

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA TEPUNG CAMPOLAY (*Pouteria campechiana*) TERMODIFIKASI SECARA FISIK DAN BIOLOGI

*Physicochemical Properties of Physically and Biologically Modified Canistel
(Pouteria campechiana) Flour*

Sri Rejeki Retna Pertiwi^{1)*}, Noli Novidahlia¹⁾, Muhammad Mustofa¹⁾, Aminullah^{1)*}

¹⁾Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknik dan Ilmu Pangan Halal,
Universitas Djuanda Bogor

Jalan Tol Ciawi No. 1, Kotak Pos 35 Ciawi, Bogor 16720, Indonesia

*Korespondensi Penulis: aminullah@unida.ac.id; sri.rejeki.pertiwi@unida.ac.id

ABSTRACT

*Flour modifications can be conducted to expand its utilization into processed products. This research aimed to study the effect of physical and biological modification on the physicochemical properties of canistel (*Pouteria campechiana*) flour. The research method included making canistel flour unmodified (native), physical modification using heat moisture treatment (HMT) method, and biological modification by fermentation. Physical properties analysis included color and morphology of starch granules, while chemical analysis included water content, total sugar content, starch content, amylose content, and amylopectin content. The data were analyzed statistically using One Way ANOVA and continued with the Duncan post hoc test. Statistical analysis showed that modification of canistel flour could decrease brightness and increase a value and decrease b value. Native, HMT-modified, and fermented-modified canistel flour had colors of incarnation, rose pink, and fresh plaster, respectively. In addition, the fermented modified canistel flour tends to have higher total sugar content, although the HMT modified flour tends to decrease compared to the native canistel flour. Modified canistel flour tends to have lower starch, amylose, and amylopectin content than native flour. Morphologically, modifications to canistel flour have no effect on flour morphology.*

Keywords: *fermentation, heat moisture treatment, modified flour, Pouteria campechiana*

PENDAHULUAN

Buah campolay (*Pouteria campechiana*) berasal dari Meksiko Selatan, Belize, Guatemala, dan El Salvador, kemudian tersebar ke seluruh Amerika Tengah, Karibia, beberapa wilayah Asia Tenggara termasuk Indonesia dan Afrika (Crane & Balerdi, 2016). Buah campolay yang muda berwarna kehijauan dan sering memiliki rasa asam pahit, sedangkan buah campolay yang sudah matang memiliki warna kuning

krem, daging buahnya bertekstur seperti mentega, dan rasanya manis (Awang-Kanak & Bakar, 2018). Di Indonesia, buah campolay banyak ditemukan di Jawa Barat namun belum dimanfaatkan secara optimal dan dewasa ini dilakukan penelitian-penelitian tentang buah campolay antara lain menjadi tepung dari buah masak penuh (Pertiwi *et al.*, 2020a), menjadi serbuk dari buah lewat matang (Pertiwi *et al.*, 2020b), dan aplikasi tepung campolay menjadi *brownies* (Pertiwi *et al.*, 2018),

polvoron (Padilla *et al.*, 2017), *cookies* (Paragados, 2014), dan mi (Aminullah *et al.*, 2020).

Penggunaan tepung campolay pada pengolahan *brownies* dan polvoron masih perlu dicampur dengan tepung lain karena *after taste* yang tidak disukai oleh panelis. Hal tersebut disebabkan oleh getah yang terdapat dalam buah campolay. Walaupun dalam pembuatan tepung telah dilakukan *pre-treatment* penghilangan getah, akan tetapi masih terdeteksi oleh panelis pada produk akhir. Pertiwi *et al.* (2020a) melaporkan bahwa perlakuan suhu dan waktu tidak berpengaruh terhadap *flavor* getir. Aminullah *et al.* (2020) menyatakan bahwa pada pembuatan mi campolay, meskipun sudah dicampur dengan tepung lain, akan tetapi *cooking loss* masih tinggi. Mi campolay ini memiliki *cooking loss* yang tinggi yaitu 16,41% (mocaf 70 : 30 tepung campolay), 17,35% (mocaf 60 : 40 tepung campolay), 19,56% (mocaf 50 : 50 tepung campolay), mi yang berkualitas baik adalah yang memiliki *cooking loss* <15%. Mi campolay termasuk dalam kategori mi non-gluten. Pada pembuatan mi non-gluten, yang berperan pada pembentukan struktur mi adalah komponen pati. Modifikasi pada pati diperlukan dalam pengubahan atau peningkatan profil gelatinisasi pati.

Modifikasi pati dapat dilakukan langsung pada pati (ekstraksi basah) atau pada tepung (ekstraksi kering). Modifikasi pada pati yang pernah dilakukan adalah modifikasi secara fisik dengan metode *heat moisture treatment* (HMT) (Pertiwi *et al.*, 2022). Selain itu, modifikasi secara pre-gelatinisasi dan modifikasi secara *cross-linking* juga pernah dilakukan pada pati campolay (Rajani, 2020). Modifikasi pati dengan HMT memberikan hasil pati

native tipe B berubah menjadi tipe C yang sesuai untuk pembuatan mi (Pertiwi *et al.*, 2022). Modifikasi pada tepung juga dapat dilakukan secara biologi dengan metode fermentasi. Modifikasi tepung secara fermentasi pada singkong sudah dilakukan oleh Suismono *et al.* (2007). Penelitian lain tentang tepung modifikasi yang sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti lain antara lain tepung kasava modifikasi (*biologically modified cassava flour*) (Misgiyarta *et al.*, 2009; Yulifianti *et al.*, 2012), pati talas banten termodifikasi HMT (Fetriyuna *et al.*, 2016), dan tepung beras termodifikasi HMT (Takahashi *et al.*, 2005; Lorlowhakarn & Naivikul, 2006), sedangkan penelitian tentang tepung campolay (melalui ekstraksi kering) termodifikasi belum ditemukan di publikasi jurnal-jurnal penelitian. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diteliti perubahan sifat fisik dan kimia tepung campolay (*Pouteria campechiana*) masak penuh dengan tepung campolay termodifikasi secara fisik dengan HMT dan secara biologi dengan fermentasi.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tray dryer* (Maksindo, MKS DR6), oven (Weiss-WKL 10), *scanning electron microscope/SEM* (Thermo Scientific-Quattro S), *Colorimeter* (Precise Colorimeter-AMT501U), blender (Cosmos - CB 721 G), refrigrator (kulkas Aqua - AQRD181), *fogging tester* (Thermo Scientific-HAAKE PC 200), *peeler, disc mill* tipe FFC-15, ayakan 100 mesh (Test Sieve Analisis-CBN KS 37), nampan plastik, baskom plastik, neraca analitik 2 kg, cawan porselin,

rotary seaker, botol sampel, statif, alat gelas kimia seperti gelas piala, gelas ukur, tabung reaksi, erlenmeyer, dan buret.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah campolay (*Pouteria campechiana*) masak penuh (warna hijau, daging buah keras, mengandung banyak getah) yang diperoleh dari petani di Desa Leuwinutug, Kecamatan Citeureup, Bogor, Jawa Barat. Bahan lain yang digunakan untuk penelitian yaitu starter BIMO-CF, akuades, garam, dan bahan-bahan kimia seperti HCl, NaOH, larutan *luff schoorl*, natrium tiosulfat, indikator kanji untuk analisis kadar pati, diamonium hidrogen fosfat, asam sulfat, etanol, asam asetat, I₂/KI, dan standar amilosa.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Tepung Campolay Native

Pembuatan tepung campolay masak penuh dilakukan sesuai dengan Pertiwi *et al.* (2020a). Buah campolay dikupas kulitnya dan diiris tipis-tipis menggunakan *peeler*, kemudian direndam dalam larutan NaCl 7,5% selama 30 menit. Setelah proses perendaman, buah campolay dicuci, ditiriskan, kemudian dikeringkan dalam dehidrator (*tray dryer*) makanan elektrik tipe MKS-DR10 pada suhu 60°C selama 6 jam hingga mencapai kadar air akhir sekitar 10%. *Dryer* MKS-DR10 diproduksi oleh PT Toko Mesin Maksindo (Indonesia) memiliki spesifikasi 10 rak, 800 Watt 220 Volt dengan dimensi rak 372×297 mm, dan kapasitas pengeringan 100 gram bahan per rak. Setelah itu, irisan buah kering digiling menggunakan *disc mill* tipe FFC-15 dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. *Disk mill* FFC-15 diproduksi oleh Shandong-Jimo *Agricultural Machinery* (China) dengan

spesifikasi dimensi 49×23×65 cm, kapasitas sebanyak 55 kg per jam, 1100 watt, dan kecepatan 9000 rpm.

Pembuatan Tepung Campolay Modifikasi Heat Moisture Treatment (HMT)

Tepung campolay masak penuh yang dibuat sebelumnya menggunakan metode Pertiwi *et al.* (2020a) kemudian dilakukan modifikasi dengan metode *heat moisture treatment* (HMT) berdasarkan metode Setiyoko *et al.* (2018). Tepung campolay *native* ditimbang kemudian ditambahkan *distilled water* hingga kadar airnya mencapai kurang lebih 30%. Setelah itu, didinginkan pada suhu 4-5°C selama 24 jam, kemudian dipanaskan hingga suhu 80°C dan ditahan selama 3 jam. Tepung yang telah dipanaskan tersebut kemudian dikeluarkan dari pemanas dan didiamkan pada ruang terbuka hingga mencapai suhu 25°C dan didiamkan selama 30 menit. Setelah itu, dikeringkan pada suhu 50°C selama 5 jam. Setelah dikeringkan, kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran 100 *mesh*.

Pembuatan Tepung Campolay Modifikasi Fermentasi

Pembuatan tepung campolay masak penuh metode fermentasi sesuai metode dari Tandrianto *et al.* (2014) dengan modifikasi. Daging buah campolay yang telah diiris tipis sebanyak 1 kg ditambahkan 1 liter akuades dan 1 g starter BIMO-CF, bahan kemudian dicampur ke dalam wadah fermentasi. Starter BIMO-CF adalah bibit fermentasi berbentuk serbuk yang mengandung beragam bakteri asam laktat dan diproduksi oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian dengan Sertifikat Halal No. 00220060031211. Bahan difermentasi

di dalam *waterbath* pada suhu 30°C selama 12 jam. Bahan diperas untuk mengurangi kadar air, kemudian dikeringkan di dalam *tray dryer* pada suhu 55°C selama 2 jam. Pengeringan dilanjutkan pada suhu 40°C selama 6 jam hingga mencapai kekeringan yang diinginkan. Bahan dilakukan pengecilan ukuran dengan blender, kemudian dilanjutkan pengayakan dengan ukuran 100 *mesh*.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor yaitu metode modifikasi tepung dengan 3 taraf perlakuan yaitu tanpa modifikasi (*native*), modifikasi secara fisik dengan *heat moisture treatment* (HMT), dan modifikasi secara biologi dengan fermentasi. Dilakukan dengan 2 kali ulangan pada masing-masing taraf perlakuan.

Data yang diperoleh diolah menggunakan program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS). Uji statistik yang digunakan adalah uji sidik ragam ANOVA untuk mengetahui perlakuan yang digunakan dalam penelitian berpengaruh nyata atau tidak. Jika nilai $p < 0,05$ maka perlakuan berpengaruh nyata dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan pada selang kepercayaan 95% (taraf $\alpha = 0,05$). Data uji warna yang diperoleh dikonversikan menggunakan aplikasi *Color Lab* versi 1.2 buatan *Vilka Studios* yang diunduh melalui aplikasi *Google Play Store*.

Metode Analisis

Analisis tepung campolay *native* dan termodifikasi yang dilakukan yaitu kadar

air (AOAC, 2005), gula (AOAC, 2005), kadar total pati (AOAC, 2005), kadar amilosa (Apriyantono *et al.*, 1989), kadar amilopektin (Apriyantono *et al.*, 1989), analisis morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Pukkahuta *et al.*, 2008), dan warna (Hutchings, 1999) dengan bantuan aplikasi *Color Lab*.

Kadar Gula (AOAC, 2005)

Tepung campolay sebanyak 2,5 g ditimbang dan dimasukkan ke labu takar 100 mL dan ditambahkan 50 mL akuades. Kemudian disaring dan diambil 25 mL filtrat ke dalam erlenmeyer. Setelah itu, ditambahkan 25 mL akuades dan 10 mL HCl 30%. Kemudian dilakukan pemanasan pada suhu 67-70°C selama 10 menit, lalu didinginkan sampai suhu 20°C serta dinetralkan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume tertentu. 25 mL larutan diambil dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL serta ditambahkan 25 mL larutan *luff schoorl*. Selain itu, dibuat juga blanko dengan 25 mL larutan *luff schoorl* dan 25 mL akuades. Larutan yang ada di dalam erlenmeyer, diberi batu didih lalu ditutup dengan corong berkapas kemudian dibiarkan mendidih sampai 10 menit. Setelah itu, dilakukan pendinginan secara cepat. Setelah larutan dingin, ditambah dengan 15 mL KI 20% dan 25 mL H₂SO₄ 6 N. Kemudian ditambahkan indikator amilum sebanyak 2 mL dan dilakukan titrasi dengan larutan Natisulfat 0,1 N. Penentuan kadar gula total dapat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Gula total} = \% \text{ gula setelah inverse}$$

Kadar Total Pati (AOAC, 2005)

5 g sampel ditimbang dan ditambahkan 50 mL akuades lalu diaduk

selama 1 jam. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan akuades sampai volume filtrat 250 mL. Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200 mL akuades dan ditambahkan 20 mL HCl dipanaskan di atas penangas air mendidih selama 2,5 jam. Setelah dingin dinetralkan dengan larutan NaOH 45% dan diencerkan sampai volume 500 mL, kemudian disaring. Kadar gula dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Berat glukosa dikalikan 0,9 merupakan berat pati.

Kadar Amilosa dan Kadar Amilopektin (Apriyantono et al., 1989)

Penentuan kadar amilosa diawali dengan pembuatan kurva standar. Sampel 40 mg amilosa murni dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1 N. Lalu dipanaskan dalam air mendidih selama 10 menit dan didinginkan. Larutan dipipet masing-masing sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 mL ke dalam labu takar 100 mL. Ke dalam masing-masing labu takar ditambahkan asam asetat 1 N masing-masing 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 mL lalu ditambahkan masing-masing 2 mL larutan iod. Campuran ditepatkan hingga merata dan didiamkan selama 20 menit. Intensitas warna biru yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar dibuat dengan memplotkan kadar amilosa pada sumbu X dan absorbansi pada sumbu Y. Kemudian dihitung persamaan linear yang menggambarkan hubungan antar keduanya. Persamaan linear yang diperoleh berupa:

$$Y = a + bX$$

Penetapan sampel dilakukan dengan menimbang 100 mg sampel dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu ditambahkan 1 mL etanol 95% dan 9 mL NaOH 1 N. Campuran dipanaskan dalam air mendidih selama 10 menit lalu dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL, ditepatkan sampai tanda tera.

Penetapan kadar amilopektin mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar amilopektin} = \text{total pati} - \text{kadar amilosa}$$

Analisis Morfologi dengan Menggunakan Scanning Electron Microscope/SEM (Pukkahuta et al., 2008)

Serbuk tepung diletakkan di atas tempat sampel dengan menggunakan isolasi *double-side*. Sampel kemudian dilapisi dengan emas, lalu dimasukkan ke dalam instrumen SEM (*Thermo Scientific - Quattro S*). Struktur pati diamati di layar monitor dengan menggunakan skala pembesaran 500, 1000, dan 1500 kali dengan tegangan percepatan 7 kV. Hasil pengamatan kemudian difoto dengan menggunakan kamera digital.

Warna (Hutchings, 1999) dengan Bantuan Aplikasi Color Lab.

Sampel (tepung campolay) ditempatkan pada wadah yang transparan. Chromameter disiapkan dan dikalibrasi. Sampel disiapkan sebanyak 5 g. Selanjutnya, menentukan panel standar yang akan disinari dengan alat, setelah standar tertera pada layar maka pengujian terhadap sampel dapat dilakukan. Mata cahaya chromameter ditempelkan sedekat mungkin pada sampel dan disinari dengan alat, kemudian nilai akan tertera pada

layar. Pengukuran menghasilkan nilai L, a, b. L (*lightness*) menyatakan parameter kecerahan, (warna kromatis, 0: hitam sampai 100: putih). Warna kromatik campuran merah hijau ditunjukkan oleh nilai a ($a+ = 0-100$) untuk warna merah, $a- = 0-(80)$ untuk warna hijau). Warna kromatik campuran biru kuning ditunjukkan oleh nilai b ($b+ = 0-70$), untuk warna kuning, $b- = 0-(-70)$ untuk warna biru).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tepung Campolay

Warna Tepung Campolay

Warna permukaan makanan merupakan parameter kualitas pertama yang dievaluasi oleh konsumen dan sangat penting untuk penerimaan produk (León *et al.*, 2006). Warna tepung campolay masak penuh tersaji pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik warna tepung campolay

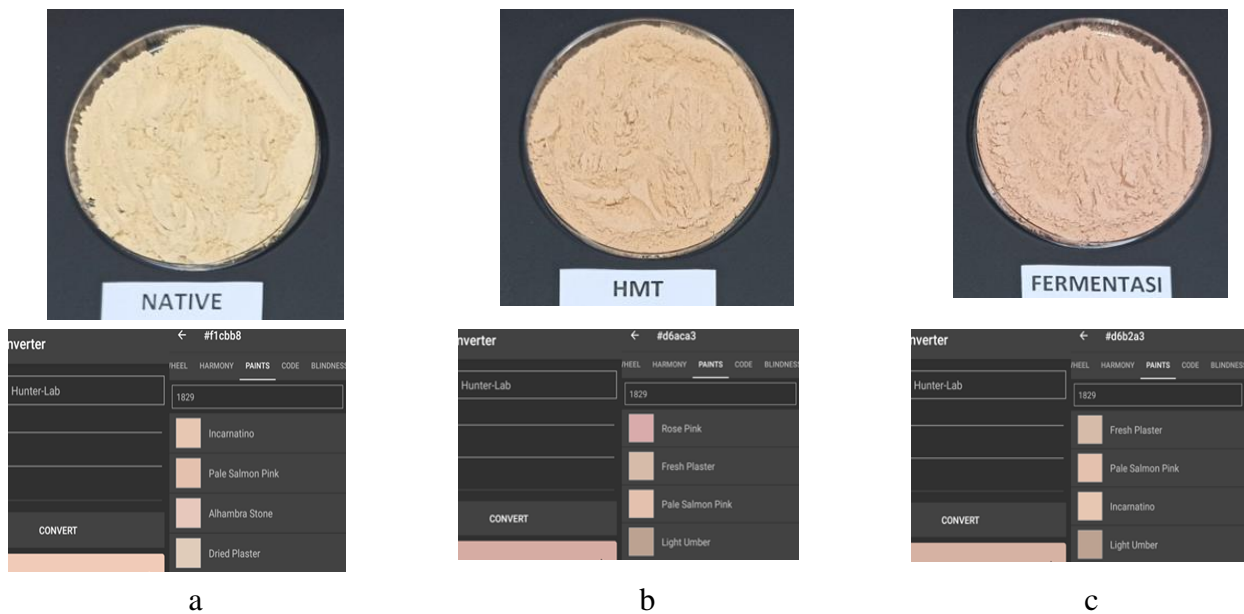
Parameter	Tepung campolay		
	Native	HMT	Fermentasi
Nilai L	+80,43 ^a	+68,13 ^b	+69,87 ^b
Nilai a	+5,92 ^c	+9,25 ^a	+6,46 ^b
Nilai b	+16,38 ^a	+11,82 ^c	+13,66 ^b

Keterangan: *Superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha < 0,05$)

Nilai L (*lightness*) positif menunjukkan sampel semakin cerah, sedangkan nilai L negatif menunjukkan sampel semakin gelap (Leggett, 2008). **Tabel 1** menunjukkan bahwa tingkat kecerahan tepung campolay termodifikasi HMT dan fermentasi lebih rendah dibandingkan tepung campolay *native*. Hal ini sesuai dengan penelitian Rajani (2020) yang melaporkan bahwa penurunan tingkat

kecerahan pada pati campolay termodifikasi HMT. Selain itu, Fetriyuna *et al.* (2016) melaporkan bahwa derajat putih pati talas banten termodifikasi HMT (*heat moisture treatment*) lebih rendah yaitu 80,19% hingga 81,45%, dibandingkan pati talas banten alami yaitu 89,89%. Menurut Poedjiadi & Supriyanti (2006), *browning* pada bahan yang mengandung karbohidrat dapat terjadi secara enzimatis dan non-enzimatis. Deka & Sit (2016) dan Winarno (2004) juga melaporkan bahwa modifikasi atau pemrosesan termal menyebabkan reaksi *maillard* antara gula pereduksi dari pati dan gugus amino dalam protein yang dapat mengubah warna dan aroma.

Nilai a negatif menunjukkan semakin mendekati warna hijau, sedangkan nilai a positif semakin mendekati warna merah. Nilai a dari terendah hingga tertinggi secara berturut-turut adalah pada tepung campolay *native* (5,92), termodifikasi fermentasi (6,46), termodifikasi HMT (9,25), semakin tinggi nilai a maka warna semakin merah. Nilai a tepung campolay termodifikasi lebih tinggi dibandingkan tepung campolay *native*, di mana tepung campolay modifikasi HMT memiliki nilai a yang paling tinggi dibandingkan tepung campolay *native* dan modifikasi fermentasi (**Tabel 1**). Rajani (2020) melaporkan bahwa pati campolay termodifikasi HMT memiliki nilai a yang lebih tinggi dibandingkan pati campolay *native*. Nilai b negatif semakin mendekati warna biru, sedangkan nilai b positif semakin mendekati warna kuning (Leggett, 2008). Nilai b dari terendah hingga tertinggi secara berturut-turut antara lain pada tepung campolay termodifikasi HMT yaitu 11,82; termodifikasi fermentasi yaitu 13,66;



Gambar 1. Nilai L, a, b pada tepung campolay perlakuan (a) *native*, (b) termodifikasi HMT (*heat moisture treatment*), dan (c) termodifikasi fermentasi dengan aplikasi *Color Lab*

native yaitu 16,38; semakin tinggi nilai b maka warna semakin kuning. Data hasil uji warna dari alat *colorimeter* dikonversikan dengan aplikasi *Color Lab* (**Gambar 1**). Metode warna pada kolom *color space* yaitu *Hunter-Lab* dengan 3 notasi warna yaitu L, a, dan b.

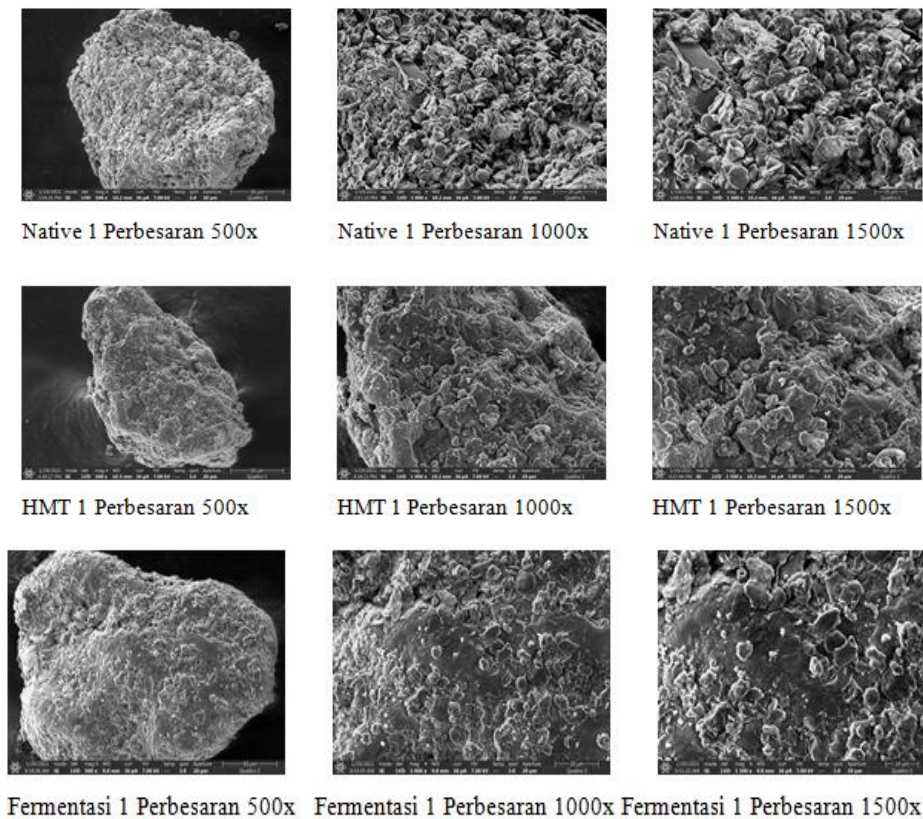
Data hasil konversi dengan aplikasi *Color Lab* menunjukkan kode dan kecenderungan warna antara lain *native* yaitu #f1cbb8 berwarna *Incarnatino*, termodifikasi HMT yaitu #d6aca3 berwarna *Rose Pink*, dan termodifikasi fermentasi yaitu #d6b2a3 berwarna *Fresh Plaster*. Rajani (2020) melaporkan bahwa pati campolay termodifikasi HMT memiliki warna kuning kemerahan.

Morfologi Tepung Campolay

Morfologi tepung campolay diamati dengan menggunakan *scanning electron microscope/SEM* (ThermoFisher Scientific - FE SEM Quattro S) dengan perbesaran 500x, 1000x, dan 1500x. Joshi *et al.* (2008) menjelaskan bahwa SEM

memperbesar gambar dengan menggunakan elektron daripada cahaya yang digunakan oleh mikroskop konvensional. Morfologi tepung campolay *native* dan termodifikasi tersaji pada **Gambar 2**.

Morfologi granula tepung campolay termodifikasi baik HMT dan fermentasi cenderung tidak berbeda dengan tepung campolay *native*-nya. Walaupun dalam beberapa penelitian, proses modifikasi dapat sedikit mengubah kerapatan dari granula patinya. Hal ini sesuai dengan Rajani (2020) yang melaporkan bahwa perlakuan HMT pada pati campolay dapat lebih merenggangkan struktur pati. Pukkahuta *et al.* (2008) dan Watcharatewinkul *et al.* (2009) juga menjelaskan bahwa pati jagung dan pati canna yang dimodifikasi HMT menunjukkan penampilan struktur pati yang lebih renggang dibandingkan dengan pati *native*-nya.



Gambar 2. Morfologi tepung campolay *native*, termodifikasi HMT (*heat moisture treatment*) dan fermentasi dengan menggunakan *scanning electron microscope* dengan perbesaran 500x, 1000x, dan 1500x dengan perlakuan

Sifat Kimia Tepung Campolay

Analisis kimia pada tepung campolay *native* dan termodifikasi meliputi kadar air, kadar gula total, kadar pati, kadar amilosa, dan kadar amilopektin. Nilai parameter-parameter tersebut tersaji pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Sifat mutu kimia tepung campolay *native* dan termodifikasi

Parameter (%)	Tepung campolay		
	<i>Native</i>	HMT	Fermentasi
Kadar air	10,02 ^a	10,50 ^a	9,62 ^a
Kadar gula total	2,81 ^b	0,69 ^c	4,38 ^a
Kadar pati	53,31 ^a	41,87 ^c	48,82 ^b
Kadar amilosa	11,21 ^a	3,82 ^c	10,32 ^b
Kadar amilopektin	42,1 ^a	38,05 ^b	38,5 ^b

Keterangan: *Superscript* yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($\alpha < 0,05$)

Kadar Air Tepung Campolay

Tabel 2 menunjukkan bahwa modifikasi tepung campolay tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air tepung campolay yang dihasilkan. Tepung campolay *native*, tepung HMT, dan tepung termodifikasi fermentasi memiliki kadar air sekitar 10,02%; 10,50%; dan 9,62%. Kadar air tepung sekitar 10% ini dikondisikan agar memenuhi syarat kadar air yang aman untuk tepung yaitu $< 13\%$ sehingga dapat mencegah pertumbuhan kapang (Simon, 2009). Hasil kadar air tepung campolay termodifikasi fermentasi telah sesuai dengan standar SNI tentang tepung mocaf dengan nomor SNI 7622:2011 yaitu maksimal 13% (BSN, 2011). Kadar air *native* dan termodifikasi HMT telah sesuai dengan standar SNI

tentang tepung terigu sebagai sumber makanan dengan nomor SNI 3751:2009 yaitu maksimal 14,5% (BSN, 2009). Pertiwi *et al.* (2020a) melaporkan bahwa tepung campolay masak penuh metode *tray drying* dengan suhu pemanasan 40°C selama 6 jam memiliki kadar air 9,1% dan Nacing *et al.* (2020) melaporkan kadar air tepung campolay sebesar 9,05%. Setiyoko *et al.* (2018) melaporkan bahwa kadar air tepung bengkuang termodifikasi HMT memiliki kadar air 7,94%. Lestari (2017) melaporkan bahwa kadar air tepung mocaf varietas perelek sebesar 8,43 %.

Kadar Gula Total Tepung Campolay

Penguraian pati menjadi gula pada proses pematangan buah dikatalisis oleh enzim amilase yang menghidrolisis pati menjadi maltosa dan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim maltase menjadi glukosa (Hariyadi & Aini, 2015). **Tabel 2** menunjukkan bahwa kadar gula total pada setiap perlakuan berbeda nyata. Secara berturut-turut (dari yang besar sampai kecil), kadar gula tepung campolay termodifikasi fermentasi, *native*, dan termodifikasi HMT yaitu sebesar 4,38%; 2,81%; dan 0,69%. Tepung campolay termodifikasi fermentasi memiliki kadar gula paling tinggi karena terjadinya penguraian pati menjadi gula sederhana oleh starter mocaf. Hal ini sejalan dengan pendapat Aini *et al.* (2016) bahwa *Saccharomyces cerevisiae* yaitu sumber ragi yang mampu menghidrolisis pati menjadi gula sederhana. Tepung campolay termodifikasi HMT memiliki kadar gula terendah jika dibandingkan dengan tepung terfermentasi dan tepung campolay *native*. Setiarto *et al.* (2019) melaporkan bahwa tepung campolay metode pemanasan bertekanan-pendingin 1 siklus memiliki

kadar gula pereduksi sebesar 12,66% berbeda nyata dengan kontrol yaitu 18,83%. Menurut Pertiwi *et al.* (2020a), kandungan protein dari tepung campolay sekitar 4,42% sehingga penurunan kadar gula dapat terjadi karena reaksi *maillard* antara protein (asam amino) dan gula pereduksi.

Kadar Pati Tepung Campolay

Sifat kimia pati dipengaruhi oleh perbandingan komposisi amilosa dan amilopektin (Suarni, 2005). **Tabel 2** menunjukkan bahwa kadar pati pada tepung campolay *native* lebih tinggi dibandingkan dengan tepung campolay termodifikasi HMT dan fermentasi. Kadar pati tepung campolay termodifikasi HMT paling rendah diduga karena suhu pengeringan paling tinggi dan dilakukan dua kali yaitu 80°C selama 3 jam dan 50°C selama 5 jam. Agustina *et al.* (2016) melaporkan bahwa penggunaan HMT menyebabkan penurunan kadar pati pada pati daluga modifikasi melalui pemutusan ikatan glikosidik pada fraksi pati amilosa dan amilopektin. Daluga merupakan jenis umbi yaitu talas raksasa (*Cyrtosperma merkusii*) yang umum tumbuh di Kepulauan Riau dan Manado. Menurut Winarno (2004), pati terdiri atas dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas yaitu fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin.

Kadar pati tepung campolay termodifikasi fermentasi lebih rendah dibandingkan dengan kadar pati tepung campolay *native*, diduga karena pati telah dihidrolisis oleh bakteri asam laktat selama proses fermentasi berlangsung pada suhu 30°C selama 12 jam. Edam (2017) menjelaskan bahwa bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim ekstraseluler

yaitu amilase dan pululanase untuk menghidrolisis sebagian pati alami menjadi dekstrin dan gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menghasilkan asam laktat, CO₂, dan etanol. Selain itu, **Tabel 2** menunjukkan bahwa kadar pati pada tepung campolay terfermentasi lebih tinggi dibandingkan dengan tepung campolay HMT. Amadou *et al.* (2013) juga melaporkan perbedaan kadar pati antara tepung *foxtail millet* (*Setaria italica*) terfermentasi dan termodifikasi HMT.

Kadar Amilosa Tepung Campolay

Kadar amilosa tepung campolay *native* lebih tinggi dibandingkan dengan tepung campolay termodifikasi (**Tabel 2**). Kadar amilosa termodifikasi HMT sebesar 3,82%; sedangkan kadar amilosa termodifikasi fermentasi sebesar 10,32% dan *native* sebesar 11,21%. Kadar amilosa tepung campolay termodifikasi HMT lebih rendah dibandingkan dengan kadar amilosa termodifikasi fermentasi dan *native* diduga karena amilosa pada termodifikasi HMT telah lepas dari granula pati selama proses pemanasan yaitu pada suhu 80°C selama 3 jam. Menurut Garnida *et al.* (2019), proses pemanasan yang tinggi dapat terjadi pengeluaran amilosa dari granula pati sehingga amilosa pada tepung modifikasi menjadi lebih rendah dibandingkan dengan kadar amilosa tanpa modifikasi. Pengurangan ini sejalan dengan Chung *et al.* (2009), Herawati *et al.* (2010), dan Hoover & Vasanthan (1994). Hoover & Vasanthan (1994) dan Hoover & Manuel (1996) menjelaskan bahwa modifikasi HMT dapat membentuk kompleks amilosa-lipid ekstra yang menyebabkan

kandungan amilosa lebih rendah daripada pati *native*.

Selain itu, kadar amilosa termodifikasi fermentasi cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kadar amilosa *native*. Diduga karena rusaknya granula pati akibat aktivitas bakteri asam laktat selama proses fermentasi yaitu pada suhu 30°C selama 12 jam sehingga terjadi pengeluaran amilosa selama proses pengeringan tepung campolay. Menurut Armanto & Nurasih (2008), aktivitas enzim amilolitik yang dihasilkan bakteri asam laktat menyebabkan granula pati menjadi berlubang-lubang karena terlebih dahulu menyerang bagian amorf (amilopektin) kemudian fraksi amilosa pada ikatan glikosidiknya. Penelitian lain oleh Garnida *et al.* (2019) menyebutkan bahwa kadar amilosa tepung ganyong alami sebesar 27,87%; sedangkan modifikasi HMT pada suhu 80°C selama 3 jam sebesar 8,97%.

Kadar Amilopektin Tepung Campolay

Perhitungan kadar amilopektin diperoleh dari hasil pengurangan kadar pati dikurangi dengan kadar amilosa (Apriyantono *et al.*, 1989). **Tabel 2** menunjukkan bahwa kadar amilopektin pada tepung campolay masak penuh termodifikasi lebih rendah dibandingkan dengan kadar amilopektin tepung campolay *native*. Agustina *et al.* (2016) menjelaskan bahwa perlakuan HMT dapat memutus ikatan glikosidik baik di fraksi amilosa dan amilopektin. Menurut Takahashi *et al.* (2005), selama proses HMT memungkinkan terbentuknya ikatan baru yang lebih kompleks antara amilosa pada bagian kristalin dengan amilopektin pada bagian amorphous.

KESIMPULAN

Modifikasi pada tepung campolay dapat menurunkan kecerahan pada tepung campolay *native* serta memiliki nilai a yang lebih tinggi dan nilai b yang lebih rendah. Berdasarkan aplikasi *Color Lab*, tepung campolay *native*, termodifikasi HMT (*heat moisture treatment*), dan termodifikasi fermentasi memiliki warna, berturut-turut, *incarnatino*, *rose pink*, dan *fresh plaster*. Selain itu, modifikasi fermentasi pada tepung campolay *native* cenderung mengakibatkan peningkatan pada kadar gula total tepung campolay, walaupun pada modifikasi HMT cenderung menurun. Modifikasi juga cenderung menurunkan kadar pati, amilosa, dan amilopektin tepung campolay dibandingkan dengan tepung campolay *native*. Secara morfologi, tepung campolay termodifikasi baik HMT dan fermentasi cenderung tidak berbeda dengan tepung campolay *native*-nya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi dengan nomor kontrak 1868/E4/AK.04/2021 dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Wijonarko, G., & Sustriawan, B. (2016). Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Jurnal Agritech*, 36(2), 160–169.
- 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 Bioproducts Processing*, 92, 38-45.
- Aminullah, Purba, R., Rohmayanti, T., & Pertiwi, S.R.R. (2020). Sifat mutu fisik mi basah berbahan baku tepung campolay masak penuh. *Jurnal Agroindustri Halal*, 6(2), 172–180.
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists* (18th ed.). AOAC, Inc.
- Agustina, Faridah, D.N., & Jenie, B.S.L. (2016). Pengaruh retrogradasi dan perlakuan kelembaban panas terhadap kadar air pati resisten tipe III daluga. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 27(1), 78-86.
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari, N.L., Sedarnawati, & Budiyanto, S. (1989). *Analisis Pangan*. Jakarta: IPB Press.
- Armanto, R., & Nurasih, A. (2008). Kajian konsentrasi bakteri asam laktat dan lama fermentasi pada pembuatan tepung pati singkong asam. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM*, 28(3), 97-101.
- Awang-Kanak, F., & Bakar, M.F.A. (2018). *Canistel-Pouteria campechiana (Kunth) Baehni*. In: Rodrigues, S., Oliviera Silva, E.; Brito, E.S (Eds.). *Exotic fruits reference guide*. London: Academic Press.
- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. (2009). *SNI 3751:2009 Tepung Terigu sebagai Bahan Makanan*. In *Badan Standardisasi Nasional*. (pp. 1–48). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. (2011). *SNI 7622:2011 Tepung Moka*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chung, H.J., Hoover, R., & Liu, Q. (2009). The impact of single and dual hydrothermal modifications on the

- molecular structure and physicochemical properties of normal corn starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 44(2), 203-210.
- Crane, J.H., & Balerdi, C.F. (2016). *Canistel Growing in the Florida Home Landscape*. In *UF/IFAS Extension* (No. HS1049; HS1049, Vol. HS1049, Issue 21).
- 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.
- Edam, M. (2017). Aplikasi bakteri asam laktat untuk memodifikasi tepung singkong secara fermentasi. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(1), 1-8.
- Fetriyuna, F., Marsetio, M., & Pratiwi, R.L. (2016). Pengaruh lama modifikasi heat-moisture treatment (HMT) terhadap sifat fungsional dan sifat amilografi pati talas banten (*Xanthosoma undipes* K. Koch). *Jurnal Penelitian Pangan*, 1(1), 44-50.
- Garnida, Y., Hervelly, & Rahma, R.N. (2019). Modifikasi tepung ganyong (*Canna edulis* Kerr.) metode heat moisture treatment pada suhu dan waktu pemanasan berbeda dan aplikasi tepung pada pembuatan cookies. *Pasundan Food Technology Journal*, 6(1), 65-72.
- Hariyadi, P., & Aini, N. (2015). *Dasar-Dasar Penanganan Pasca Panen Buah dan Sayur*. Bandung: CV Alfabeta.
- Hoover, R., & Manuel, H. (1996). The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylomaize V starches. *Journal of Cereal Science*, 23(2), 153-162.
- Hoover, R., & Vasanthan, T. (1994). Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. *Carbohydrate Research*, 252(1), 33-53.
- Hutchings, J.B. (1999). *Food Color and Appearance* (Second). New York: Springer.
- Joshi, M., Bhattacharyya, A., & Ali, S.W. (2008). Characterization techniques for nanotechnology applications in textiles. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 33(3), 304-317.
- Leggett, G.J. (2008). Color measurement techniques for food products. In Culver, C.A., & Wrolstad, R.E. (Eds.), *Color Quality of Fresh and Processed Foods* (pp. xiii, 549 p., 27 p. of plates). Oxford University Press.
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J. (2006). Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084-1091.
- Lestari, S. (2017). Kajian pengolahan tepung mocaf pada empat varietas ubi kayu menggunakan starter BIMO-CF dan lama perendaman 18 jam. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi Spesifik Lokasi untuk Ketahanan Pangan Pada Era Masyarakat Ekonomi ASEAN*, 216-227.
- Lorlowhakarn, K., & Naivikul, O. (2006). Modification of rice flour by heat moisture treatment (HMT) to produce rice noodles. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 40, 135-143.
- Misgiyarta, Suismono, & Suyanti. (2009). Tepung kasava bimo kian prospektif. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 31(4), 1-4.
- Nacing, N., Irawan, A., Pertiwi, S.R.R., & Aminullah. (2020). Profil gelatinisasi

- dan sifat fisik tepung campolay masak penuh dan lewat matang (*Pouteria campechiana*). *Jurnal Agroindustri Halal*, 7(1), 25-34.
- Padilla, D.J.M., Saddul, O.I., Laborde, G.M.R., Balagtas, M.C., & Taclan, L.B. (2017). Development of a healthy, nutritious, and delicious tiesa (*Pouteria campechiana*) polvoron. *Journal of International Scholars' Conference*, 1(5), 31-37.
- Paragados, D.A. (2014). Acceptability of canistel (*Lacuma nervosa* A.DC) fruit flour in making cookies. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 2(1), 66-73.
- Pertiwi, S.R., Nurhalimah, S., & Aminullah, A. (2020a). Optimization on process of ripe canistel (*Pouteria campechiana*) fruit flour based on several quality characteristics. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, 1-8.
- Pertiwi, S.R.R., Aminullah, A., Hutami, R., & Nirmala, D. (2018). Aplikasi komposit non-gluten tepung campolay (*Pouteria campechiana*) - maizena-mocaf-tapioka pada pengolahan brownies kukus. *Jurnal Agroindustri Halal*, 4(2), 153-161.
- Pertiwi, S.R.R., Sunarya, R., Rohmayanti, T., & Aminullah. (2020b). Optimization on formulation of foamed overripe canistel powder using response surface methodology. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 42(3), 1-12.
- Pertiwi, S.R.R., Aminullah, Rajani, R.U., & Novidahlia, N. (2022). Effect of heat-moisture treatment on the physicochemical properties of native canistel starch. *Food Science and Technology (Campinas)*, 42(3), e103921.
- Poedjiadi, A., & Supriyanti, F.M.T. (2006). *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI-Press.
- 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(3), 527-536.
- Rajani, R.U. (2020). "Profil Gelatinisasi dan Sifat Fisikokimia Pati Campolay (*Pouteria campechiana*) Native dan Termodifikasi". Skripsi. Universitas Djuanda, Bogor.
- Setiarto, R.H.B., Amalia, L., Febriani, Y., Fitriana, T., & Widhyastuti, N. (2019). Pengaruh siklus pemanasan bertekanan-pendinginan terhadap komposisi kimia dan kualitas biologi tepung campolay (*Pouteria campechiana*). *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13(1), 54-69.
- Setiyoko, A., Nugraeni, & Hartutik, S. (2018). Optimasi suhu pemanasan dan kadar air pada proses produksi tepung bengkuang termodifikasi dengan teknik heat moisture treatment (HMT) sebagai bahan baku mie basah. *Seminar Nasional Inovasi Pangan Lokal untuk Mendukung Ketahanan Pangan*, pp. 8-14.
- Simon. (2009). "Isolasi Protein dari Kecapir, Kacang Hijau, dan Kacang Tolo dengan Variasi NaOH". Skripsi. Program Studi Teknologi Pangan. Universitas Pasundan, Bandung.
- Suarni. (2005). Teknologi pembuatan kue kering (cookies) berserat tinggi dengan penambahan bekatul jagung. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascaponen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*, pp. 521-526.
- Suismono, N.R., Widowati, S., Widaningrum, M., Pujoyuwono, M., Herawati, H., & Nanan, N. (2007). "Teknologi

Pengolahan Ubikayu dan Ubijalar untuk Diversifikasi Konsumsi Pangan". Laporan Tahunan. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Bogor.

Takahashi, T., Miura, M., Ohisa, N., Mori, K., & Kobayashi, S. (2005). Heat treatments of milled rice and properties of the flours. *Cereal Chemistry*, 82(2), 228-232.

Tandrianto, J., Mintoko, D.K., & Gunawan, S. (2014). Pengaruh fermentasi pada pembuatan mocaf (modified cassava flour) dengan menggunakan *Lactobacillus plantarum* terhadap kandungan protein. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 143-145.

Watcharatewinkul, Y., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., & Uttapap, D. (2009). Pasting properties of a heat-moisture treated canna starch in relation to its structural characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 75(3), 505-511.

Winarno, F.G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Yulifianti, R., Ginting, E., & Utomo, J.S. (2012). Tepung kasava modifikasi sebagai bahan substitusi terigu mendukung diversifikasi pangan. *Buletin Palawija*, 10(23), 1-12.