

ARTIKEL

**Pengaruh Lama Penyimpanan Dingin Tepung Singkong  
Terhadap Derajat Putih, Kadar Amilosa, dan Karakteristik  
Pasting Tepung Mocaf Hasil Olahannya**

Oleh :

FAHIM M. TAQI

TJAHJA MUHANDRI

ICA CANDRA RAMBADIANA

DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2025

# **Pengaruh Lama Penyimpanan Dingin Tepung Singkong Terhadap Derajat Putih, Kadar Amilosa, dan Karakteristik Pasting Tepung Mocaf Hasil Olahannya**

FAHIM M. TAQI, TIAHJA MUHANDRI, DAN ICA CANDRA RAMBADIANA

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan FATETA - IPB

## **ABSTRAK**

Pembuatan tepung singkong termodifikasi (mocaf) di Indonesia umumnya dilakukan dengan metode fermentasi singkong segar, baik fermentasi spontan maupun dengan penambahan starter bakteri asam laktat. Metode lain yang dapat digunakan adalah metode fermentasi tepung singkong. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan fisikokimia tepung singkong akibat perlakuan penyimpanan dingin dan fermentasi spontan tepung singkong. Tepung singkong dibuat dari singkong varietas Manggu. Tepung singkong disimpan pada suhu dingin ( $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) selama 0 dan 4 bulan. Fermentasi spontan dilakukan dengan mencampur 300 g tepung singkong dengan 600 g air dan disimpan pada suhu ruang selama 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari. Tepung singkong termodifikasi dianalisis sifat fisikokimianya, seperti derajat putih, kadar amilosa, dan pasting properties. Analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh interaksi antara proses penyimpanan tepung singkong native sebelum fermentasi dengan durasi waktu fermentasi terhadap semua respon yang diteliti ( $P < 0.05$ ). Derajat putih tepung singkong termodifikasi turun akibat penyimpanan tepung di suhu dingin dan naik seiring dengan meningkatnya durasi waktu fermentasi. Kombinasi kedua perlakuan terbukti dapat menaikkan kadar amilosa hingga 5.85%. Pasta tepung singkong hasil modifikasi (mocaf) memiliki sifat yang lebih stabil terhadap panas.

Kata kunci: fermentasi, pasting properties, penyimpanan suhu dingin, tepung mocaf

## **PENDAHULUAN**

Tepung mocaf adalah tepung singkong yang telah dimodifikasi karakteristiknya dengan menggunakan proses biologis. Pengolahan mocaf umumnya dilakukan dengan cara memfermentasi tepung singkong baik secara spontan maupun dengan cara inokulasi starter. Modifikasi melalui fermentasi dinilai mudah dan murah sehingga banyak dilakukan di Indonesia. Tepung mocaf dinilai dapat digunakan sebagai bahan substitusi tepung terigu pada pembuatan kue, roti, mi, dan makanan ringan lainnya (Salim 2011).

Penelitian modifikasi tepung singkong melalui fermentasi singkong segar sudah dilakukan oleh Wanita *et al.* (2013), Hustiati dan Widhyastuti (2013), dan Iswari *et al.* (2016). Proses fermentasi tepung singkong

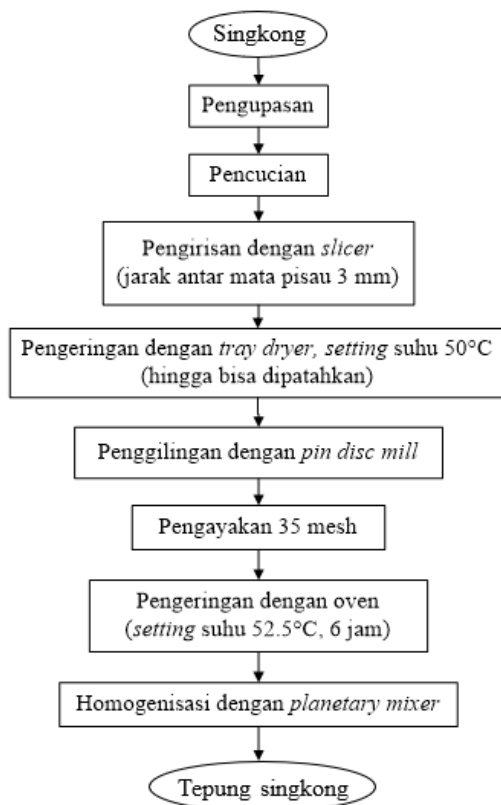
selama 4 hari dipercaya dapat memperbaiki karakteristik tepung singkong. ..Mocaf sebagai produk hasil fermentasi memiliki nilai pH yang lebih rendah dibanding produk tepung lainnya. Kondisi ini dikhawatirkan akan menyebabkan, mocaf akan lebih cepat mengalami degradasi mutu selama penyimpanan dibanding tepung singkong asli (*native*).

Umumnya, produk tepung-tepungan (tepung putih) dapat disimpan hingga 1 tahun di suhu dingin ( $33^{\circ}\text{F}$ - $40^{\circ}\text{F}$ ) (Boyer dan McKinney 2013). Penelitian ini mengkaji karakteristik mocaf yang dibuat dari tepung singkong yang telah disimpan pada suhu dingin selama 4 (empat) bulan dan membandingkannya dengan karakteristik mocaf yang dibuat dari singkong segar.

## **BAHAN DAN METODA**

## Tahap Pembuatan Tepung Singkong

Untuk pembuatan tepung singkong digunakan singkong (*Manihot esculenta*) varietas Manggu berumur 8 bulan yang dipanen dari Kebun Desa Cikarawang, Kabupaten Bogor dan air minum dalam kemasan (AMDK) merek X. Proses pembuatan tepung singkong dilakukan langsung pasca pemanenan singkong. Proses pembuatan tepung singkong ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan tepung singkong

Tepung singkong yang sudah jadi, dikemas dengan plastik *polypropylene* ukuran 14x30 cm. Setiap kantung plastik diisi tepung singkong sebanyak 300 g, kemudian diikat. Pengemasan tersebut bertujuan mempermudah penggunaan tepung singkong pada proses pengolahan selanjutnya

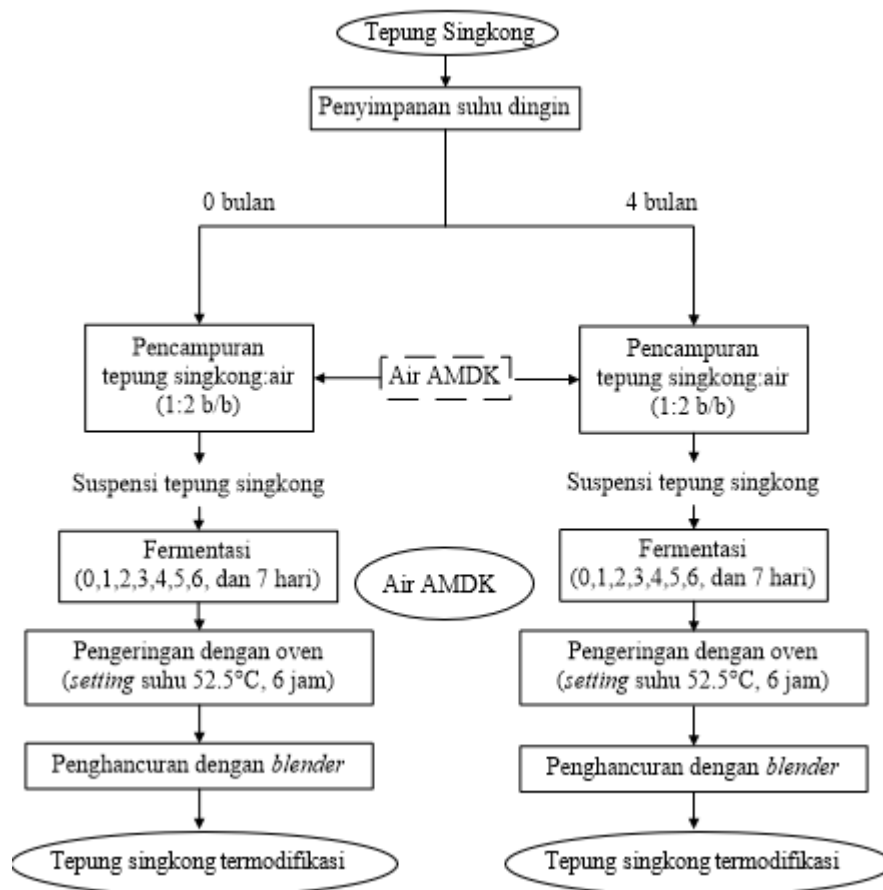
## Pembuatan Tepung Singkong Termodifikasi

Mocaf yang dianalisis pada penelitian ini dibuat dari tepung singkong yang sama, namun dengan perlakuan yang berbeda. Sampel mocaf 1 disiapkan dari tepung singkong segar tanpa perlakuan penyimpanan (0 bulan). Sedangkan sampel mocaf 2 dibuat dari tepung singkong yang telah disimpan dalam refrigerator suhu  $6\pm 2^{\circ}\text{C}$  selama 4 (empat) bulan.

Tepung yang akan difermentasi dibuat menjadi suspensi terlebih dahulu. Suspensi tepung singkong dimasukkan ke dalam gelas fermentasi yang terbuat dari gelas plastik 16 oz yang sudah dilubangi pada bagian bawahnya. Bagian dalam gelas dilapisi kain blacu yang sudah direbus dalam air mendidih selama 5 menit. Gelas kemudian ditumpuk di atas gelas plastik lain yang tidak dilubangi. Gelas fermentasi didesain agar air yang terkandung dalam suspensi tepung dapat berkurang, menyisakan adonan tepung singkong yang tertampung dalam kain. Air yang tertampung pada gelas plastik bagian bawah (yang tidak dilubangi) ditimbang dan dibuang setiap hari.

Gelas-gelas fermentasi disimpan dalam keranjang yang ditutup koran pada bagian atasnya. Pastikan koran tidak menyentuh permukaan suspensi tepung. Selanjutnya suspensi tepung singkong didiamkan agar mengalami fermentasi spontan selama 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari. Fermentasi tepung singkong dilakukan pada suhu ruang, yakni  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Adonan tepung singkong yang sudah termenfermentasi kemudian dipanen, diratakan di atas loyang, dan dikeringkan menggunakan oven. Kepingan adonan yang telah kering kemudian digiling menggunakan *blender* hingga menjadi tepung mocaf. Tepung mocaf ini selanjutnya ditimbang, dikemas dalam plastik *polypropylene*, dan dianalisis. Secara ringkas, proses modifikasi tepung singkong dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses modifikasi tepung singkong

### Analisis Derajat Putih (Apriani *et al.* 2011 dan Hirschler 2012)

Pengukuran derajat putih dilakukan menggunakan instrumen *chroma meter Minolta CR-310*. Prosedur pengukuran diawali dengan kalibrasi alat dengan cara menempelkan *measuring head* pada plat kalibrasi berwarna putih (CR-A43).

Selanjutnya sampel ditempatkan pada wadah gelas. Permukaan sampel diratakan menggunakan spatula, *measuring head*. diposisikan diatas permukaan sampel sehingga terbaca nilai Hunter  $L^*a^*b$ . Derajat putih didapat melalui perhitungan *whiteness indices Judd* ( $WI_{Judd}$ ) dengan formula sebagai berikut (Hirschler 2012).:

$$\text{Derajat putih } (WI_{Judd}) = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

### Analisis Kadar Amilosa Metode Iodo-Kolorimetri (Aliawati 2003 dan Nielsen 2003)

Prosedur analisis dimulai dari pembuatan kurva standar amilosa. Standar amilosa kentang murni sebanyak 40 mg dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1N. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 10 menit, dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL, dan ditepatkan *dengan aquades*. Larutan ini selanjutnya disebut sebagai larutan stok.

Dari larutan stok ini kemudian dibuat 100 ml larutan standar amilosa sesuai dengan takaran pada tabel 1.

Tabel 1. Takaran pembuatan standar amilosa

Larutan stok (mL)	Asam asetat (mL)	I-KI (mL)	Konsentrasi (ppm)
0 (blanko)	1.0	2.0	0
1.0	0.2	2.0	4
2.0	0.4	2.0	8
3.0	0.6	2.0	12
4.0	0.8	2.0	16
5.0	1.0	2.0	20

Larutan dihomogenkan dan dibiarkan selama 20 menit. Absorban kemudian diukur pada panjang gelombang 620 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan dibuat kurva hubungan antara konsentrasi amilosa dan absorbansi.

Analisis sampel dilakukan dengan memasukkan 100 mg tepung singkong ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH. Larutan sampel dipanaskan dalam air mendidih selama 10 menit, divortex, dan didiamkan selama 1 jam. Larutan sampel kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL, ditepatkan dengan *aquades*, kemudian dipipet sebanyak 5 mL, dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang telah berisi 60 mL air. Sebanyak 1 mL asam asetat 1 N dan 2 mL I-KI 2% ditambahkan, kemudian larutan sampel kembali ditepatkan hingga 100 mL. Larutan dihomogenkan dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Kadar amilosa dihitung berdasarkan persamaan kurva standar amilosa.

### Analisis Pasting Properties (Faridah *et al.* 2014)

Timbang sampel sekitar 3 gram dalam canister menggunakan timbangan analitik, kemudian tambahkan kedalamnya air distilasi (jumlah disesuaikan dengan kadar air sampel, biasanya sekitar 25 ml) secara akurat menggunakan timbangan analitik. Masukkan *paddle* (pengaduk) ke dalam canister dan kocok secara manual untuk memastikan sampel tercampur rata dan tidak ada gumpalan. Tempatkan canister berisi suspensi sampel pada lubang pemanas alat RVA dan hubungkan *paddle* ke motor penggerak. Atur profil suhu dan kecepatan

putar. Siklus standar umumnya dimulai pada suhu 50°C, dipanaskan hingga 95°C dengan laju kenaikan suhu 6°C/menit, ditahan pada suhu 95°C selama 5 menit, lalu didinginkan kembali ke 50°C dengan laju penurunan suhu 6°C/menit. Selama proses pemanasan, holding, dan pendinginan suspensi sampel terus diaduk dengan kecepatan konstan 160 rpm dan dipantau secara kontinyu perubahan viskositasnya. Hasil yang didapat berupa kurva *pasting properties*.

### Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap faktorial (RALF) 2x2x8. Faktor pertama adalah lama waktu penyimpanan tepung singkong pada suhu dingin yang terdiri atas dua taraf, yakni penyimpanan selama 0 bulan dan 4 bulan. Faktor kedua adalah waktu fermentasi yang terdiri atas delapan taraf, yakni fermentasi selama 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari. Total kombinasi perlakuan sebanyak 16 kombinasi (Tabel 2). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak dua kali. Respon yang dianalisis adalah derajat putih, kadar amilosa, dan profil gelatinisasi pati.

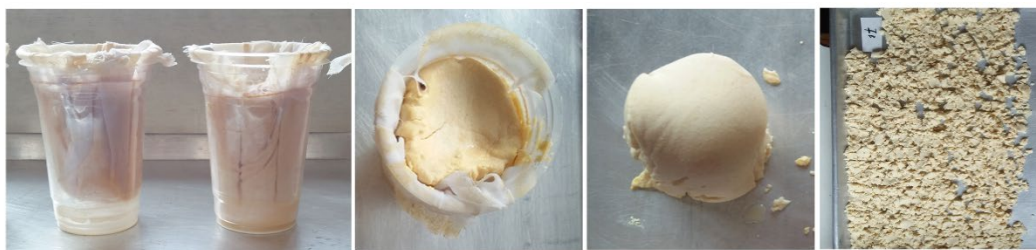
Tabel 2. Rancangan percobaan modifikasi tepung singkong

Lama penyimpanan suhu dingin	Waktu fermentasi (hari)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
0 bulan (S1)	S1H0 (kontrol)	S1H1	S1H2	S1H3	S1H4	S1H5	S1H6	S1H7
4 bulan (S2)	S2H0	S2H1	S2H2	S2H3	S2H4	S2H5	S2H6	S2H7

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan Tepung Singkong Termodifikasi

Proses pengolahan singkong menjadi tepung singkong dan selanjutnya menjadi tepung singkong termodifikasi, mengikuti prosedur sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 1 dan gambar 2. Pada penelitian ini pembuatan tepung singkong dilakukan dalam dua *batch*. *Batch* pertama menggunakan 60 Kg singkong dan *batch* kedua menggunakan 9 Kg singkong. Rendemen tepung singkong yang



Gambar 3. Proses fermentasi tepung singkong menjadi mocaf. (a) gelas fermentasi tepung singkong, (b) adonan tepung singkong terfermentasi dalam gelas, (c) adonan tepung singkong pasca fermentasi, (d) adonan tepung singkong yang diratakan di atas loyang

diperoleh dari *batch* pertama adalah sebesar 34.18% dan *batch* kedua sebesar 32.26%.

Fermentasi tepung singkong menjadi mocaf (gambar 3) diawali dengan mensuspensikan tepung singkong sebanyak 300 gram ke dalam 600 ml air AMDK (rasio tepung : air = 1 : 2). Suspensi tepung kemudian dimasukkan ke dalam gelas fermentasi yang sudah terlebih dahulu dialasi kain blacu steril. Fermentasi yang diterapkan adalah fermentasi spontan tanpa penambahan starter. Lama proses fermentasi untuk masing – masing sampel disesuaikan dengan perlakuan yang telah dirancang. Proses fermentasi menghasilkan adonan tepung singkong berwarna kekuningan, beraroma asam khas fermentasi, bertekstur lembut, mengumpul, dan mudah dihancurkan. Untuk mendapatkan tepung mocaf, adonan hasil fermentasi diratakan di atas loyang, dikeringkan, kemudian digiling.

### Derajat Putih

Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat putih tepung singkong termodifikasi (mocaf) meningkat seiring dengan meningkatnya lama waktu fermentasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Iswari *et al.* (2016) serta Hustiati dan Widhyastuti (2013). Fermentasi menyebabkan degradasi senyawa kompleks oleh mikroorganisme, kemungkinan komponen pigmen yang terdapat pada adonan tepung terfermentasi terurai dan larut dalam air. Proses fermentasi juga dapat mencegah reaksi *maillard* karena adanya perombakan

gula pereduksi yang dapat menimbulkan pencoklatan tepung ketika tepung mocaf dikeringkan. Mikroorganisme merombak gula pereduksi menjadi asam-asam organik (Iswari *et al* 2016 dan Salim 2011).

Tabel 1. Derajat putih tepung mocaf hasil fermentasi spontan

Lama fermentasi	Penyimpanan suhu dingin	
	0 bulan	4 bulan
0 hari	80.50 ± 0.04 <sup>d</sup>	74.97 ± 0.14 <sup>h</sup>
1 hari	81.82 ± 0.08 <sup>c</sup>	75.86 ± 0.17 <sup>g</sup>
2 hari	82.00 ± 0.87 <sup>c</sup>	78.02 ± 0.90 <sup>f</sup>
3 hari	81.97 ± 0.20 <sup>c</sup>	79.34 ± 0.74 <sup>e</sup>
4 hari	83.60 ± 0.64 <sup>a</sup>	77.61 ± 0.29 <sup>f</sup>
5 hari	82.88 ± 1.37 <sup>b</sup>	78.03 ± 0.81 <sup>f</sup>
6 hari	82.02 ± 0.66 <sup>c</sup>	77.66 ± 0.28 <sup>f</sup>
7 hari	82.41 ± 0.63 <sup>bc</sup>	79.52 ± 0.09 <sup>e</sup>

<sup>a)</sup>Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Duncan).

Nilai derajat putih tepung singkong hasil modifikasi (mocaf) dapat dilihat pada Tabel 3. Tepung singkong kontrol (penyimpanan suhu dingin 0 bulan, tanpa fermentasi) menunjukkan nilai derajat putih sebesar 80.50%. Nilai ini lebih rendah dibandingkan nilai derajat putih tepung mocaf yang diolah dari tepung singkong tanpa penyimpanan dingin dari berbagai kombinasi perlakuan yang berkisar dari 81.82% - 83.60%. Namun masih lebih tinggi dibanding nilai derajat putih tepung mocaf yang diolah dari tepung singkong yang telah mengalami proses penyimpanan dingin selama 4 bulan, dimana nilainya berkisar antara 74.97% - 79.52%. Nampak bahwa proses penyimpanan dingin tepung singkong yang akan diolah menjadi mocaf selama 4 bulan cenderung mengakibatkan penurunan



Gambar 4. Warna tepung mocaf hasil kombinasi perlakuan penyimpanan dingin tepung singkong dengan lama waktu fermentasi

nilai derajat putih tepung mocaf hasil olahannya. Analisis ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan adanya interaksi antara lama waktu penyimpanan pada suhu dingin dengan lama waktu fermentasi. Interaksi ini menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap derajat putih tepung singkong termodifikasi (mocaf).

Nilai derajat putih tertinggi (83.60%) ditunjukkan oleh sampel mocaf yang diolah dari tepung singkong tanpa penyimpanan pada suhu dingin yang difermentasi selama 4 hari. Sedangkan nilai derajat putih terendah (74.97%) ditunjukkan oleh sampel tepung singkong yang disimpan pada suhu dingin selama 4 bulan tanpa proses fermentasi. Penyimpanan tepung pada suhu dingin selama 4 bulan dapat dikategorikan sebagai proses *aging*. Proses *aging* yang terlalu lama menghasilkan tepung dengan kandungan gula tinggi. Peningkatan gula pereduksi pada tepung yang disimpan di suhu dingin selama 4 bulan diduga memperbesar peluang terjadinya reaksi *maillard* pada proses pengolahan tepung selanjutnya (pengeringan pasca fermentasi).

Hirschler (2012) menjelaskan deviasi warna putih dapat diamati sebagai warna kekuningan (*yellowness*) atau kecoklatan (*browning*). Pada  $L^*a^*b$  Hunter, unsur warna kuning dapat diamati melalui nilai *b*. Kombinasi perlakuan yang melibatkan

penyimpanan tepung pada suhu dingin selama 4 bulan memiliki unsur warna kuning lebih tinggi (b semakin positif) dibanding kombinasi perlakuan yang melibatkan penyimpanan tepung pada suhu dingin 0 bulan. Nilai *b* cenderung menurun seiring dengan lama waktu fermentasi. Visualisasi warna tepung singkong termodifikasi (mocaf) dapat dilihat pada gambar 4.

### Kadar Amilosa

Kadar amilosa sampel tepung singkong termodifikasi (mocaf) ternyata dipengaruhi baik oleh lama waktu penyimpanan tepung singkong native pada suhu dingin maupun lama waktu proses fermentasi. Data (tabel 4) menunjukkan bahwa kandungan amilosa pada tepung mocaf cenderung meningkat dengan meningkatnya lama waktu fermentasi, hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Astuti *et al* (2017) dan Sabowale *et al.* (2007). Penyimpanan tepung singkong native pada suhu dingin selama 4 bulan terlihat mampu meningkatkan kandungan amilosa tepung mocaf untuk seluruh perlakuan lama waktu fermentasi (tabel 4). Hasil analisis ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan adanya interaksi antara faktor lama penyimpanan pada suhu dingin dan lama waktu fermentasi. Masing-masing faktor perlakuan juga berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa ( $P < 0.05$ ).

Tabel 4. Kadar amilosa tepung mocaf hasil fermentasi spontan

Lama fermentasi	Lama penyimpanan suhu dingin	
	0 bulan	4 bulan
0 hari	24.27 ± 0.00 <sup>a</sup>	28.86 ± 0.09 <sup>de</sup>
1 hari	24.08 ± 0.04 <sup>a</sup>	28.83 ± 1.09 <sup>de</sup>
2 hari	25.69 ± 0.66 <sup>b</sup>	28.46 ± 0.19 <sup>d</sup>
3 hari	25.35 ± 0.72 <sup>b</sup>	29.56 ± 0.38 <sup>fg</sup>
4 hari	26.55 ± 0.66 <sup>c</sup>	29.53 ± 1.30 <sup>fg</sup>
5 hari	26.44 ± 0.02 <sup>c</sup>	30.12 ± 0.60 <sup>g</sup>
6 hari	25.70 ± 0.13 <sup>b</sup>	30.04 ± 0.43 <sup>g</sup>
7 hari	26.96 ± 0.53 <sup>c</sup>	29.40 ± 0.34 <sup>fg</sup>

<sup>a)</sup>Angka-angka yang diikuti pada huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)

Analisis menunjukkan kadar amilosa tepung singkong kontrol sebesar 24.27%. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmiati *et al.* (2016) yang mengukur kadar amilosa 10 varietas tepung singkong, yakni berkisar dari 13.13-23.33%. Kadar amilosa tepung singkong termodifikasi (mocaf) untuk seluruh perlakuan diperlihatkan pada tabel 4, nilainya berkisar antara 24.08 - 30.12%. Kadar amilosa terendah dijumpai pada mocaf hasil kombinasi perlakuan penyimpanan tepung pada suhu dingin 0 bulan dan fermentasi satu hari, sedangkan kadar amilosa tertinggi diperoleh dari kombinasi perlakuan penyimpanan tepung pada suhu dingin 4 bulan dan fermentasi 4 hari.

Peningkatan kadar amilosa pada tepung mocaf yang dibuat dari tepung singkong yang telah mengalami penyimpanan di suhu dingin selama 4 bulan kemungkinan besar disebabkan oleh karena terjadinya perombakan pati didalam tepung tersebut. Hidayat *et al.* (2009) menduga, peningkatan kadar amilosa pada tepung mocaf disebabkan oleh pemutusan polimer pati berantai lurus dan berantai cabang (amilopektin) sehingga terbentuk polimer pati berantai lurus (amilosa).

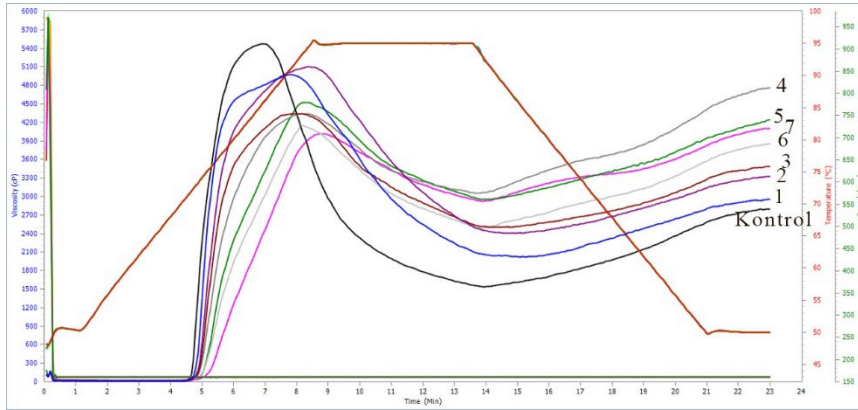
Proses *aging* tepung pada suhu dingin memungkinkan enzim amilase memecah pati menjadi gula sederhana, dekstrin, *malt*, dan

glukosa. Pada proses fermentasi, mikroba penghasil enzim selulolitik dapat menghancurkan dinding sel singkong sehingga terjadi liberasi granula pati. Pati singkong kemudian dihirolisis oleh BAL amilolitik yang memiliki aktivitas enzim amilase dan pululanase (Setiarto *et al.* 2015 dan Kostinek *et al.* 2007). Enzim amilase terbagi menjadi enzim  $\alpha$ -amilase yang menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,4 glikoanalisis pada pati dan enzim  $\beta$ -glukoamilase yang menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,6 yang terdapat pada percabangan amilopektin. Enzim pululanase memiliki fungsi yang sama dengan enzim  $\beta$ -glukoamilase (deMan 1999). Aktivitas perombakan pati oleh enzim-enzim tersebut diduga dapat menghasilkan amilosa rantai pendek.

### Pasting Properties

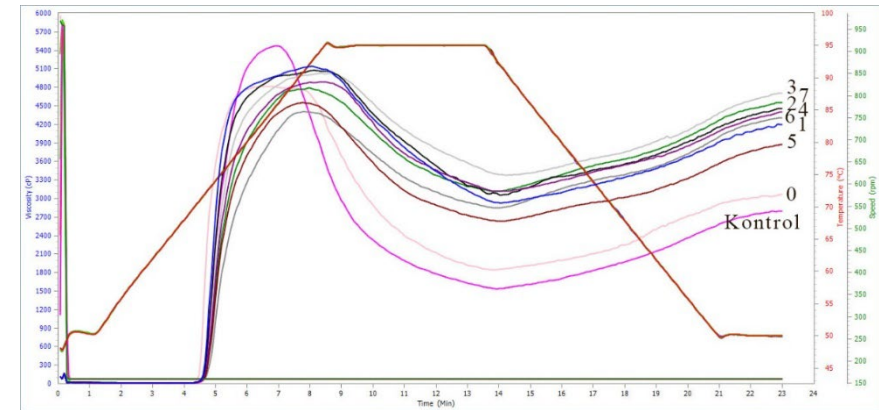
Pasting properties baik tepung mocaf maupun tepung control diidentifikasi menggunakan instrumen RVA. RVA merupakan viskometer untuk mengukur resitansi sampel terhadap pengadukan terkontrol yang disertai dengan perlakuan pemanasan dan pendinginan. Prinsip pengukuran RVA sama dengan *brabender amioografi*, namun dengan waktu pengukuran yang lebih singkat (Rahmiati *et al.* 2016). Pasting properties menggambarkan hubungan antara nilai viskositas (cP) dengan siklus pemanasan





Perlakuan	Viskositas (cP)			
	Puncak	Breakdown	Akhir	Setback
Kontrol (S1H0)	5524 <sup>a</sup>	3954 <sup>a</sup>	2856 <sup>a</sup>	1286 <sup>bcd</sup>
S1H1	4982 <sup>bcd</sup>	2748 <sup>b</sup>	3196 <sup>ab</sup>	962 <sup>a</sup>
S1H2	5092 <sup>abc</sup>	2574 <sup>bc</sup>	3548 <sup>abc</sup>	1032 <sup>ab</sup>
S1H3	4460 <sup>cd</sup>	1692 <sup>ef</sup>	3883 <sup>bcd</sup>	1116 <sup>abc</sup>
S1H4	4426 <sup>efg</sup>	1286 <sup>gf</sup>	4881 <sup>e</sup>	1741 <sup>f</sup>
S1H5	4494 <sup>efg</sup>	1534 <sup>efg</sup>	4277 <sup>cde</sup>	1316 <sup>bcd</sup>
S1H6	4133 <sup>fg</sup>	1638 <sup>efg</sup>	3812 <sup>bcd</sup>	1318 <sup>bcd</sup>
S1H7	4102 <sup>g</sup>	1174 <sup>g</sup>	4204 <sup>cde</sup>	1276 <sup>bcd</sup>

(a)



Perlakuan	Viskositas (cP)			
	Puncak	Breakdown	Akhir	Setback
S2H0	4786 <sup>bcd</sup>	2953 <sup>b</sup>	3082 <sup>ab</sup>	1249 <sup>bcd</sup>
S2H1	5193 <sup>ab</sup>	2620 <sup>bc</sup>	3728 <sup>bce</sup>	1156 <sup>abc</sup>
S2H2	4908 <sup>bcd</sup>	2209 <sup>cd</sup>	3896 <sup>bce</sup>	1196 <sup>abcd</sup>
S2H3	5068 <sup>abcd</sup>	1638 <sup>efg</sup>	4808 <sup>e</sup>	1378 <sup>cde</sup>
S2H4	4678 <sup>cde</sup>	1715 <sup>ef</sup>	4284 <sup>cde</sup>	1322 <sup>bcd</sup>
S2H5	4910 <sup>bcd</sup>	1876 <sup>cd</sup>	4334 <sup>cde</sup>	1300 <sup>bcd</sup>
S2H6	4632 <sup>cde</sup>	1786 <sup>def</sup>	4386 <sup>cde</sup>	1541 <sup>ef</sup>
S2H7	4601 <sup>def</sup>	1600 <sup>efg</sup>	4468 <sup>de</sup>	1466 <sup>de</sup>

(b)

Gambar 5. Pasting properties tepung singkong dan tepung mocaflour, (a) mocaflour dari tepung singkong tanpa proses penyimpanan suhu dingin, dan (b) mocaflour dari tepung singkong dengan proses penyimpanan suhu dingin selama 4 bulan

dan pendinginan ( $^{\circ}\text{C}$ ) pada sumbu y dengan waktu pada sumbu x (Gambar 5). Perubahan viskositas selama analisis ditunjukkan oleh kuva berbentuk puncak dan lembah, sedangkan siklus pemanasan dan pendinginan selama analisis ditunjukkan oleh kurva berbentuk trapesium.

Kurva profil gelatinisasi tepung singkong kontrol dan termodifikasi diawali dengan peningkatan viskositas pasta pati akibat proses pemanasan hingga tercapai viskositas puncak. Viskositas puncak adalah viskositas pada saat granula pati mengembang maksimum selama pemanasan (Kusnandar 2011).

Selanjutnya, suhu ditahan pada  $95^{\circ}\text{C}$  yang menyebabkan granula pati pecah sehingga menyebabkan terjadinya penurunan viskositas pasta pati yang sedang dipanaskan. Viskositas *trough* adalah viskositas terendah pasta pati saat suhu dipertahankan pada  $95^{\circ}\text{C}$  selama waktu tertentu. Faridah *et al.* (2010) menjelaskan bahwa pati yang memiliki pasting properties dengan puncak viskositas yang cukup tinggi dan diikuti dengan penurunan viskositas yang cukup tajam selama pemanasan menunjukkan bahwa pati tersebut kurang tahan atau kurang stabil pada proses pemanasan. Kestabilan panas dihitung dari selisih nilai viskositas puncak dan viskositas *trough*, yang kemudian disebut dengan viskositas *breakdown* (Kusnandar 2011).

Setelah waktu penahanan (holding time) pada suhu  $95^{\circ}\text{C}$  terlampaui, suspensi pati didinginkan hingga suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , hal ini menyebabkan viskositas pasta pati naik kembali hingga tercapai viskositas akhir (Gambar 5). Viskositas *setback* merupakan selisih antara viskositas *trough* dan viskositas akhir (Kusnandar 2011). Viskositas *setback* menggambarkan tingkat kecenderungan proses retrogradasi dan sineresis pasta pati. Retrogradasi adalah proses kristalisasi pati yang telah mengalami gelatinisasi, sedangkan sineresis adalah keluarnya cairan dari suatu gel pati. Secara keseluruhan, pola kurva pasting properties tepung singkong kontrol dan

termodifikasi menyerupai kurva profil gelatinisasi pati Singkong (Rahmiati *et al* 2016).

Analisis ragam menunjukkan adanya interaksi antara lama penyimpanan pada suhu dingin dan waktu fermentasi tepung terhadap pola perubahan viskositas (pasting properties) pasta tepung singkong termodifikasi (mocaf) pada selang kepercayaan 95%. Perubahan pasting properties ini secara nyata diidentifikasi melalui parameter viskositas puncak (*peak*), viskositas *breakdown*, viskositas akhir, dan viskositas *setback* (gambar 5).

Penerapan proses penyimpanan pada suhu dingin tepung singkong native sebagai proses awal pengolahan tepung mocaf cenderung mengakibatkan peningkatan nilai viskositas puncak pasta tepung mocaf hasil olahannya. Sedangkan peningkatan lama waktu fermentasi cenderung menyebabkan penurunan nilai viskositas puncak pasta tepung mocaf dari tepung singkong tanpa perlakuan penyimpanan, namun efeknya bersifat tidak tentu (*aleatoire*) pada pasta mocaf yang dibuat dari tepung singkong yang disimpan di suhu dingin selama 4 bulan.

Tren penurunan viskositas puncak dengan bertambahnya lama waktu fermentasi dapat disebabkan oleh penurunan kadar pati akibat aktivitas perombakan pati menjadi gula sederhana dan asam-asam organik oleh enzim yang dihasilkan mikroba selama proses fermentasi. Tren tersebut juga diperkuat oleh penelitian Padmanabhan dan Losane (1992), pati singkong yang diekstrak menggunakan metode enzimatis mengalami sedikit penurunan viskositas puncak. Viskositas puncak yang lebih tinggi pada pasta mocaf yang dibuat dari tepung singkong yang telah disimpan pada suhu dingin selama 4 bulan diduga berkorelasi dengan kadar amilosa yang lebih tinggi pada mocaf ini.

Viskositas *breakdown* pasta tepung singkong termodifikasi (mocaf) lebih rendah dibanding viskositas *breakdown* tepung singkong kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pasta tepung mocaf lebih stabil terhadap

pemanasan dibanding pasta pati tepung singkong kontrol. Penyimpanan tepung singkong pada suhu dingin selama 4 bulan ternyata justru meningkatkan nilai viskositas *breakdown* pasta tepung mocaf hasil olahannya. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpanan bahan baku mocaf selama 4 bulan di suhu dingin akan berakibat menurunnya tingkat stabilitas panas tepung mocaf yang dihasilkan dari bahan baku ini. Viskositas *breakdown* tepung singkong termodifikasi juga menurun dengan bertambah lamanya waktu fermentasi, dengan demikian kestabilan panas tepung mocaf akan semakin tinggi seiring dengan bertambahnya lama waktu fermentasi.

Lama waktu fermentasi dan penyimpanan dingin selama 4 bulan sebelum tepung singkong diolah menjadi mocaf ternyata memiliki pengaruh besar terhadap nilai viskositas akhir tepung mocaf. Makin lama proses fermentasi tepung mocaf makin tinggi nilai viskositas akhirnya. Mocaf yang dibuat dari tepung singkong yang telah disimpan selama 4 bulan di suhu dingin cenderung memiliki nilai viskositas akhir yang lebih tinggi dibanding mocaf yang dibuat dari tepung singkong segar.

Viskositas akhir berkorelasi positif dengan kadar amilosa pati (Astuti *et al.* 2017 dan Lin *et al.* 2011). Amilosa berupa rantai lurus dengan struktur kristalin mampu mengikat air dalam jumlah yang banyak dan membentuk gel yang kohesif (kenyal) saat didinginkan. Pati yang mengandung kadar amilosa tinggi cenderung mengalami retrogradasi.

Viskositas *setback* yang tinggi menunjukkan pasta yang mudah mengalami retrogradasi, sehingga cenderung membentuk gel selama proses pendinginan. Peningkatan kadar amilosa, penambahan panjang rantai amilopektin, dan terbentuknya ikatan fosfat dapat menyebabkan pati akan memiliki viskositas *setback* tinggi sehingga cenderung mengalami retrogradasi (Eliasson 2004).

## SIMPULAN

Modifikasi tepung singkong melalui kombinasi perlakuan lama penyimpanan di suhu dingin dan waktu fermentasi tepung berpengaruh nyata terhadap perubahan derajat putih, kadar amilosa, dan pasting properties tepung mocaf.

- Penyimpanan tepung singkong native pada suhu dingin selama 4 bulan akan menyebabkan dihasilkannya tepung mocaf dengan nilai derajat putih yang lebih rendah namun dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi.
- Nilai derajat putih dan kadar amilosa tepung mocaf akan meningkat seiring dengan semakin bertambah lamanya durasi proses fermentasi pada proses pengolahan tepung mocaf tersebut
- Semua kombinasi perlakuan penyimpanan dingin sebelum pengolahan dan lama waktu fermentasi saat pengolahan dapat menghasilkan tepung mocaf dengan tingkat kestabilan yang lebih baik terhadap proses pemanasan
- Sebagian besar tepung singkong termodifikasi (mocaf) memiliki kecenderungan retrogradasi yang lebih tinggi dibanding tepung singkong kontrol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aliawati G. 2003. Teknik analisis kadar amilosa dalam beras. *Buletin Teknik Pertanian*. 8(2): 82-84.
- 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.
- Astuti SD, Andarwulan N, Fardiaz D, Purnomo EH. 2017. Karakterisasi sifat fisikokimia dan fungsional tepung talas satoimo hasil fermentasi terkendali dengan *L. plantarum* dan *S. cerevisiae*. Di dalam LPPM Unsoed, editor. Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan VII; 2017 Nov 17-18;

- Purwokerto, Indonesia. Purwokerto(ID): LPPM Unsoed.hlm 796-809.
- Boyer R, McKinney J. 2013. Food storage guidelines for consumers. *Virginia Cooperative Extension*. 348-960.
- DeMan JM. 1999. *Principles of Food Chemistry*. 3<sup>rd</sup> Edition. Ontario(CAN): Aspen Publishers Inc.
- Eliasson AC. 2004. *Starch in Food*. Boca Raton (USA): CRC Press LLC.
- Faridah DN, Fardiaz D, Andarwulan N, Sunarti TC. 2014. Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Maranta arundinaceae*). *Agritech*. 34(1): 14-21.
- Faridah DN, Fardiaz D, Andarwulan N, Sunarti TC. 2010. Perubahan struktur pati garut (*Maranta arundinaceae*) sebagai akibat modifikasi hidrolisis asam, pemotongan titik percabangan dan siklus pemanasan-pendinginan. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan*. 19(2):135-142.
- Hidayat B, Kalsum N, Surfiana. 2009. Karakterisasi tepung ubi kayu modifikasi yang diproses menggunakan metode praelatinisasi parsial. *J Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 4(2):148-159.
- Hirschler R. 2012. Whiteness, yellowness, and browning in food colorimetry. Di dalam: Caivano JL, Buera MDP, editor. *Color in Food: Technological and Psychophysical Aspects*. Boca Raton (US): Taylor & Francis Group (CRC Press). p 93-103.
- Husniati, Widhyastuti N. 2013. Perbaikan mutu tepung singkong melalui teknologi fermentasi untuk menghasilkan tepung mokaf. *J Riset Industri*. 7(1):25-33.
- Iswari K, Astuti HF, Srimaryati. 2016. Pengaruh lama fermentasi terhadap mutu tepung cassava termodifikasi. Di dalam BPTP Jambi, editor. *Membangun Pertanian Modern dan Inovatif Berkelanjutan Dalam Rangka Mendukung MEA*; 2016 Mei 31-Jun 1; Jambi, Indonesia. Jambi (ID): Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.hlm 1250-1257.
- Lin QL, Xiao HX, Fu XJ, Tian W, Li LH, Yu FX. 2011. Physico-chemical properties of flour, starch, and modified starch of two rice varieties. *Agricultural Sciences in China*. 10(6):960-968.
- Kostinek *et al.* 2007. Characterisation and biochemical properties of predominant lactic acid bacteria from fermenting cassava for selection as starter cultures. *International Journal of Food Microbiology*. 114:342-351.
- Kusnandar F. 2011. *Kimia Pangan Komponen Makro*. Jakarta(ID): Dian Rakyat.
- Nielsen SS. 2003. *Food Analysis*. 3rd ed. New York(US): Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Padmanabhan T, Lonsane BK. 1992. Comparative physicochemical and functional properties of cassava starch obtained by conventional and enzyme integrated conventional techniques. *Starch/Stärke*. 44:328-331.
- 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.
- Salim E. 2011. *Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf Bisnis Prouk Alternatif Pengganti Terigu*. Yogyakarta (ID): Lily Publisher.
- Sabowale AO, Olurin TO, Oyewole OB. 2007. Effect of lactic acid bacteria starter culture fermentation of cassava on chemical and sensory characteristics of fufu flour. *African Journal of Biotechnology*. 6(16):1954-1958.
- Setiarto RHB. 2015. Peningkatan pati resisten tepung talas melalui fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan serta evaluasi sifat prebiotiknya [tesis]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wanita YP, Wisnu E. 2013. Pengaruh cara pembuatan mocaf terhadap kandungan amilosa dan derajat putih tepung. Di dalam Saleh *et al.*, editor. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*; 2013 Mei 22; Malang, Indonesia. Bogor(ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hlm 588-596.