang masih belum sesuai dengan kebutuhan aplikasi pada produk pangan. Oleh karena itu, tepung singkong alami perlu dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan modifikasi tepung singkong dan mengidentifikasi terjadinya perubahan karakteristik berbagai tepung singkong hasil modifikasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini dilakukan pada tanggal bulan November 2020 hingga 8 April 2021 yang bertempat di Laboratorium *Pilot Plant* dan Laboratorium Kimia Pangan, Gedung PAU, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University. Bahan yang digunakan untuk pembuatan tepung singkong adalah singkong segar (*Manihot esculenta*) yang banyak ditemukan di daerah Bogor yaitu varietas cimanggu berumur 8–10 bulan yang dipanen langsung dari Kebun Desa Cikarawang (Bogor), kemasan plastik *polypropylene*, akuades, air mineral, dan kemasan *retort pouch*. Bahan yang digunakan untuk analisis adalah akuades, standar amilosa kentang (Sigma, USA), etanol 95%, NaOH 1 M, asam asetat 1 M, dan larutan I-KI 2% yang dibuat dari kalium iodida dan yodium.

Alat yang digunakan untuk pembuatan tepung singkong adalah timbangan (Excellent, Indonesia), *fluidized bed drier*, *blender* (Philips, Indonesia), *slicer*, oven pengering (Cascade TEK, USA), autoklaf, refrigerator, pengayak 40 dan 80 mesh, serta beberapa alat bantu pengolahan lainnya. Instrumen yang digunakan dalam analisis adalah *chromameter* (Konica Minolta CR-310, USA), spektrofotometer UV-Vis (Thermo Fisher Scientific model 4001/4, USA), *rapid visco analyzer* (RVA) (Perten model TecMaster, Swedia), alat-alat gelas, *water bath*, neraca analitik, dan *stop watch*.

Pembuatan tepung singkong alami

Singkong segar dikupas kulitnya lalu dicuci bersih di bawah air mengalir. Singkong disikat untuk menghilangkan lendir yang menempel, dan diiris menggunakan *slicer*. Irisan singkong kemudian dikeringkan menggunakan *fluidized bed drier* pada suhu 43°C selama 2.5 jam (per berat 500 g) hingga menjadi *chips* yang mudah dipatahkan. *Chips* singkong yang telah kering, kemudian digiling menggunakan *blender* dan selanjutnya diayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh. Tepung singkong alami (TS Alami) ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan tepung singkong termodifikasi dengan fermentasi spontan dan *heat moisture treatment* (HMT).

Pembuatan tepung singkong termodifikasi dengan fermentasi spontan (Rambadiana 2019)

TS Alami difermentasi dengan cara membuat suspensi terlebih dahulu. Tepung singkong dilarutkan dalam air pada perbandingan 1:2 (b/v) yaitu 50 g tepung: 100 mL air (per gelas fermentasi ukuran 16oz). Suspensi tepung singkong dimasukkan ke dalam wadah yang terdiri atas dua gelas yang disusun (ditumpuk). Gelas pada posisi atas dilubangi pada bagian bawahnya. Gelas tersebut dilapisi kain blacu dengan cara diikat dengan karet gelang agar posisi tidak berubah. Kain blacu yang digunakan telah direndam sebelumnya dengan air mendidih selama 5 menit. Gelas pada posisi bawah tidak dilubangi karena digunakan sebagai wadah untuk menampung air yang menetes dari suspensi tepung pada gelas yang posisinya di atas.

Gelas-gelas fermentasi tersebut disimpan di dalam keranjang dan pada bagian atas keranjang ditutupi kain untuk mencegah kontaminasi fisik yang tidak diinginkan. Suspensi tepung tersebut difermentasi selama 36 jam pada kondisi suhu ruang ($\pm 20-25^{\circ}\text{C}$). Air yang tertampung pada gelas di posisi bawah dibuang setiap hari.

Endapan tepung singkong terfermentasi dikeluarkan dari gelas di posisi atas dan diratakan di atas loyang yang telah dilapisi *aluminum foil*. Endapan tersebut kemudian dikeringkan menggunakan oven pengering pada suhu 48°C selama 6 jam. Tepung singkong hasil pengeringan selanjutnya dihaluskan menggunakan *blender* dan diayak dengan ayakan 80 mesh, dan diperoleh tepung singkong termodifikasi dengan fermentasi spontan (TS Fermentasi). TS Fermentasi selanjutnya dikemas di dalam kemasan plastik *polypropylene*.

Pembuatan tepung singkong termodifikasi dengan heat moisture treatment (Syahbanu 2015 dengan modifikasi)

TS Alami alami dikondisikan hingga mencapai kadar air 20% (b/b) dengan cara tepung tersebut dimasukkan ke dalam wadah lalu disemprotkan akuades secara merata sambil diaduk. Akuades yang disemprotkan ditentukan jumlahnya dengan cara dihitung menggunakan rumus neraca massa pada Persamaan 1.

$$(100\% - \text{KA}_1) \times \text{BP}_1 = (100\% - \text{KA}_2) \times \text{BP}_2 \dots\dots\dots (1)$$

dimana, KA_1 = kadar air kondisi awal (%b/b); KA_2 = kadar air tepung yang diinginkan (%b/b); BP_1 = bobot tepung kondisi awal; BP_2 = bobot tepung setelah mencapai KA_2

TS Alami basah yang telah mencapai kadar air 20% (b/b) selanjutnya dimasukkan ke dalam kemasan *retourt pouch* dan kemudian dikelim menggunakan *vacuum sealer*. Tepung basah yang telah dikemas dimasukkan ke dalam refrigerator (suhu 4°C) selama 24 jam untuk penyeragaman kadar air. Tepung tersebut diberi perlakuan HMT dengan cara dipanaskan di dalam autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1.05 Bar, selama 15 menit. Tepung basah dikeluarkan dari kemasan dan diratakan di

atas loyang yang telah dilapisi aluminum foil untuk selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pengering pada suhu 48°C selama 6 jam hingga kadar air di bawah 10%. Tepung hasil pengeringan tersebut kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh. Dihasilkan tepung singkong termodifikasi dengan HMT (TS HMT) yang kemudian dikemas di dalam kemasan plastik *polypropylene*.

Pembuatan tepung gaplek (Perlakuan empiris masyarakat Ponorogo, Jawa Timur dengan modifikasi)

Singkong segar dikupas kulitnya, disikat untuk menghilangkan lendir dan dicuci dengan air mengalir. Singkong dipotong-potong dengan ukuran $\pm 2 \times 0.5$ cm dan dikeringkan menggunakan *fluidized bed drier* (FBD) pada suhu 43°C selama 2.5 jam (per berat 500 g) hingga dapat dipatahkan. Potongan singkong yang telah kering ditambahkan air mineral hingga terendam dan dimasukkan ke dalam wadah yang ditutup rapat dengan kain bersih. Fermentasi dilakukan selama dua hari, dan setiap 12 jam sekali, air rendaman dibuang dan diganti dengan air yang baru. Potongan singkong hasil fermentasi dikeringkan menggunakan FBD pada suhu 43°C selama 2.5 jam hingga dapat dipatahkan. Potongan singkong kering (gaplek) dihaluskan dengan blender lalu diayak 80 mesh. Tepung gaplek (TG) dikemas di dalam kemasan plastik polipropylene.

Analisis kadar amilosa metode Iodo-kolorimetri (Buwono et al. 2018 dengan modifikasi)

Kadar amilosa diukur menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis (Thermo Fisher Scientific model 4001/4, USA). Pembuatan kurva standar amilosa dilakukan dengan cara amilosa murni 40 mg dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 9 mL NaOH 1 N dan 1 mL etanol 95% secara berurutan. Campuran di-vortex dan dipanaskan di dalam air mendidih menggunakan *water bath* selama 30 menit, dan setiap 10 menit campuran tersebut di-vortex hingga homogen. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditetapkan volumenya dengan akuades, dan dihomogenkan. Larutan tersebut digunakan sebagai larutan stok. Larutan stok dipipet masing-masing sebanyak 0.1; 0.2 ;0.4; 0.6; 0.8; 1.0 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi bertutup ulir yang selanjutnya ditambahkan akuades hingga mencapai volume 1 mL. Larutan tersebut masing-masing ditambah asam asetat 1 N sebanyak 0.5 mL, akuades sebanyak 8.25 mL, dan larutan I-KI 2% sebanyak 0.25 mL secara berurutan sehingga total volume adalah 10 mL. Larutan kemudian di-vortex kembali agar homogen selama 15 detik dan diinkubasi selama 30 menit. Absorban selanjutnya diukur pada panjang gelombang 625 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis serta dibuat kurva hubungan antara konsentrasi amilosa dan absorbansi (dengan rata-rata R^2 adalah 0,99).

Analisis sampel dilakukan dengan memasukkan 100 mg tepung ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 9 mL NaOH 1 N dan 1 mL etanol 95% secara berurutan.

Langkah selanjutnya sama dengan perlakuan amilosa murni dengan volume larutan sampel yang digunakan adalah 1 mL. Kadar amilosa dihitung berdasarkan kurva standar amilosa menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Kadar amilosa (\%)} = \frac{C \times V \times FP}{W} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

dimana, C= konsentrasi amilosa sampel dari kurva standar (mg/mL); V= volume akhir larutan sampel (10 mL); FP= faktor pengenceran (100 mL/1 mL= 100 kali); W = beratsampel (mg)

Analisis profil pasting (Faridah et al. 2014)

Profil pasting pati dianalisis menggunakan *Rapid Visco Analyzer/RVA* (Perten model TecMaster, Swe-dia). Sampel tepung singkong diukur kadar airnya (% bb) dan data kadar air tersebut dimasukkan ke dalam konfigurasi tes (standar 2) yang terdapat pada perangkat lunak RVA untuk mengetahui bobot sampel dan jumlah *akuades* yang diperlukan. Hasil analisis yang didapat dari RVA adalah berupa data viskositas puncak (*peak viscosity*), viskositas *breakdown*, viskositas akhir (*final viscosity*), viskositas *setback*, waktu viskositas puncak (*peak time*), dan suhu awal pasting (*pasting temperature*).

Analisis derajat putih (Apriani et al. 2011)

Instrumen yang digunakan untuk pengukuran derajat putih adalah *chromameter* (Konica Minolta CR-310, USA). Pengukuran derajat putih dilakukan dengan cara meletakkan sampel tepung pada wadah yang berwarna hitam, lalu permukaan sampel tepung diratakan dengan sudip. Sampel tepung kemudian dianalisis dengan meletakkan *measuring head* di atasnya. Sampel tepung kemudian diidentifikasi nilai L*, a*, dan b* Hunter. Perhitungan *whitenes indices Judd* (WIJUDD) menggunakan Persamaan 3.

Derajat putih (WIJUDD) =

$$100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(2)$$

Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program *SPSS Statistic 25.0*. Uji beda nyata dilakukan pada taraf 95%. Uji lanjut *DNMRT (Duncan New Multiple Test)* digunakan untuk menentukan pengaruh

berbagai modifikasi tepung singkong yang dilakukan dengan 3 kali ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

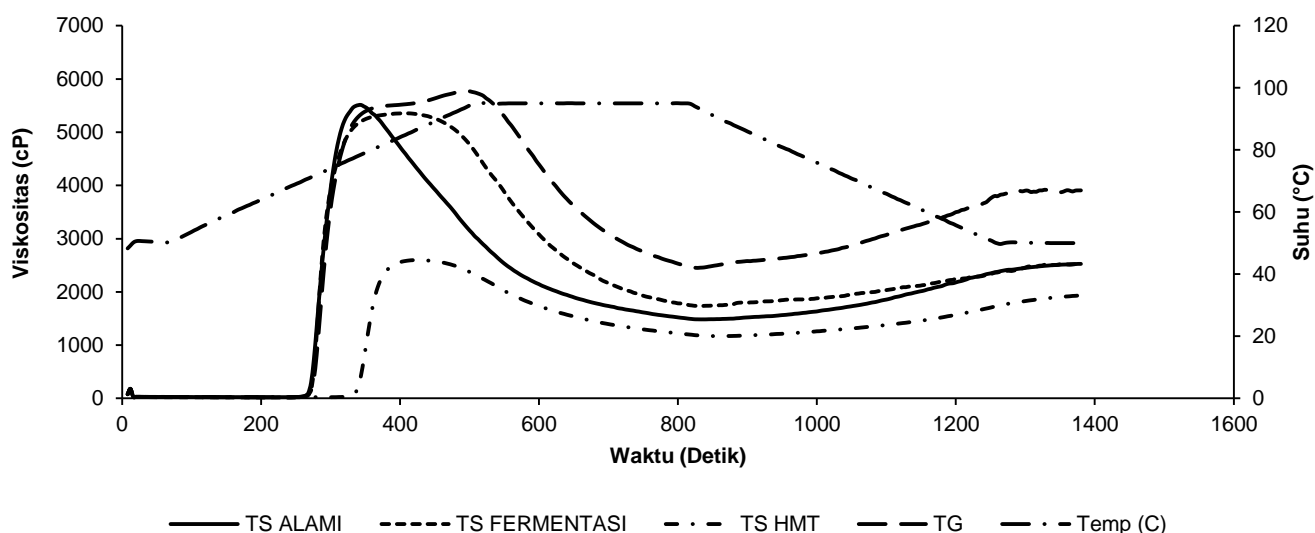
Profil pasting pati

Profil pasting pati termodifikasi diperlukan agar dapat diketahui perbedaan sifat amilografi selama proses pengolahan (Karmakar et al. 2014). Profil pasting pati pada tepung singkong termodifikasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Viskositas puncak merupakan viskositas saat granula pati mencapai pembengkakan yang maksimum hingga akhirnya pecah pada saat pemanasan. Viskositas puncak ini berhubungan dengan daya ikat air suatu pati (Liu et al. 2017). TG memiliki viskositas puncak (*peak viscosity*) tertinggi sebesar 5792 cP, tidak berbeda nyata dengan TS Alami (5587 cP) dan TS Fermentasi (5374 cP), namun berbeda nyata dengan TS HMT (2606 cP). Viskositas *breakdown* berhubungan dengan kestabilan pati terhadap proses pemanasan, semakin rendah viskositas *breakdown*, semakin stabil pati tersebut terhadap proses pemanasan (Muhandri et al. 2016). Viskositas *breakdown* terendah terdapat pada TS HMT (1441 cP) berbeda nyata dengan TS Alami sebesar 4106 cP, TG (3344 cP), dan TS Fermentasi (3650 cP). Hal ini menunjukkan bahwa TS HMT lebih stabil terhadap proses pemanasan dibandingkan tepung yang dimodifikasi secara fermentasi (TG dan TS Fermentasi) dan TS Alami.

Selama pemanasan, pasta pati akan mencapai viskositas puncak dan viskositas *breakdown*, sedangkan pada saat pendinginan akan mencapai viskositas *setback* dan viskositas akhir. Viskositas *setback* merupakan peningkatan viskositas yang terjadi pada saat pasta pati didinginkan hingga suhu 50°C akibat adanya asosiasi antar molekul pati (Wulandari et al. 2019). Salah satu faktor yang menyebabkan viskositas *setback* yang tinggi adalah kadar amilosa, karena amilosa cenderung mengalami retrogradasi karena lebih mudah terpapar oleh air sehingga akan mudah mengalami rekristalisasi (Faridah et al. 2014). Viskositas *setback* tertinggi dicapai oleh TG (1458 cP) dan berbeda nyata dengan TS Alami (1045 cP), TS HMT (765 cP), dan TS Fermentasi (800 cP). Hal ini sejalan dengan analisis kadar amilosa pada penelitian ini, yaitu TG memiliki kadar amilosa tertinggi sehingga memiliki viskositas *setback* yang tinggi pula dan cenderung mudah mengalami retrogradasi.

Tabel 1. Profil pasting, kadar amilosa, dan derajat putih dari tepung singkong alami dan modifikasi

No.	Parameter	Sampel			
		TS Alami	TS HMT	TS Fermentasi	TG
1.	Profil pasting:				
	Puncak (cP)	5587±686.011 ^a	2606±351.241 ^b	5374±270.714 ^a	5792±306.868 ^a
	<i>Breakdown</i> (cP)	4106±666.018 ^c	1441±92.684 ^a	3650±309.311 ^{ab}	3344±12.848 ^b
	Akhir (cP)	2526±206.878 ^a	1930±505.009 ^a	2524±117.205 ^a	3907±373.193 ^b
	<i>Setback</i> (cP)	1045±183.953 ^a	765±238.957 ^a	800±36.505 ^a	1458±79.745 ^b
	Suhu awal pasting (°C)	70.17±0.123 ^a	77.03±0.231 ^c	70.47±0.029 ^b	70.35±0.109 ^{ab}
	Waktu viskositas puncak (menit)	5.88±0.403 ^a	7.09±0.254 ^b	6.92±0.528 ^b	8.22±0.098 ^c
2.	Kadar Amilosa (%)	30.693±0.359 ^a	31.957±0.541 ^a	33.268±0.570 ^b	34.488±1.059 ^b
3.	Derajat putih	92.568±0.322 ^b	86.689±0.667 ^a	91.839±0.483 ^b	96.765±0.199 ^c



Keterangan: TS ALAMI (Tepung singkong alami); TS HMT (Tepung singkong termodifikasi *heat moisture treatment*); TS Fermentasi (Tepung singkong termodifikasi fermentasi spontan); TG (Tepung gapek termodifikasi)

Gambar 1. Grafik profil pasting tepung singkong alami dan modifikasi

Pati yang memiliki viskositas akhir tinggi memiliki kemampuan untuk membentuk gel yang tahan terhadap gaya geser sehingga akan stabil selama proses pengadukan (Kartikasari *et al.* 2016). Salah satu faktor yang menyebabkan tepung memiliki viskositas akhir yang tinggi adalah adanya kadar amilosa yang tinggi pada tepung. Amilosa akan membentuk ikatan-ikatan kembali antar molekul melalui ikatan hidrogen sehingga meningkatkan viskositasnya (Faridah *et al.* 2014). TG memiliki viskositas akhir yang paling tinggi (3907 cP) yang berbeda nyata dengan TS Alami (2526 cP), TS HMT (1930 cP), dan TS Fermentasi (2524 cP) sehingga dapat disimpulkan bahwa TG memiliki kestabilan terhadap gaya geser selama pengadukan.

TS Alami, TS Fermentasi, dan TG tergolong profil pasting pati tipe A sedangkan TS HMT tergolong profil pasting tipe B berdasarkan pengelompokan oleh Schoch dan Maywald (1968). Profil pasting tipe A memiliki nilai viskositas puncak yang tinggi dan viskositas *break-down* yang tinggi, namun profil pasting tipe B memiliki viskositas puncak dan viskositas *breakdown* yang lebih rendah. Ini menunjukkan hanya TS HMT yang mengalami perubahan tipe profil pasting dibandingkan tepung singkong termodifikasi yang lainnya. Suhu awal pasting pada penelitian ini berkisar antara 70.17–77.03°C dan berbeda nyata pada setiap sampel tepung. TS HMT membutuhkan suhu awal pasting yang paling tinggi meskipun mengandung amilosa yang lebih rendah dari TG dan TS Fermentasi. Terbentuknya ikatan baru antara amilosa pada bagian kristalin dan amilopektin pada bagian amorf yang lebih kompleks pada saat proses HMT, menghasilkan formasi kristalin baru yang lebih kuat dan rapat. Oleh sebab itu, dibutuhkan suhu yang tinggi untuk memutus ikatan tersebut (Lestari *et al.* 2015). TG dan TS Fermentasi memiliki suhu awal pasting yang tidak berbeda jauh dari TS alami namun secara statistik berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena pada saat proses fermentasi amilosa akan mudah

membentuk ikatan molekular yang kuat dengan air (ikatan hidrogen) sehingga tidak membutuhkan suhu yang terlalu tinggi untuk terjadinya gelatinisasi (Wulandari *et al.* 2019).

Kadar amilosa

Kadar amilosa TG mencapai persentase tertinggi (34.49% bk), namun tidak berbeda nyata dengan TS Fermentasi (33.27% bk). Persentase ini lebih tinggi dari kadar amilosa tepung singkong termodifikasi dengan fermentasi spontan pada penelitian Rambadiana (2019) sebesar 28.57% pada lama waktu fermentasi yang sama. Kadar amilosa tepung termodifikasi pada kedua penelitian tersebut memiliki peningkatan yang setara dari TS Alami sebelumnya, walaupun memiliki persentase yang berbeda. TS Alami pada penelitian ini memiliki kadar amilosa lebih tinggi sebesar 30.69% bk, sedangkan pada penelitian Rambadiana (2019) sebesar 25.99% bk.

Faktor lain yang menyebabkan kadar amilosa lebih tinggi adalah kondisi pengeringan yang optimum yaitu menggunakan suhu di bawah 50°C agar degradasi pati dapat dicegah sehingga kandungan amilosa dapat dipertahankan (Rahmiati *et al.* 2016). Kondisi pengeringan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan FBD dengan suhu 43°C. Kadar amilosa pada tepung termodifikasi dengan fermentasi ini lebih tinggi dibandingkan dengan tepung singkong termodifikasi dengan fermentasi pada penelitian Edam (2017) sebesar 31.2% bk dan tepung *mocaf* pada penelitian Hersoelisyorini *et al.* (2015) sebesar 25% bk.

Peningkatan kadar amilosa pada tepung fermentasi terjadi karena adanya perombakan oleh bakteri asam laktat (BAL). Beberapa enzim dapat dihasilkan oleh BAL, di antaranya adalah enzim selulolitik, pektinolitik, amilase, dan pululanase. Enzim selulolitik dan pektinolitik menghancurkan dinding sel singkong yang mengakibatkan adanya pelepasan granula pati (Selian *et al.* 2019). Enzim amilase dan pululanase akan menghidro-

lisis pati pada ikatan tertentu sehingga akan menghasilkan amilosa rantai pendek (Frediansyah 2018).

Kadar amilosa yang dihasilkan TS HMT pada penelitian ini sebesar 31.96% (bk) tidak berbeda nyata dengan TS Alami. Persentase ini lebih tinggi dari kadar amilosa pati garut pada penelitian Syahbanu (2015) yang juga melakukan modifikasi dengan metode HMT yang sama sebesar 25.77% bk. Terjadi peningkatan kadar amilosa yang setara dari tepung alami sebelumnya walaupun memiliki persentase yang berbeda. TS Alami pada penelitian ini memiliki kadar amilosa sebesar 30.69% bk, sedangkan pada penelitian Syahbanu (2015) sebesar 24.50% bk. Persentase kadar amilosa TS HMT pada penelitian ini juga lebih tinggi dari pati umbi ganyong yang besarnya 27.07% (Garnida *et al.* 2019). Kadar amilosa yang tinggi pada tepung termodifikasi dengan HMT dapat terjadi karena adanya degradasi molekul amilopektin, perubahan interaksi antara daerah amorf dan kristalit, pembentukan ulang ikatan-ikatan yang ada dalam granula pati, dan peningkatan interaksi antar molekul di dalam granula (Adebowale *et al.* 2005).

Berdasarkan kurva RVA dan kadar amilosa tepung termodifikasi pada penelitian ini, diketahui bahwa TG dan TS Fermentasi memiliki nilai viskositas puncak yang tinggi, viskositas akhir yang tinggi, dan kadar amilosa yang tinggi sehingga memungkinkan untuk digunakan pada pengolahan produk mi non terigu. Diketahui bahwa produk mi membutuhkan bahan baku tepung yang memiliki kemampuan pengembangan yang tinggi yang ditunjukkan oleh viskositas akhir dan puncak yang tinggi, serta kadar amilosa yang tinggi.

Derajat putih

Derajat putih tepung singkong pada penelitian ini berkisar 86.69–96.77. Perbedaan nilai derajat putih dari tepung termodifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah lama proses pengeringan, suhu pemanasan, dan proses fermentasi (Ayetigbo *et al.* 2018). TG memiliki nilai derajat putih yang paling tinggi yaitu sebesar 96.765. Nilai ini lebih tinggi dari tepung *mocaf* hasil penelitian Putri *et al.* (2018) sebesar 84, Wanita dan Wisnu (2013) sebesar 95, serta Lopulalan *et al.* (2016) sebesar 91.32.

Pengeringan TG dilakukan dengan FBD pada suhu 43°C, sedangkan beberapa penelitian tepung *mocaf* menggunakan pengeringan sinar matahari langsung. Pengeringan dengan FBD lebih singkat sehingga warna alami singkong tidak banyak berubah. Derajat putih TS alami pada penelitian ini (92.57) lebih tinggi dibandingkan TS Alami pada beberapa penelitian dengan genotip singkong berbeda yang berkisar antara 77.90–82.55 (Chimphepo *et al.* 2021).

Proses fermentasi meningkatkan derajat putih dari tepung. Semakin lama waktu fermentasi maka warna tepung juga semakin putih yang dikarenakan adanya senyawa kompleks yang terdegradasi oleh mikroorganisme yang dihasilkan dari proses fermentasi sehingga komponen pigmen terurai dan ikut larut dalam air (Iswari *et al.* 2016). Derajat putih dari TS Fermentasi

tidak berbeda nyata dengan TS Alami. TS Fermentasi memiliki lama waktu fermentasi yang cukup singkat yaitu 36 jam sehingga diduga belum terjadi perubahan fisik secara signifikan pada tepung tersebut. Beberapa penelitian menunjukkan lama fermentasi yang efektif adalah minimal 48 jam (Edam 2017).

TS HMT memiliki derajat putih terendah (86.689), dibandingkan tepung singkong termodifikasi lainnya, karena sampel TS HMT terpapar suhu yang tinggi (121°C). Hal ini juga sejalan dengan penelitian Ega dan Lolupan (2015) yang menunjukkan pati sagu yang diberi perlakuan HMT pada suhu 100°C memiliki nilai derajat putih yang rendah (71.91). Reaksi pencoklatan dapat terjadi pada bahan pangan yang mengandung karbohidrat karena adanya gula pereduksi yang bereaksi saat terjadi pemanasan dengan suhu yang cukup tinggi (Ega dan Lopulalan 2015).

KESIMPULAN

Modifikasi tepung singkong dengan cara biologi (fermentasi) dan fisik (*heat moisture treatment*) berpengaruh terhadap kadar amilosa, derajat putih, dan profil pasting pati. Modifikasi TG dapat meningkatkan kadar amilosa, derajat putih, viskositas (puncak, akhir, dan *setback*), dan suhu awal pasting namun menurunkan viskositas *breakdown*. Modifikasi TS Fermentasi dapat meningkatkan kadar amilosa dan suhu awal pasting, namun menurunkan viskositas *breakdown*. Modifikasi TS HMT dapat meningkatkan suhu awal pasting dan menurunkan viskositas (puncak, *breakdown*, akhir, *setback*) serta derajat putih. Berdasarkan kurva RVA dan kadar amilosa tepung termodifikasi pada penelitian ini, TG dan TS Fermentasi memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan baku produk mi non terigu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adebowale KO, Afolabi TA, Olu-Owolabi BI. 2005. Hydrothermal treatments of finger millet (*Eleusine coracana*) starch. *J Food Hydr* 19(6): 974-983. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.12.007.
- Apriani RRN, Setyadjit, Arpah M. 2011. Karakterisasi empat jenis umbi talas varian mentega, hijau, semir, dan beneng serta tepung yang dihasilkan dari keempat varian umbi talas. *J Ilmu Pangan* 1(1): 1-18.
- Ariani RP, Ekayani IAPH, Masdarini L. 2016. Pemanfaatan tepung singkong sebagai substitusi terigu untuk variasi *cake*. *J Ilmu Sosial dan Humaniora* 5(1): 717-730. DOI: 10.23887/jish-undiksha.v5i1.8283.
- Ayetigbo O, Latif S, Abass A, Muller J. 2018. Comparing characteristics of root, flour and starch of biofortified yellow-flesh and white-fles cassava variants, and sustainability considerations: A

- Review. *J Sustain* 10(9): 1-32. DOI: 10.3390/su10093089.
- Buwono MH, Amanto BS, Widowati E. 2018. Study of physical, chemical, and sensory characteristics of modified square banana flour (*Musa balbisiana*). *Indo Food and Nutr Progress* 15(1): 30-42. DOI: 10.22146/ifnp.33729.
- Chatpapamon C, Wandee Y, Uttapap D, Puttanlek C, Rungsardthong V. 2019. Pasting properties of cassava starch modified by heat-moisture treatment under acidic and alkaline pH environment. *Carbohydr Polym* 215(2019): 338-347. DOI: 10.1016/j.carbpol.2019.03.089.
- Chimphepo L, Alamu EO, Monjerezi M, Ntawuruhunga P, Saka JDK. 2021. Physicochemical parameters and functional properties of flours from advanced genotypes and improved cassava varieties for industrial applications. *LWT-Food Sci Technol* 147 (2021): 111592s. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111592.
- Dudu OE, Oyedeji AB, Oyeyinka SA, Ma Y. 2018. Impact of steam-heat-moisture treatment on structural and functional properties of cassava flour and starch. *Int J Biol Macromol* 126: 1056-1064. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.210.
- Dudu OE, Oyedeji AB, Oyeyinka SA, Ma Y. 2019. Structural and functional characteristics of optimised dry-heat-moisture treated cassava flour and starch. *Int J Biol Macromol* 133: 1219-1227. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.04.202.
- Edam M. 2017. Aplikasi bakteri asam laktat untuk memodifikasi tepung singkong secara fermentasi. *J Penelitian Teknol Ind* 9(1): 1-8. DOI: 10.33749/jpti.v9i1.3205.
- Ega L, Lopulalan CGC. 2015. Modifikasi patu sagu dengan metode *Heat Moisture Treatment*. *J Teknol Pertanian* 4(2): 33-40. DOI: 10.30598/jagritekno.2015.4.2.33.
- Faridah DN, Fardiaz D, Andarwulan N, Sunarti TC. 2014. Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Maranta arundinaceae*). *Agritech* 34(1): 14-21. DOI: 10.22146/agritech.9517.
- Fitria E, Hariyadi P, Andarwulan N, Triana RN. 2018. Sifat fisikokimia pati sagu termodifikasi dengan metode oksidasi menggunakan Natrium Hipoklorit. *J Mutu Pangan* 5(2): 100-108.
- Frediansyah A. 2018. Microbial fermentation as means of improving cassava production in Indonesia. *Intech*: 123-137. DOI: 10.5772/intechopen.71966.
- Garnida Y, Hervelly, Rahma RN. 2019. Modifikasi tepung ganyong (*Canna edulis* Kerr.) metode *heat moisture treatment* pada suhu dan waktu yang berbeda dan aplikasi tepung pada pembuatan *cookies*. *J Pasundan Food Technol* 6(1): 65-72. DOI: 10.23969/pftj.v6i1.1508.
- Hersoelisyorini W, Dewi SS, Kumoro AC. 2015. Sifat fisikokimia dan organoleptik tepung mocaf (*modified cassava flour*) dengan fermentasi menggunakan ekstrak kubis. The 2nd University Research Colloquium, hal 10-17.
- Hidayat B, Kalsum N, Surfiana. 2009. Karakterisasi tepung ubi kayu modifikasi yang menggunakan metode prigelatinisasi parsial. *J Teknol Industri Hasil Pertanian* 14(2): 148-159.
- Husniati, Widyastuti N. 2013. Perbaikan mutu tepung singkong melalui teknologi fermentasi untuk menghasilkan tepung mocaf. *J Riset Industri* 7(1): 25-33.
- Iswari K, Astuti HF, Srimaryati. 2016. Pengaruh lama fermentasi terhadap mutu tepung cassava termodifikasi. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi (BPTP) Jambi, editor. *Prosiding Membangun Pertanian Modern dan Inovatif Berkelanjutan dalam Rangka Mendukung MEA*, hal 1250-1257.
- Karmakar R, Ban DK, Ghosh U. 2014. Comparative study of native and modified starches isolated from conventional and nonconventional sources. *Int Food Res J* 21(2): 597-602.
- Kartikasari SH, Sari P, Subagio. 2016. Karakterisasi sifat kimia, profil amilografi (RVA) dan morfologi granula (SEM) pati singkong termodifikasi secara biologi. *J AGT* 10(01): 12-24.
- Lestari OA, Kusnandar F, Palupi NS. 2015. Pengaruh *heat moisture treated* (HMT) terhadap profil gelatinisasi tepung jagung. *J Teknol Pertanian* 16(1): 75-80.
- Liu Y, Chen J, Luo S, Li C, Ye J, Liu C, Gilbert RG. 2017. Physicochemical and structural properties of pregelatinized starch prepared by improved extrusion cooking technology. *Carbohydr Polym* 175: 265-272. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.07.084.
- Lopulalan CGC, Mailoa M, Pelu H. 2016. Analisis sifat kimia dan fisik modified cassava flour (mocaf) (varietas lokal sangkola) asal Desa Waai, Maluku Tengah. *Agritech: J Teknol Pertanian* 5(1): 7-12. DOI: 10.30598/jagritekno.2016.5.1.7.
- Muhandri T, Nularif PS, Hunaefi D. 2016. Karakteristik amilografi tepung jagung termodifikasi dengan fermentasi spontan dan perendaman dalam larutan kalsium hidroksida. *J Mutu Pangan* 3(2): 124-129.
- Putri NA, Herlina, Subagio A. 2018. Karakteristik mocaf (*modified cassava flour*) berdasarkan metode penggilingan dan lama fermentasi. *J Agroteknologi* 12 (01): 79-89. DOI: 10.19184/j-agt.v12i1.8252
- Rahmiati TM, Purwanto YA, Budijanto S, Khumaida N. 2016. Sifat fisikokimia tepung dari 10 genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) hasil pemuliaan. *Agritech* 36(4): 459-466. DOI: 10.22146/agritech.16771.
- Rambadiana IC. 2019. Karakteristik Fisiokimia Tepung Singkong Modifikasi dengan Penyimpanan Suhu Dingin dan Fermentasi Spontan. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- Schoch TJ, Maywald 1968. Preparation and properties of various legume starches. *Cereal Chemistry* 45: 564-573.
- Selian NA, Ridwansyah, Ginting S. 2019. Karakteristik mutu fisik, kimia, dan fungsional tepung ubi kayu dan mocaf (*modified cassava flour*) dengan metode pengeringan konvensional dan pengeringan mekanis. *J Rekayasa Pangan Pertanian* 7(2): 99-105.
- Syahbanu F. 2015. Modifikasi Pati Garut (*Maranta arundinaceae L.*) dengan Hidrolisis Asam, Siklus *Autoclaving-Cooling*, dan *Heat Moisture Treatment* (HMT) untuk Menghasilkan Pati Resisten Tipe III (RS3). [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Titi HP, Zainul AM, Nugroho. 2011. Pengaruh pragelatinisasi terhadap karakteristik tepung ubi kayu. *J Teknol Pangan Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknol Pertanian* 1(1): 1-14. DOI: 10.35891/tp.v1i1.474.
- Wanita YP, Wisnu E. 2013. Pengaruh cara pembuatan mocaf terhadap kandungan amilosa dan derajat putih tepung. Saleh N, Harsono A, Nugrahaeni N, Rahmianna AA, Sholohin, Heriyanto, Jusuf M, Tastra IK, Adie MM, Hermanton, Harnowo, editor. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*, hal 588-596. ISBN: 978-602-1520-71-0.
- Widowati S, Herawati H, Mulyani ES, Yuliwardi F, Muhandri T. 2014. Pengaruh perlakuan *heat moisture treatment* (HMT) terhadap sifat fisikokimia dan fungsional tepung beras dan aplikasinya bahan pembuatan bahun berindeks glikemik rendah. *J Pascapanen* 11(2): 59-66. DOI: 10.21082/jpasca.v11n2.2014.59-66.
- Wulandari E, Sukarminah E, Mardawati E, Furi HL. 2019. Profil gelatinisasi tepung sorgum putih termomodifikasi α -amilase. *J. Teknol Industri Pangan* 30(2): 173-179. DOI: 10.6066/jtip.2019.30.2.173.

JMP-07-21-09-Naskah diterima untuk ditelaah pada 10 Maret 2021. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 15 April 2021. Versi Online: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi>