

Karakteristik tepung ubi jalar madu (*Ipomoea batatas* L.) termodifikasi oleh starter mocaf dengan variasi waktu fermentasi

Nurud Diniyah^{1*}, Izzun Agafatmi¹, Achmad Subagio¹, Indarto², Mahrus Irsyam², Nur Aini³, Giyarto¹

¹Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia

²Teknik Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia

³Teknologi Pangan, Universitas Jenderal Soedirman, Banyumas, Indonesia

Article history

Diterima:

23 Oktober 2024

Diperbaiki:

14 Januari 2025

Disetujui:

15 Januari 2025

Keyword

Fermentation;

Flour;

Honey sweet potato;

Mocaf starter;

Modification;

ABSTRACT

Honey sweet potato is a potential local tuber from Pasrujambe subdistrict, Lumajang regency to be developed into processed food products. It can be processed into flour to increase the use value of honey sweet potato. The current flour has several shortcomings, including a languid aroma, low water absorption ability, and limited development patterns. Efforts to improve flour characteristics were made by modifying the fermentation method using a mocaf starter. This study aimed to determine the effect of time fermentation on the characteristics of modified honey sweet potato flour and the appropriate of time fermentation to produce the best-modified honey sweet potato flour. The experimental design used was a completely randomized design with one factor, the variation of time fermentation. The variation of fermentation time used was 0, 6, 12, 18, 24, 30, and 36 hours, with 0-hour fermentation as the control with triplicate sample replication. The data were analyzed with ANOVA and further tested with the Duncan Multiple Range Test. The best treatment based on the effectiveness test with a value of 0.54 at 36 hours of fermentation showed a yield value of 21.69%, degree of whiteness of 83.63, pH of 4.11; moisture content of 7.28%; starch content of 49.98%; amylose content of 29.40%; amylopectin content of 20.58%; water holding capacity (WHC) of 252.78%; oil holding capacity (OHC) of 121.94%; swelling power of 13.23 g/g; solubility of 5.52%. The conclusion is that the fermentation time significantly affects the characteristics of modified honey sweet potato flour, and 36 hours of fermentation produces the best-modified honey sweet potato flour.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : nurud.ftp@unej.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v19i4.27836

PENDAHULUAN

Ubi jalar madu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan salah satu sumber pangan karbohidrat non beras yang memiliki banyak manfaat dan kandungan gizi yang baik bagi kesehatan tubuh. Salah satu jenis ubi jalar yang banyak digemari oleh masyarakat adalah ubi jalar varietas madu atau ubi cilembu. Ubi ini memiliki keistimewaan, yaitu akan mengeluarkan sejenis cairan lengket seperti madu apabila dipanggang. Ubi jalar madu memiliki kandungan vitamin A dalam bentuk β -karoten sebesar 8.509 mg per 100 g. Jumlah tersebut termasuk cukup tinggi jika dibandingkan dengan jenis ubi lain seperti ubi jalar putih dan ungu dimana kandungan vitamin A-nya hanya sebesar 7.700 mg per 100 g (Hafnizar et al. 2018).

Ubi jalar madu memiliki potensi sebagai sumber bahan baku tepung karena kandungan karbohidratnya yang tinggi. Tepung ubi jalar madu secara luas ditanam oleh petani kecamatan Pasrujambe, kabupaten Lumajang sebagai sentra di provinsi Jawa Timur dan dimanfaatkan dalam industri pangan untuk memproduksi berbagai produk olahan. Namun, tepung yang beredar memiliki beberapa kekurangan antara lain aroma yang langu, butiran tepung cenderung kasar, kemampuan penyerapan air yang rendah, pola pengembangan terbatas, dan cenderung mudah teretrogradasi (Muna et al. 2023). Upaya perbaikan karakteristik tepung ubi jalar madu dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi pengolahan.

Metode modifikasi pengolahan tepung ubi jalar dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan, termasuk modifikasi fisik, kimia, maupun biologi. Salah satu metode modifikasi biologi yang umum digunakan adalah fermentasi dengan bakteri asam laktat (BAL). Fermentasi oleh BAL tidak hanya mengubah struktur pati menjadi lebih *porous*, yang secara langsung meningkatkan kemampuan tepung untuk menahan air (*water holding capacity*) dan juga meningkatkan kelarutan tepung, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Pasca et al. 2022). Pada penelitian ini, proses fermentasi dilakukan menggunakan starter mocaf yang terkandung bakteri asam laktat. Penggunaan starter mocaf menjadi kunci dalam mempercepat proses fermentasi dan telah terbukti berhasil dalam menghasilkan tepung dengan kualitas yang diinginkan. Penelitian yang dilakukan oleh (Putri et al. 2018) dan (Diniyah et al. 2018), mendukung penggunaan starter mocaf dalam mengoptimalkan

proses fermentasi tepung ubi jalar. Kesempurnaan fermentasi sangat ditentukan oleh lama fermentasi. Lama fermentasi menggunakan BAL akan memengaruhi karakteristik tepung yang dihasilkan (Diniyah et al. 2018). Ubi jalar madu selama fermentasi dalam jangka waktu yang lebih lama diduga aktivitas bakteri asam laktat akan meningkat dan menghasilkan peningkatan produksi asam yang kemudian dapat menurunkan pH. Lingkungan yang semakin asam ini akan merangsang degradasi amilosa dan menyebabkan peningkatan nilai *swelling power* serta memengaruhi sifat fungsional dan nutrisi dari tepung ubi jalar madu yang dihasilkan sehingga perlu dilakukan penelitian pengaruh waktu fermentasi terhadap karakteristik tepung ubi jalar madu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi waktu fermentasi pada pengolahan tepung ubi jalar madu termodifikasi oleh starter mocaf.

METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan selama penelitian antara lain timbangan digital, wadah kapasitas 0,1 l dan 1 l, pengaduk, pisau, *slicer*, *chopper*, peniris, *tray dryer*, ayakan 80 mesh, neraca analitik Ohaus (AP-310-O), pH meter, kertas saring, corong, *Pi pump*, alat gelas, botol timbang, pendingin balik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, *color reader* Minolta CR10, desikator, *centrifuge* dan tabungnya, spektrofotometer UV-VIS (thermo fisher scientific), *vortex-Genie*, dan *water bath* (Labtech).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ubi jalar madu dari petani Pasrujambe Kabupaten Lumajang, enzim mocaf (Lab Pengendalian Mutu Pangan dan Hasil Pertanian, FTP UNEJ), *aquadest*, asam sitrat, skim, gula halus, vitamin B *complex*, air, garam, NaOH 1 N dan 40%, ethanol 70%, glukosa, amilosa murni, petroleum eter, HCl 25%, larutan arsenomolybdat, larutan nelson A dan B, larutan Iod, ethanol 96%, dan asam astatat 1 N. Ubi jalar madu yang digunakan adalah ubi jalar tidak lolos proses *grading* dari petani di Kecamatan Pasrujambe, Kabupaten Lumajang dengan kategori berukuran kecil, bentuk ubi tidak membulat, dan memiliki lubang akibat serangan hama.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Tepung Ubi Jalar Madu Termodifikasi

Pembuatan tepung ubi jalar madu termodifikasi diawali dengan pembuatan starter aktif yang mengacu pada (Subagio et al. 2022). Langkah pertama yaitu enzim mocaf dicampur dengan vitamin B kompleks, gula dan skim bubuk ke dalam botol yang berisi *aquadest*. Larutan kemudian didiamkan selama 12 jam. *Chips* ubi jalar madu ditambahkan kedalam starter aktif (larutan yang telah difermentasi 12 jam) dan didiamkan kembali selama 24 jam dan disebut sebagai starter mocaf (komponen aktif A) dan dapat digunakan untuk proses perendaman *chips* saat fermentasi. Selanjutnya, ubi jalar madu dikupas kulitnya dan dirajang menjadi *chips* tipis dengan ukuran 1,5 mm menggunakan alat *slicer*. *Chips* ubi jalar madu dicuci bersih menggunakan air mengalir. Perendaman *chips* ubi jalar ke dalam air bersih dengan penambahan komponen aktif B (larutan asam sitrat) untuk mengatur pH hingga mencapai 5,5. Setelah pH *aquadest* mencapai 5,5, ditambahkan komponen aktif A (starter mocaf) yang telah dibuat sebelumnya dengan perbandingan 1:100 (komponen aktif A : komponen aktif B) yang digunakan untuk merendam *chips* ubi jalar madu. Selanjutnya, *chips* ubi difermentasi sesuai perlakuan (0, 6, 12, 18, 24, 30, dan 36 jam). *Chips* ubi jalar madu yang telah difermentasi kemudian ditiriskan dan dicuci dengan air mengalir hingga bersih, diperas dan ditiriskan ke dalam loyang. Tahap berikutnya yaitu pengeringan *chips* ubi jalar madu yang dilakukan dengan *oven* pada suhu 60°C sampai *chips* ubi jalar madu kering menyeluruh kurang lebih 2 hari. *Chips* kering kemudian dihancurkan menggunakan *chopper* dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*.

Rancangan Percobaan

Pelaksanaan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor Tunggal yaitu variasi lama fermentasi yang digunakan (0, 6, 12, 18, 24, 30, dan 36 jam) dengan fermentasi 0 jam (tanpa fermentasi) sebagai kontrol dan dilakukan 4 kali pengulangan perlakuan dan 3 kali ulangan analisis. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf uji 5%. Apabila data yang diperoleh menunjukkan hasil berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan New Multiple*

Range Test (DNMRT) menggunakan *software* SPSS 25 dan *Microsoft Excel*.

Metode Analisis

Perhitungan rendemen

Prosedur perhitungan rendemen mengacu pada (Kamsina et al. 2019). Rendemen dihitung berdasarkan perbandingan berat kering tepung ubi jalar madu terfermentasi yang dihasilkan dengan berat ubi jalar madu segar setelah dikupas dikali 100%.

Pengujian derajat putih

Prosedur pengujian derajat putih mengacu pada (Ariyantoro et al. 2016). Penentuan nilai derajat putih diukur dengan menggunakan *color reader*. *Color reader* dikalibrasi dengan standar porcelain putih. Tepung ubi jalar madu terfermentasi diletakkan pada cawan dan ditentukan lima titik yang akan diukur untuk mengetahui nilai dL (kedalaman cahaya), da (*chromaticity* dari merah ke hijau), dan db (*chromaticity* dari kekuningan ke kebiruan). Nilai L, a, dan b sampel ditentukan dengan menambah nilai dL, da dan db terukur dengan nilai L, a, dan b standar.

Pengujian pH

Prosedur pengujian pH mengacu pada (Putri 2022). Pembuatan larutan tepung 10% (10 g tepung dan 100 ml *aquadest*) yang dihomogenkan dan dibiarkan selama 15 menit. pH meter dikalibrasi dengan menggunakan buffer pH 4,00 dan pH 7,00, kemudian dibilas dengan *aquadest* dan dikeringkan dengan tisu. Pengukuran pH tepung dengan mencelupkan pH meter ke larutan tepung dan dicatat hasilnya. Setiap kali akan mengukur pH sampel yang lain, alat dibersihkan dengan *aquadest* terlebih dahulu dan dikeringkan dengan tisu.

Pengujian Kadar Air

Prosedur pengujian kadar air mengacu pada (AOAC 925.09 2005). Analisis kadar air dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri pada suhu 105°C. Pemanasan botol timbang dilakukan di dalam *oven* pada suhu 105°C selama 30 menit. Botol timbang didinginkan dalam desikator selama 15 menit untuk menghilangkan uap air yang terdapat didalam botol dan ditimbang sebagai berat (a). 2 gram tepung ubi jalar madu terfermentasi dimasukkan ke dalam botol sebagai berat (b) dan dikeringkan menggunakan *oven* pada suhu 105°C selama 4

jam. Setelah 4 jam, botol yang berisi sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang sebagai berat (c). Penimbangan dilakukan berulang hingga diperoleh bobot konstan (selisih penimbangan 0,0002 g).

Pengujian Kadar Pati

Prosedur pengujian kadar pati mengacu (Sudarmaji et al. 1997). Pengujian kadar pati diawali dengan penyiapan kurva standar glukosa 0,1 g dilarutkan dalam 100 ml *aquadest* dan diaduk sampai larut. Pengambilan larutan glukosa sebanyak 25, 50, 75, 100 dan 150 µl dimasukkan ke 5 tabung reaksi dan 1 tabung reaksi diisi dengan *aquadest* sebagai blanko. Penambahan 1 ml reagen nelson kedalam masing-masing tabung dan dipanaskan dalam air mendidih selama 20 menit. Setelah dingin, filtrat ditambahkan 1 ml arsenomolybdat kemudian ditera sampai 10 ml. Larutan yang terbentuk kemudian diukur intensitas warnanya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Konsentrasi glukosa standar ditunjukkan dengan kurva standar.

Analisis kadar pati ditentukan memakai metode *Nelson Somogy*. Sebanyak 1 g tepung ubi jalar madu terfermentasi dimasukkan dalam *beaker glass* 100 ml kemudian ditambahkan 50 ml *aquadest* dan diaduk selama 1 jam menggunakan magnetik stirrer. Suspensi disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan *aquadest* sampai volume filtrat 250 ml. Filtrat ini mengandung karbohidrat yang larut dan dibuang. Residu pada kertas saring dicuci 5 kali dengan 10 ml *ether*, *ether* dibiarkan menguap dari residu, dicuci dengan 150 ml alkohol 10 %. Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring ke dalam erlenmeyer dengan pencucian 200 ml *aquadest* dan ditambahkan 20 ml HCl 25 %, ditutup dengan pendingin balik dan dipanaskan di atas penangas air mendidih selama 2,5 jam. Setelah dingin, dinetralkan dengan larutan NaOH 45 % dan disaring kemudian diencerkan sampai volume 250 ml. Penentuan kadar pati dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh. Penentuan glukosa dilakukan dengan cara mengambil 50 µL filtrat dan dimasukkan dalam tabung reaksi dan diukur sama dengan prosedur pada standar glukosa.

Pengujian Kadar Amilosa dan Amilopektin

Prosedur pengujian kadar amilosa dan amilopektin mengacu pada (Sudarmaji et al. 1997). Pengujian kadar amilosa diawali dengan

penyiapan kurva standar amilosa sebanyak 40 mg dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 1 ml etanol 95% dan 9 ml NaOH 1 N, dipanaskan ke dalam air mendidih selama 10 menit sampai semua bahan membentuk gel lalu didinginkan. Setelah didinginkan, larutan gel dipindahkan secara kuantitatif ke dalam labu takar 100 ml sampai tanda tera dengan *aquadest*. Selanjutnya larutan tersebut dipipet masing-masing sebanyak 1,2,3, hingga 10 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, ditambahkan asam asetat 1 N sebanyak 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; dan 2 ml, lalu ditambahkan 2 ml larutan iod. Setelah itu larutan ditera sampai tanda dengan *aquadest*, dikocok dan didiamkan selama 20 menit lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar merupakan hubungan antara kadar amilosa dan absorbansi.

Tepung ubi jalar madu terfermentasi sebanyak 100 mg ditempatkan dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan dengan 1 ml etanol 95% dan 9 ml NaOH 1 N. Campuran dipanaskan dan diaduk hingga terbentuk gel dan selanjutnya seluruh gel dipindahkan ke dalam labu ukur 100 ml. Gel ditambahkan dengan *aquadest* dan dikocok, kemudian ditera hingga 100 ml. Sebanyak 5 ml larutan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml dan ditambahkan dengan 1 ml asam asetat 1 N dan 2 ml larutan iod. Larutan ditera hingga 100 ml, dikocok dan dibiarkan selama 20 menit. Intensitas warna biru diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Pengujian kadar amilopektin menggunakan metode *by difference* yaitu dihitung selisih antara kandungan pati dengan amilosa.

Pengujian Water Holding Capacity (WHC)

Prosedur pengujian WHC mengacu pada (Damak et al. 2022). Penimbangan tabung *centrifuge* kosong (a), kemudian tepung ubi jalar madu terfermentasi seberat 0,5 g (b) dimasukkan ke dalam tabung lalu ditambahkan *aquadest* 7 kali berat bahan (3,5 ml) sampai sampel terendam. Campuran dihomogenisasi menggunakan *vortex* pada suhu ruang selama 1 menit hingga suspensi homogen. Suspensi tersebut diputar menggunakan sentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan. Bagian supernatan dituang dan endapan yang tertinggal beserta tabung ditimbang (c).

Pengujian Oil Holding Capacity (OHC)

Prosedur pengujian OHC mengacu pada (Damak et al. 2022). Penimbangan tabung

centrifuge kosong (a), 0,5 g tepung ubi jalar madu terfermentasi (b) dimasukkan ke dalam tabung lalu ditambahkan minyak sebanyak 7 kali berat bahan (3,5 ml), dihomogenisasi menggunakan *vortex* pada suhu ruang selama 1 menit hingga suspensi homogen. Suspensi diputar menggunakan sentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan. Bagian supernatan dituang dan endapan yang tertinggal beserta tabung ditimbang (c).

Pengujian Swelling Power

Prosedur pengujian *swelling power* mengacu pada (Senanayake et al. 2013). 0,1 g tepung ubi jalar madu terfermentasi dilarutkan dalam *aquadest* 10 ml, dipanaskan menggunakan *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Supernatan dipisahkan menggunakan *centrifuge* dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Supernatan yang terpisah dibuang dan pasta beserta tabungnya ditimbang.

Pengujian Solubility

Prosedur pengujian *solubility* mengacu pada (Senanayake et al. 2013). 0,5 g tepung ubi jalar madu terfermentasi dilarutkan dalam 20 ml *aquadest*. Larutan tersebut dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit. Supernatan dan pasta yang terbentuk dipisahkan menggunakan *centrifuge* dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. 10 ml supernatan dipindah ke botol timbang dan dipanaskan dengan *hotplate* pada suhu 150°C. Botol timbang kemudian dioven suhu 105°C selama 24 jam dan ditimbang beratnya. Penimbangan diulang setiap 12 jam sampai berat yang didapat konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil rendemen, derajat putih dan pH tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi waktu fermentasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Rendemen

Rendemen tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi waktu proses fermentasi berkisar antara 21,69 – 30,94%. Waktu fermentasi memiliki pengaruh signifikan terhadap rendemen tepung. Rendemen tepung ubi jalar madu terfermentasi pada semua perlakuan lebih rendah dibandingkan dengan tepung tanpa fermentasi (kontrol) yaitu sebesar 32,6%. Semakin lama waktu fermentasi, rendemen tepung

ubi jalar madu termodifikasi cenderung semakin rendah (Tabel 1). Penurunan rendemen tepung disebabkan oleh komponen-komponen dalam ubi jalar madu yang larut dalam air selama proses fermentasi (Aini et al. 2016). Menurut (Moede et al. 2017), lamanya fermentasi menyebabkan pecahnya dinding selulosa dan larut dalam air, yang mengakibatkan penurunan rendemen tepung. Didukung (Rahmawati et al. 2015), semakin lama fermentasi maka semakin banyak pati yang terhidrolisis menjadi gula sederhana, sehingga kadar pati menurun.

Derajat Putih

Derajat putih tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan berbagai lama fermentasi berkisar antara 73,46-83,63. Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap derajat putih tepung ubi jalar madu, dengan nilai derajat putih pada semua perlakuan lebih tinggi daripada tepung tanpa perlakuan fermentasi (kontrol), 71,60. Semakin lama fermentasi, derajat putih dari tepung ubi jalar madu termodifikasi cenderung semakin tinggi (Tabel 1). Peningkatan nilai derajat putih disebabkan oleh degradasi senyawa kompleks oleh mikroorganisme, sehingga pigmen karotenoid yang terdapat dalam ubi jalar madu juga terurai dan larut dalam air (Wade et al. 2021). Menurut (Syukri 2021), kondisi asam selama fermentasi dapat merusak pigmen karotenoid dalam ubi jalar kuning terjadi *bleaching colour*. Karotenoid memiliki stabilitas yang serupa dengan vitamin A dan sensitif terhadap oksigen, cahaya, dan lingkungan asam, kehilangan pigmen karotenoid ini juga dapat menyebabkan penurunan tingkat kemerahan dan peningkatan derajat putih pada tepung yang dihasilkan.

pH

pH tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi lama fermentasi berkisar antara 5,39 - 4,11. Adanya perbedaan waktu fermentasi secara signifikan memengaruhi pH tepung ubi jalar madu termodifikasi. pH tepung ubi jalar terfermentasi dari semua perlakuan lebih rendah dibandingkan dengan tepung tanpa fermentasi (kontrol), 6,19. Tabel 1 menunjukkan penurunan pH seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Penurunan ini disebabkan oleh peningkatan produksi asam laktat oleh mikroorganisme (Gunawan et al. 2019). Penurunan nilai pH menandakan perkembangan aktivitas mikroba dan asam organik yang

dihasilkan oleh mikroorganisme selama fermentasi (Adebo et al. 2021). Selama fermentasi, mikroba menghidrolisis senyawa kompleks seperti pati menjadi monosakarida digunakan sebagai prekursor untuk menghasilkan asam organik, terutama asam laktat (Subagio 2008). Dengan bertambahnya waktu fermentasi, produksi asam organik meningkat dan mengakibatkan penurunan pH secara signifikan.

Adapun data analisa kadar air, pati, amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Tabel 2.

Kadar Air

Kadar air tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan berbagai waktu fermentasi berkisar antara 7,28% hingga 7,75%. Waktu fermentasi memengaruhi secara nyata terhadap kadar air tepung ubi jalar madu termodifikasi. Semua tepung ubi jalar madu terfermentasi akibat perlakuan termasuk kontrol (8,13%) masih memenuhi standar kadar air maksimal yang ditetapkan oleh SNI Mocaf 7622:2011 sebesar

13% (Badan Standarisasi Nasional 2011). Kadar air pada semua perlakuan lama fermentasi cenderung lebih rendah dibandingkan dengan kontrol tanpa fermentasi. Tabel 2 menunjukkan adanya penurunan kadar air seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Proses fermentasi ubi jalar madu menyebabkan pecahnya dinding sel serta perombakan granula pati yang kemudian mengurangi daya ikat air dan memungkinkan air bebas menguap selama proses pengeringan tepung (Igbabul et al. 2014). Semakin bertambah waktu fermentasi, maka aktivitas enzim selulolitik dan amilolitik semakin meningkat dalam mendegradasi pati sehingga semakin banyak jumlah air terikat yang terbebaskan, akibatnya tekstur bahan menjadi lunak dan berpori (Yuliana et al. 2019). Keadaan ini dapat memperbesar penguapan air selama proses pengeringan berlangsung, dengan demikian kadar air akan semakin menurun dalam jangka pengeringan yang sama (Yani and Akbar 2018).

Tabel 1 Rendemen, derajat putih, dan pH tepung ubi jalar madu termodifikasi oleh starter mocaf dengan variasi waktu fermentasi

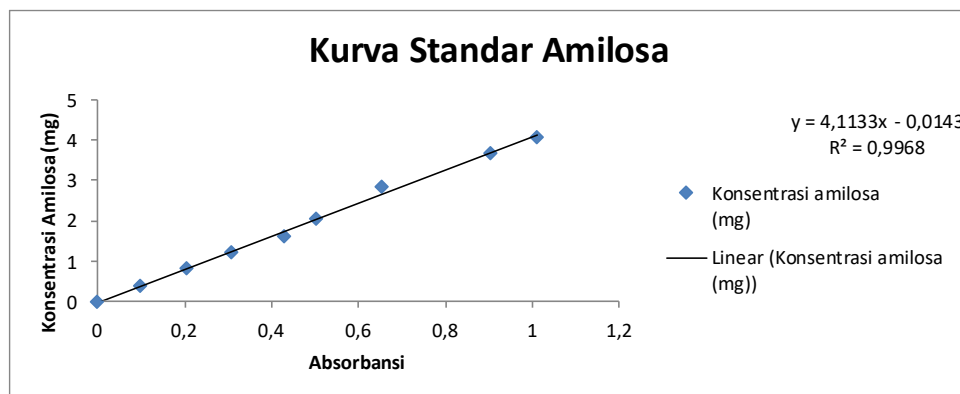
Waktu Fermentasi (jam)	Rendemen (%)	Derajat Putih	pH
0	32,60 ± 0,94a	71,60 ± 0,22a	6,19 ± 0,03a
6	30,94 ± 0,72b	73,46 ± 0,12b	5,39 ± 0,07b
12	29,19 ± 0,68c	75,29 ± 0,23c	4,92 ± 0,11c
18	27,26 ± 0,42d	75,60 ± 0,03d	4,69 ± 0,02d
24	25,53 ± 0,17e	77,98 ± 0,08e	4,54 ± 0,01e
30	24,11 ± 0,29f	81,71 ± 0,02f	4,30 ± 0,05f
36	21,69 ± 0,99g	83,63 ± 0,14g	4,11 ± 0,03g

Keterangan: Huruf yang berbeda di baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Tabel 2 Kadar air, pati, amilosa dan amilopektin tepung ubi jalar madu termodifikasi oleh starter mocaf dengan variasi waktu fermentasi

Waktu Fermentasi (jam)	Kadar Air (%)	Kadar Pati (%)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)
0	8,13 ± 0,07a	63,29 ± 0,10a	20,42 ± 0,19a	42,87 ± 0,29a
6	7,75 ± 0,03b	60,83 ± 0,14b	22,88 ± 0,09b	37,95 ± 0,09b
12	7,65 ± 0,03c	57,87 ± 0,09c	23,44 ± 0,13c	34,43 ± 0,12c
18	7,58 ± 0,04d	55,36 ± 0,05d	25,16 ± 0,18d	30,20 ± 0,20d
24	7,42 ± 0,09e	53,50 ± 0,13e	26,13 ± 0,08e	27,37 ± 0,21e
30	7,38 ± 0,06f	51,42 ± 0,08f	27,80 ± 0,15f	23,62 ± 0,15f
36	7,28 ± 0,09g	49,98 ± 0,1g	29,40 ± 0,12g	20,58 ± 0,03g

Keterangan: Huruf yang berbeda di baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)



Gambar 1 Regresi linier standar amilosa

Tabel 3 Nilai *water holding capacity* (WHC), *oil holding capacity* (OHC), *swelling power* dan *solubility* tepung ubi jalar madu termodifikasi oleh starter mocaf dengan variasi waktu fermentasi

Waktu Fermentasi (jam)	<i>Water Holding Capacity</i> (%)	<i>Oil Holding Capacity</i> (%)	<i>Swelling Power</i> (g/g)	<i>Solubility</i> (%)
0	182,87 ± 1,22a	147,13 ± 0,15a	7,23 ± 0,05a	1,18 ± 0,04a
6	193,54 ± 3,28b	144,95 ± 0,20b	7,59 ± 0,03b	1,76 ± 0,02b
12	201,45 ± 1,53	136,29 ± 0,24c	8,27 ± 0,18c	2,78 ± 0,01c
18	212,35 ± 2,96c	133,08 ± 0,47d	9,15 ± 0,14d	3,26 ± 0,01d
24	219,61 ± 4,10d	127,86 ± 0,61e	9,95 ± 0,16e	3,55 ± 0,03e
30	231,34 ± 4,41e	123,08 ± 0,73f	10,91 ± 0,28f	4,06 ± 0,02f
36	252,78 ± 2,09f	121,94 ± 0,61g	13,23 ± 0,23g	5,52 ± 0,09g

Keterangan: Huruf yang berbeda di baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p \leq 0,05$)

Kadar Pati

Kadar pati tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi waktu fermentasi berkisar antara 49,98% - 60,83%. Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar pati tepung ubi jalar madu termodifikasi. Tepung ubi jalar madu terfermentasi menunjukkan kadar pati yang lebih rendah atau mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi, dibandingkan dengan kontrol (63,29%) tanpa fermentasi (Tabel 2). Penurunan kadar pati secara teknis dapat disebabkan oleh proses pengolahan tepung yang dapat menghilangkan sebagian pati, seperti perendaman menyebabkan sebagian pati mengendap dalam air dan tidak ikut dalam penepungan disebut sebagai *starch leaching* (Aini et al. 2016). Kandungan pati dalam bahan digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk pertumbuhan. Proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme disebabkan oleh aktivitas enzim amilase yang bertanggung jawab dalam pemecahan pati dari substrat sehingga kandungan bahan organik selama fermentasi mengalami penurunan (Setiarto and Widhyastuti 2017).

Kadar Amilosa dan Amilopektin

Kadar amilosa tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi waktu fermentasi berkisar antara 22,88-29,40%. Penentuan kadar amilosa menggunakan standar amilosa yang ditunjukkan pada Grafik regresi linier dengan persamaan $y = 4,1133x - 0,0143$ dengan $R^2 = 0,9968$ (Gambar 1). Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa tepung ubi jalar madu termodifikasi. Kadar amilosa tepung ubi jalar madu terfermentasi cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan tidak terfermentasi (kontrol), 20,42%. Asam organik dihasilkan selama fermentasi yang awalnya bekerja pada cabang luar dari molekul amilopektin, menyebabkan degradasi dan pembentukan amilopektin atau amilosa. Proses ini menghasilkan peningkatan kadar amilosa pada tepung ubi jalar terfermentasi (Dou et al. 2023). Pati yang bercabang mengalami pemecahan atau *debranching* selama fermentasi menghasilkan pembentukan amilosa (Lu et al. 2007). Kondisi pH yang rendah akibat fermentasi mengakibatkan hidrolisis pati pada ikatan α -(1,4) menjadi lebih cepat sehingga meningkatkan kadar amilosa (Hawashi et al. 2018). Enzim amilase dan enzim

pullulanase yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat juga berperan dalam menghidrolisis amilopektin pada rantai cabang α -(1,6) yang menghasilkan amilosa rantai pendek (Setiarto and Widhyastuti 2017).

Kadar amilopektin tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi lama fermentasi berkisar antara 20,58-37,95%. Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar amilopektin tepung ubi jalar madu termodifikasi. Kadar amilopektin tepung ubi jalar madu terfermentasi lebih rendah dibanding tanpa fermentasi (kontrol), 42,87% (Tabel 2). Penurunan kadar amilopektin pada tepung fermentasi terjadi karena adanya perombakan oleh bakteri asam laktat (BAL) (Pasca et al. 2022). Enzim amilase dan pullulanase akan menghidrolisis pati pada ikatan tertentu sehingga akan menghasilkan gula-gula sederhana (Frediansyah 2018). Penurunan amilopektin disebabkan oleh pemotongan struktur cabang dari amilopektin (*debranching*) menghasilkan oligomer dengan derajat polimer lebih pendek. Pemutusan rantai ini dilakukan dengan cara *debranching* oleh enzim isoamilase (Gunawan et al. 2018).

Adapun data analisa kadar air, pati, amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Tabel 3.

Water Holding Capacity (WHC) dan Oil Holding Capacity (OHC)

WHC tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi lama fermentasi berkisar antara 193,54-252,78%. Lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap WHC tepung ubi jalar madu termodifikasi. WHC semua tepung ubi jalar madu terfermentasi lebih tinggi dibanding tanpa fermentasi (kontrol). WHC mengalami kenaikan seiring dengan lama fermentasi (Tabel 3). Pemecahan granula pati yang terjadi selama fermentasi akan merubah struktur pati yang semula kristalin menjadi *amorf* dan *porous* sehingga dengan semakin lama fermentasi maka perubahan yang terjadi akan semakin banyak. Hal ini menyebabkan kemampuan pati dalam mengikat air semakin meningkat karena air yang masuk pada bahan akan terperangkap pada bagian *porous* (Bankole et al. 2013). Semakin tinggi kandungan amilosa berdampak pada semakin tinggi kemampuan pati dalam menyerap air dan mengembang karena amilosa mempunyai kemampuan untuk terbentuk ikatan hidrogen lebih besar daripada amilopektin (Adiandri and Hidayah 2019).

OHC tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi lama fermentasi berkisar antara 121,94-144,95%. Lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap OHC tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan nilai yang lebih rendah dibanding tanpa fermentasi (kontrol). Semakin lama waktu fermentasi maka OHC tepung cenderung menurun (Tabel 3). Penurunan OHC pada tepung dipengaruhi oleh penurunan kadar pati. (Shahira et al. 2023) menyatakan bahwa kemampuan penyerapan minyak terbesar pada tepung ditentukan oleh kandungan pati didalamnya. Kadar pati yang menurun menyebabkan berkurangnya minyak yang dapat diikat oleh tepung karena adanya sifat hidrofobik yang dimiliki oleh pati. (Fauzi et al. 2023) menyatakan pati dengan sifat OHC yang cenderung menurun memiliki sifat WHC yang cenderung meningkat dan sebaliknya bahan dengan sifat OHC yang meningkat akan memiliki sifat WHC yang cenderung menurun.

Swelling Power dan Solubility

Swelling power tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi lama fermentasi berkisar antara 7,59-13,23 g/g. Lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap *swelling power* tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan nilai yang lebih tinggi dibanding tanpa fermentasi (kontrol). Semakin lama waktu fermentasi menyebabkan *swelling power* tepung cenderung mengalami kenaikan (Tabel 3). Kenaikan *swelling power* dipengaruhi oleh kenaikan WHC pada tepung. (Fauzi et al. 2023) menyatakan bahwa saat tepung lebih banyak mengikat dan menahan air yang diserapnya, maka tepung akan lebih mudah mengalami gelatinisasi saat dipanaskan sehingga meningkatkan *swelling power* pada tepung. Tepung dengan waktu fermentasi lebih lama memiliki ukuran partikel lebih kecil sehingga dapat lebih mudah larut dan kemudian menyebabkan tepung lebih mudah mengembang saat dipanaskan (Yuliana et al. 2014).

Solubility tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan variasi waktu fermentasi berkisar antara 1,76-5,52%. Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap *solubility* tepung ubi jalar madu termodifikasi dengan nilai yang lebih tinggi dibanding tanpa fermentasi (kontrol). Semakin lama waktu fermentasi maka *solubility* tepung cenderung mengalami kenaikan (Tabel 3). Selama fermentasi, mikroorganisme akan menghasilkan asam-asam organik yang akan menurunkan pH pada tepung. Keadaan asam akan

menyebabkan terjadinya depolimerisasi granula pati dan pemutusan ikatan pada pati sehingga rantai pati menjadi lebih pendek. Ukuran granula yang lebih pendek menyebabkan pati lebih mudah berinteraksi dengan air (Triwiyono et al. 2020). Semakin mudah air masuk maka kecenderungan untuk membentuk ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air lebih besar. Ikatan hidrogen tersebut yang menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga pati mudah larut dan menaikkan *solubility* pada tepung (Sondari and Iltizam 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa variasi waktu fermentasi memberikan pengaruh nyata terhadap parameter rendemen, derajat putih, pH, kadar air, pati, amilosa amilopektin, *water holding capacity* (WHC), *oil holding capacity* (OHC), *swelling power*, dan *solubility*. Waktu fermentasi 36 jam menghasilkan tepung ubi jalar madu termodifikasi terbaik berdasarkan kualitas fisik, kimia, dan fungsional teknis dengan rendemen 21,69%; derajat putih 83,63; pH 4,11; kadar air 7,28%; kadar pati 49,98%; kadar amilosa 29,40%; kadar amilopektin 20,58%; WHC 252,78%; OHC 121,94%; *swelling power* 13,23 (g/g) dan *solubility* 5,52%. Hasil tepung ubi jalar madu termodifikasi terbaik dapat digunakan untuk produk pangan dengan mempertimbangkan karakteristik tepung yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing jenis produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dan dibiayai oleh Hibah *Matching Fund* Tahun Anggaran 2022 Nomor: 422/El/KS.O6.O2/2022 dan Nomor: 18550/UN25/KS/2022

DAFTAR PUSTAKA

- Adebo, O. A., A. B. Oyedele, J. A. Adebisi, C. E. Chinma, S. A. Oyeyinka, O. O. Olatunde, E. Green, P. B. Njobeh, and K. Kondiah. 2021. Kinetics of phenolic compounds modification during maize flour fermentation. *Molecules* 26(21).
- Adiandri, R. S., and N. Hidayah. 2019. Effect of fermentation using *Lactobacillus casei* on the physicochemical and functional properties of sorghum flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 309(1).
- Aini, N., G. Wijonarko, and B. Sustriawan. 2016. Sifat Fisik, Kimia, dan Fungsional Tepung Jagung yang Diproses Melalui Fermentasi (Physical, Chemical, and Functional Properties of Corn Flour Processed by Fermentation). *Jurnal Agritech* 36(02):160.
- AOAC 925.09. 2005. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist. *Virginia USA: Association of Official Analytical Chemist, Inc.*
- Ariyantoro, A. R., D. Rachmawanti, and I. Ikarini. 2016. Karakteristik Fisikokimia Tepung Koro Pedang (*Canavalia ensiformis*) Termodifikasi dengan Variasi Konsentrasi Asam Laktat dan Lama Perendaman. *Jurnal Agritech* 36(01):1.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 7622:2011 Tepung Mocaf. Indonesia.
- Bankole, Y. O., O. A. Tanimola, R. O. Odunukan, and D. O. Samuel. 2013. An Assessment of the Functional Properties, Proximate Composition, Sensory Evaluation and Rheological Value of Gari Fortified with Bambara Groundnut Flour (*Voandzeia subterranean* Thouars). *International Letters of Natural Sciences* 1:17–27.
- Damak, A. M. A., P. I. Akubor, C. C. Ariahu, and G. O. Okereke. 2022. Functional and Nutritional Properties of Various Flour Blends of Arrowroot Starch and wheat Flour. *Asian Food Science Journal* 21(6):12–25.
- Diniyah, N., N. Yuwana, Maryanto, B. H. Purnomo, and A. Subagio. 2018. Karakterisasi Sera Mocaf (Modified Cassava Flour) dari Ubi Kayu Varietas Manis dan Pahit. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* 15(3):131–139.
- Dou, X., X. Ren, Q. Zheng, Y. He, M. Lv, L. Liu, P. Yang, Y. Hao, F. Chen, and X. Tang. 2023. Effects of Lactic Acid Bacteria Fermentation on the Physicochemical Properties of Rice Flour and Rice Starch and on the Anti-Staling of Rice Bread. *Foods* 12(20).
- Fauzi, M., H. Herlina, and I. M. Sholeha. 2023. Karakteristik Fisik dan Fungsional Tepung Labu Kuning LA3 Desa Tegalrejo, Kecamatan Tegalsari, Kabupaten Banyuwangi. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian* 12(2):106–114.

- Frediansyah, A. 2018. Microbial Fermentation as Means of Improving Cassava Production in Indonesia. *Cassava*(January).
- Gunawan, S., H. W. Aparamarta, B. P. Anindita, and A. T. Antari. 2019. Effect of fermentation time on the quality of modified gadung flour from gadung tuber (*Dioscorea hispida* Dennst.). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 673(1).
- Gunawan, S., H. Wirawasista Aparamarta, I. M. Zarkasie, and W. W. Prihandini. 2018. Effect of initial bacteria cells number and fermentation time on increasing nutritive value of sago flour. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 14(2):246–250.
- Hafnizar, A., Rosmayati, and N. Rahmawati. 2018. Kandungan Beta Karoten Pada Beberapa Aksesori Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) di Kecamatan Lembah Seulawah Kabupaten Aceh Besar. Pages 211–214 *Seminar Nasional Biologi dan Pendidikan Biologi UKSW*. Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Hawashi, M., T. Surya Ningsih, S. Bias Tri Cahyani, K. Tri Widjaja, and S. Gunawan. 2018. Optimization of the fermentation time and bacteria cell concentration in the starter culture for cyanide acid removal from wild cassava (*Manihot glaziovii*). *MATEC Web of Conferences* 156:1–5.
- Igbabul, B., O. Hiikyaa, and J. Amove. 2014. Effect of fermentation on the proximate composition and functional properties of mahogany bean (*Afzelia africana*) flour. *Current Research in Nutrition and Food Science* 2(1):1–7.
- Kamsina, K., N. Nurmiati, and P. Periadnadi. 2019. Pengaruh Jenis Isolat-isolat Bakteri Fermentatif dari Ubi Kayu terhadap Rendemen, Derajat Putih, dan Bentuk Granula Tepung Mocaf. *Indonesian Journal of Industrial Research* 9(2):135–140.
- Lu, Z., M. Yuan, T. Sasaki, L. Li, and K. Kohyama. 2007. Rheological Properties of Fermented Rice Flour Gel. *Cereal Chem* 84:620–625.
- Moede, F. H., S. T. Gonggo, and R. Ratman. 2017. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Pati Ubi Jalar Kuning (*Ipomea Batata* L.). *Jurnal Akademika Kimia* 6(2):86–91.
- Muna, S. N., S. Noviasari, and M. Muzaifa. 2023. Pangan Lokal Sebagai Bahan Baku Produk Bakeri Non-Gluten : Ulasan Jenis dan Karakteristik Produk yang Dihasilkan (Local Food as Main Ingredient of Gluten-free Bakery Product : A Review of Type & Final Product Characteristic) 8:345–351.
- Pasca, B. D., T. Muhandri, D. Hunaefi, and B. Nurtama. 2022. Karakteristik Fisikokimia Tepung Singkong dengan Beberapa Metode Modifikasi. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality* 8(2):97–104.
- Putri, F. R. 2022. The Effect of Fermentation Time on Product Quality of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Soft Cheese with Starter Culture of *Lactobacillus plantarum* B1765. *International Journal of Current Science Research and Review* 05(06):1–9.
- Putri, N. A., H. Herlina, and A. Subagio. 2018. Karakteristik Mocaf (Modified Cassava Flour) Berdasarkan Metode Penggilingan dan Lama Fermentasi. *Jurnal Agroteknologi* 12(01):79.
- Rahmawati, I. S., E. Zubaida, and E. Saparianti. 2015. Medium Fermentasi Berbasis Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) selama Proses Fermentasi (Kajian Jenis Isolat dan Jenis Tepung Ubi Jalar) 4(4).
- Senanayake, S., A. Gunaratne, K. Ranaweera, and A. Bamunuarachchi. 2013. Effect of Heat Moisture Treatment Conditions on Swelling Power and Water Soluble Index of Different Cultivars of Sweet Potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam) Starch. *ISRN Agronomy* 2013:1–4.
- Setiarto, R. H. B., and N. Widhyastuti. 2017. Pengaruh Fermentasi Bakteri Asam Laktat dan Siklus Pemanasan Bertekanan-Pendinginan Terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Ubi Jalar Ungu (*Ipomea Batatas* Var Ayamurasaki) Termomodifikasi. *Warta Industri Hasil Pertanian* 34(1):26.
- Shahira, S. F., A. Subagio, and N. Diniyah. 2023. Pengaruh Suhu Pemanasan dan Konsentrasi terhadap Karakteristik Kimia dan Fungsional pada Modifikasi Pregelatinisasi MOCAF. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* 11(2):207–219.

- Sondari, D., and I. Iltizam. 2018. Karakteristik Edible Coating Dari Modifikasi Pati Sagu Dengan Metoda Cross Link. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 28(3):286–294.
- Subagio, A. 2008. *Prosedur operasi standar (POS) produksi mocaf berbasis klaster : rusnas diversifikasi pangan pokok*. Page TA - TT -. Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology Center, Institut Pertanian Bogor Bogor, Bogor.
- Subagio, A., N. A. Taslim, I. A. Chaniago, I. M. Zainuddin, N. Diniyah, and A. Nafi'. 2022. *Standard Operating Procedures (SOP) Production of Modified Cassava Flour (MOCAF)*. UPT Penerbitan Universitas Jember, Jember.
- Sudarmaji, S., B. Haryono, and Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Ketiga. Liberty, Yogyakarta.
- Syukri, D. 2021. *Pengetahuan Dasar Tentang Senyawa Karotenoid sebagai Bahan Baku Produksi Produk Pengolahan Hasil Pertanian*. Pertama. Andalas University Press, Padang.
- Triwiyono, B., A. Abdurachman, and A. Yulianto. 2020. Various Factors Affect the Quality of Fermented Cassava Starch. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 20(2):107–117.
- Wade, N., E. Darmawati, S. Suro Mardjan, and N. Khumaida. 2021. Komposisi Fisikokimia Tepung Ubi Kayu dan Mocaf dari Tiga Genotipe Ubi Kayu Hasil Pemuliaan. *Jurnal Keteknikan Pertanian* 8(3):97–104.
- Yani, A. V., and M. Akbar. 2018. Pembuatan Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour) dengan berbagai Varietas Ubi Kayu dan Lama Fermentasi. *Jurnal Edible* 7(1):40–48.
- Yuliana, M., A. Meryandini, and T. C. Sunarti. 2019. Seleksi Bakteri Asam Laktat dan Pemanfaatannya sebagai Starter pada Fermentasi Biji Sorgum. *Jurnal Sumberdaya Hayati* 5(1):35–42.
- Yuliana, N., S. Nurdjanah, R. Sugiharto, and D. Amethy. 2014. Effect of Spontaneous Lactic Acid Fermentation on Physico-Chemical Properties of Sweet Potato Flour. *Microbiology Indonesia* 8(1):1–8.