

**KORELASI WAKTU FERMENTASI IRISAN UBI JALAR UNGU DIKUTI *HEAT*
MOISTURE TREATMENT TERHADAP KARAKTERISTIK TEPUNG UBI JALAR UNGU**

ARTIKEL

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang
Magister Teknologi Pangan*

Oleh:
Khofifah Dwi Utami
218050010



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI PANGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

KORELASI WAKTU FERMENTASI IRISAN UBI JALAR UNGU DIKUTI HEAT MOISTURE TREATMENT TERHADAP KARAKTERISTIK TEPUNG UBI JALAR UNGU

Khofifah Dwi Utami ¹, Dr. Ir. H. Dede Zainal Arief, M.Sc. ², Dr. Tantan Widiantara, S.T., M.T. ³

¹ Mahasiswa Magister Teknologi Pangan, ² Dosen Pembimbing 1, ³ Dosen Pembimbing 2, Magister Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Jalan Sumatera No. 41, Bandung – 40117

Email : khofifahdu83@gmail.com

Abstrak

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari korelasi waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu yang diikuti perlakuan *Heat Moisture Treatment* (HMT) terhadap karakteristik tepung yang dihasilkan. Manfaat penelitian adalah untuk meningkatkan kualitas tepung ubi jalar ungu, mengembangkan penggunaan tepung ubi jalar ungu lebih luas lagi dalam pengolahan pangan, dan memanfaatkan sumber daya alam lokal komoditi umbi-umbian khususnya ubi jalar ungu sebagai upaya diversifikasi pangan.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode regresi linier untuk mengetahui korelasi waktu fermentasi terhadap respon yang diuji, dan tepung ubi jalar ungu terfermentasi dilakukan pemilihan sampel terbaik menggunakan metode de Garmo untuk dilakukan *Heat Moisture Treatment* (HMT).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu dengan kadar air, pH, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin, suhu awal gelatinisasi, viskositas pasta panas, viskositas akhir, dan viskositas balik tepung ubi jalar ungu. Untuk kapasitas penyerapan air, kapasitas penyerapan minyak, daya pembengkakan, kelarutan, viskositas puncak, dan *breakdown viscosity* tepung ubi jalar ungu berkorelasi positif dengan waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu. Sampel terpilih, yaitu tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam.

Kata kunci: *Bacillus subtilis* FNCC 0059, Tepung Ubi Jalar Ungu, Fermentasi, *Heat Moisture Treatment* (HMT)

Abstract

This research conducted aims to determine and study the correlation of fermentation time of purple sweet potato slices followed by *Heat Moisture Treatment* (HMT) treatment on the characteristics of the flour produced. The benefits of the research are to improve the quality of purple sweet potato flour, develop a wider use of purple sweet potato flour in food processing, and utilize local natural resources of tuber commodities, especially purple sweet potatoes as an effort to diversify food.

This research was conducted using the linear regression method to determine the correlation of fermentation time to the tasted responses, and fermented purple sweet potato flour was selected as the best sample using de Garmo method for *Heat Moisture Treatment* (HMT).

The result showed that there was a negative correlation between fermentation time of purple sweet potato slice and moisture content, pH, starch content, amylose content, amylopectin content, pasting temperature, hold viscosity, final viscosity, and breakdown viscosity of purple sweet potato flour. The water absorption capacity, oil absorption capacity, swelling power, solubility, peak viscosity, and breakdown viscosity of purple sweet potato flour were positively correlated with the fermentation time of purple sweet potato slices. The selected sample, purple sweet potato flour was fermented for 36 hours.

Keywords: *Bacillus subtilis* FNCC 0059, Purple Sweet Potato Flour, Fermentation, *Heat Moisture Treatment* (HMT)

Niskala

Panalungtikan anu dilakukeun boga tujuan pikeun nganyahokeun jeung ngulik hubungan antara waktu pameuyeuman keureutan huwi boled bungur nu dituturkeun ku *Heat Moisture Treatment* (HMT) jeung karakteristik tipung nu dihasilkeun. Mangpaat panalungtikan nya éta ningkatkeun kualitas tipung huwi boled bungur, ngamekarkeun kagunaan tipung huwi boled bungur anu leuwih loba dina ngolah kadaharan, sarta ngamangpaatkeun sumber daya alam local pikeun komoditi beubeutian hususna nambah rupa-rupa kadaharan anyar.

Ieu panalungtikan ngagunakeun métode régrési liniér pikeun nangtukeun korélasi antara waktu pameuyeuman jeung réson anu diuji, sarta tipung huwi boled bungur anu dipeuyeum dipilih pikeun aya contoh anu pangalusna ngagunakeun métode de Garmo keur bahan anur diolah ku *Heat Moisture Treatment* (HMT).

Hasil panalungtikan nunjukkeun aya korelasi negatif antara waktu pameuyeuman keureutan huwi boled bungur jeung kandungan cai, pH, kandungan kanji, kandungan amilosa, kandungan amilopektin, suhu gelatinisasi awal, viskositas pasta panas, viskositas ahir, jeung viskositas balik tina tipung huwi boled bungur. Keur, kakuatan nyerep cai, kakuatan nyerep minyak, kakuatan ngembung, kaleyuran, viskositas puncak, jeung *breakdown viscosity* tipung huwi boled bungur dihubungkeun positif jeung waktu pameuyeuman keureutan huwi boled bungur. Sampel anu kapilih nya éta tipung anu dipeyeum 36 jam.

Kata kunci: *Bacillus subtilis* FNCC 0059, Tipung Huwi Boled Bungur, Pameuyeuman, *Heat Moisture Treatment* (HMT)

1. Pendahuluan

Produksi ubi jalar di Indonesia tahun 2018 sebanyak 1.914.244 ton dan Jawa Barat merupakan provinsi penghasil ubi jalar terbanyak, yaitu 547.879 ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Produksi ubi jalar yang cukup tinggi memberikan peluang pada pengembangan dan pengolahannya menjadi tepung dalam upaya diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal (Susetyo, dkk., 2016).

Menurut Dewi dan Sutrisno (2014), terdapat 4 (empat) varietas ubi jalar ungu yang tersedia di Indonesia, yaitu antin 1, antin 2, antin 3, ungu lokal, dan varietas introduksi seperti Ayamurasaki dan Yagamawamurasaki. Menurut Handayani (2015), rasa ubi jalar ungu tidak semanis ubi jalar putih sehingga menyebabkan kurangnya minat konsumsi masyarakat terhadap ubi jalar ungu. Namun memiliki prospek dan layak untuk diolah menjadi tepung salah satunya ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki, hal ini dikarenakan ubi jalar ungu varietas Ayamurasaki dalam 100 gram berat basah mengandung 22,64% pati selain itu ubi jalar ini mengandung 3% serat, 0,94% lemak, 0,84% abu, 0,77% protein, 0,30% gula reduksi, 282 mg antosianin, 21,43 mg vitamin C, dan rata-rata produksi 15-20 ton/ha (Ginting, dkk., 2011). Kadar pati ubi jalar ungu varietas *Ayamurasaki* cukup tinggi, sehingga memiliki kesempatan untuk dikembangkan pengolahannya menjadi tepung.

Ubi jalar ungu memiliki keunggulan kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ubi jalar putih dan ubi jalar kuning, yaitu terdapat kandungan antosianin sebesar 110-210 mg/100g yang berperan penting sebagai antioksidan kuat serta berpotensi sebagai sumber pewarna alami. Stabilitas warna antosianin dan aktivitas antioksidan dapat dipengaruhi oleh faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal seperti pH, suhu, kelembaban, cahaya salinitas, dan kondisi penyimpanan sedangkan faktor internal seperti enzim, protein, ion logam, dan polifenol (Farida, dkk., 2022). Pengolahan ubi jalar ungu menjadi tepung merupakan upaya untuk mengurangi kerusakan pada ubi jalar ungu karena kadar airnya yang tinggi, memperpanjang umur simpan, meningkatkan penganekaragaman penggunaan ubi jalar ungu, lebih praktis dan mudah difortifikasi dengan bahan lain sehingga mudah digunakan pada pengolahan selanjutnya (Ginting dan Yulifianti, 2015).

Selain itu, dapat meningkatkan daya guna ubi jalar, meningkatkan nilai ekonomis, pengembangan dalam bidang agroindustri, serta dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku atau bahan substitusi tepung terigu untuk pengolahan pangan.

Tepung ubi jalar ungu alami memiliki beberapa kelemahan berdasarkan sifat fungsional, yaitu tidak mampu membentuk gel secara seragam, tidak tahan pada suhu tinggi dan kondisi asam, kelarutan dalam air dan daya serap air yang rendah (Kusnandar, 2010), serta viskositas dan daya pembengkakan yang rendah (Yuliana, dkk., 2014).

Karakteristik di atas menjadi penghalang dalam penggunaan tepung ubi jalar ungu. Upaya meningkatkan penggunaan tepung ubi jalar ungu untuk pengolahan pangan, dapat dilakukan modifikasi sifat asli tepung ubi jalar ungu (Yuliana, dkk., 2018). Modifikasi merupakan teknik yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat tepung ubi jalar dan dapat dilakukan dengan cara fisik, kimia, dan enzimatik (Neelam, dkk., 2012). Modifikasi yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah modifikasi kombinasi, yaitu secara fermentasi yang diikuti dengan *Heat Moisture Treatment* (HMT).

Fermentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah fermentasi keadaan padat (SSF). Fermentasi padat melibatkan pertumbuhan mikroorganisme pada substrat dengan kandungan air yang terbatas (Dulf, dkk., 2017) dan sangat berpotensi untuk memproduksi enzim (Maftukhah, 2020). Proses fermentasi dengan menambahkan mikroba tertentu menghasilkan berbagai enzim yang mampu mendegradasi senyawa-senyawa organik kompleks di dalam substrat menjadi senyawa sederhana (Hervelly, dkk., 2022). Aktivitas metabolisme mikroorganisme dapat berlangsung dalam kondisi aerobik maupun anaerobik dan mikroorganisme yang dapat digunakan, yaitu bakteri, kapang, maupun khamir (Adegunwa, dkk., 2011). Modifikasi dengan proses fermentasi dapat menghemat biaya, mikroorganisme yang digunakan tersedia, dan produk yang dihasilkan aman untuk dikonsumsi (Nkhata, dkk., 2018 dan Xiang, dkk., 2019).

Prinsip fermentasi pada modifikasi tepung ubi jalar dengan menambahkan starter bakteri asam laktat ke dalam substrat yang akan difermentasi, bakteri yang tumbuh akan mengeluarkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat mendegradasi dinding sel ubi jalar.

Keadaan ini menyebabkan terjadinya pembebasan granula pati yang selanjutnya dihidrolisis menjadi gula sederhana. Gula sederhana yang terbentuk saat fermentasi diubah menjadi asam-asam organik yang membantu penguraian pati selama fermentasi, mengakibatkan berubahnya karakteristik pati ubi jalar yang dihasilkan (Putri, dkk., 2011; Anggraeni dan Yuwono, 2014). Keberhasilan modifikasi tepung dengan metode fermentasi dipengaruhi oleh jenis starter bakteri yang digunakan, yaitu starter bakteri tunggal atau campuran yang berpengaruh pada produk akhir (Mukisa, dkk., 2012).

Fungsi fermentasi pada pembuatan tepung ubi jalar ungu adalah mengubah sifat fisiko-kimia dan fungsional tepung ubi jalar ungu. Tekstur tepung termodifikasi lebih halus dibanding tepung aslinya dan memiliki sifat gelatinisasi yang berbeda (Aini, 2016). Mengetahui sifat kimia, amilografi dan morfologi secara biologi maka semakin mudah dalam mengaplikasikan pada produk pangan.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti akan menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* dengan waktu fermentasi yang bervariasi. *Bacillus subtilis* memiliki aktivitas selulolitik yang akan mendegradasi dinding sel pati sehingga terjadi pembebasan granula pati (Ayoga, dkk., 2014), dapat menghasilkan enzim amilase, protease, amilopullulanase, dan lipase (Morikawa, 2006). Aktivitas amilase yang dikeluarkan bakteri *Bacillus subtilis* dapat menghidrolisis pati pada pH 5,0-7,0 dan dapat menurunkan pH (Liu, dkk., 2016).

Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganismenya selama fermentasi merupakan metabolit sekunder, yaitu produk yang dihasilkan mikroba apabila telah memasuki fase stasioner. Bakteri *Bacillus subtilis* tumbuh cepat selama 18-24 jam fermentasi (Theresia, dkk., 2017). Aktivitas enzim amilase dan pullulanase semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu fermentasi. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan waktu fermentasi dari 0-30 jam. Modifikasi fermentasi dengan waktu yang cukup singkat menyebabkan penguraian fraksi pati tidak sempurna. Oleh karena itu dilakukan kombinasi modifikasi dengan *Heat Moisture Treatment*.

Metode tersebut menjadi salah satu metode yang sering dilakukan karena tidak memerlukan bahan kimia, yaitu dengan cara memanaskan tepung atau pati pada kadar air terbatas (10-30%) pada suhu di atas transisi gelas tetapi di bawah suhu gelatinisasi, selama 1 hingga 16 jam (Syafutri, dkk., 2021). Pada saat modifikasi berlangsung, pemanasan dalam waktu yang relatif lama akan menyebabkan ikatan hidrogen pati terputus atau hilang. Semakin sedikit jumlah gugus hidroksil dari molekul pati maka semakin tinggi kemampuan granula menyerap air. Pengontrolan suhu dan kadar air akan merubah karakteristik fisik dari pati akibat adanya perubahan struktur granula pati. Mekanisme modifikasi ini ditandai dengan peristiwa mengubah granula pati dari penghancuran atau

pemecahan serta penataan ulang rantai amilopektin selama proses ini dan menyebabkan perubahan morfologi granula pati. HMT dapat mempengaruhi penataan ulang granula pati dan meningkatkan interaksi rantai amilosa dan amilopektin sehingga ikatan molekul menjadi pendek (Kusnandar, 2010).

Karakteristik fisiko-kimia dan fungsional pati yang dimodifikasi secara HMT sangat beragam dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti sumber pati, kadar amilosa, dan tipe kristalisasi pati. Karakteristik pati modifikasi ini juga dipengaruhi oleh kondisi proses, seperti suhu, kadar air pati, pH, dan lama waktu proses. Suhu pada proses HMT dapat mempengaruhi peningkatan kadar amilosa dan suhu awal gelatinisasi serta penurunan *swelling power*, kelarutan, dan viskositas sedangkan kadar air yang tinggi akan menghasilkan *swelling power* dan kelarutan yang lebih rendah. Kadar air pati, suhu, dan waktu HMT mempengaruhi morfologi pati serta HMT dapat mengubah karakteristik termal pati (Syamsir, 2012).

Dengan demikian, waktu fermentasi yang berbeda akan menghasilkan karakteristik tepung yang berbeda sebelum proses HMT. Ada atau tidaknya perbedaan merupakan alasan untuk dilakukan penelitian ini.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan-bahan

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*) varietas *Ayamurasaki* yang dipanen pada umur 4,0-4,5 bulan setelah tanam yang diperoleh dari salah satu petani di Desa Linggarjati Kecamatan Cilimus Kabupaten Kuningan, larutan *buffer* pH 4, amilosa murni, etanol 95%, larutan NaOH 1N, larutan Iodida, larutan asam asetat 0,5N, larutan HCl pekat, indikator phenol-pthalein, larutan NaOH 30%, larutan *Luff-schoorl*, larutan H₂SO₄ 6N, larutan KI 20%, larutan amilum 5%, larutan standar Na₂S₂O₃ 0,1 N, minyak (canola), inokulum murni bakteri *Bacillus subtilis* dengan nomor strain FNCC 0059 yang diperoleh dari Pusat Studi Pangan dan Gizi-Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, *nutrient agar*, *nutrient broth*, larutan garam fisiologis 0,85%, *plate count agar*, NaOH 0,1N, Na₂S₂O₃ 5%, HCL 0,1N, n-hexane, dan akuades.

2.2. Alat-alat

Labu Erlenmeyer 100 mL, 250 mL, 500 mL, dan 1000 mL merk *Pyrex*, gelas kimia 100 mL, 250 mL, dan 1000 mL merk *Pyrex*, *stirrer magnetic hot plate*, *autoclave* merk *Gea*, *shaker* merk *Kottermann*, *water-bath* merk *Julabo TWB 12*, *laminar flow*, inkubator, jarum *ose*, tabung reaksi merk *Pyrex*, cawan petri, mikropipet merk *Dragonlab* 100-1000 uL, *blue tip* 1mL/1000 uL, tabung *centrifuge* merk *Nest* ukuran 15 mL dan 50 mL, labu takar 100 mL dan 500 mL, spektrofotometer UV-Vis merk *Shimadzu* 1240, timbangan kasar merk *Idealife* kapasitas 3 kg, neraca analitik elektrik merk *Mettler Toledo* PL 202-S kapasitas 100 g, *slicer*, *tunnel dryer* kapasitas 50 kg, *moisture analyzer* MB25 Corp USA, *powder grinder* merk *Ossel* 500g *Voltage: 220V~50-*

60hz Power: 1800W Fineness: 30-300M RPM: 25000r/min, ayakan ukuran 100 mesh, pipet volumetri 10 mL, 25 mL, dan 50 mL merk pyrex, cawan arloji, tang krus, pH-meter, buret 50 mL merk pyrex, oven memmert UN 55, Vortex Genie Mixer Model VM-1000, Coulter counter (LS130, Coulter Corporation, FL, USA), Scanning Electron Microscope (HITACHI TM-3000), Rapid Visco Analyzer (Newport Scientific, Warriewood, Australia), sentrifugator type LXJ-64-01 dan type PLC-03, labu kjeldahl, hot plate merk Shindo Germany Technology, destilator, heating mantle electrothermal, boiling flask 250 mL merk Pyrex, cawan porselin, dan tanur/thermo scientific thermolyne FB1410M-33 Muffle Furnance.

2.3. Metode

Menggunakan metode eksperimen di laboratorium yang dibagi dalam 3 (tiga) tahap, yaitu:

Tahap 1: membuat dan menganalisis tepung ubi jalar ungu alami

Analisis karakteristik tepung yang dihasilkan, meliputi:

- 1) Kadar air metode gravimetri (AOAC, 2010 dalam Hervelly, 2022)
- 2) pH tepung menggunakan pH-meter (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 3) Kadar pati metode Luff-Schoorl (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 4) Kadar amilosa menggunakan UV-Spektrofotometer (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 5) Kadar amilopektin menggunakan metode by difference
- 6) Kadar abu metode gravimetri (Apriyanto, 1989 dalam Herman, 2011)
- 7) Kadar lemak metode Soxhlet (AOAC, 2005 dalam Amelia, dkk., 2014)
- 8) Kadar protein metode Kjeldahl (AOAC, 2005 dalam Rahmah, 2017)
- 9) Kadar karbohidrat menggunakan metode by difference
- 10) Kapasitas penyerapan air metode Chandra, dkk., (2015)
- 11) Kapasitas penyerapan minyak metode Adepeju, dkk., (2011)
- 12) Daya pembengkakan tepung metode Pranoto, dkk., (2014)
- 13) Kelarutan tepung metode Pranoto, dkk., (2014)
- 14) Ukuran partikel menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) (Aprianita, dkk., 2013)
- 15) Morfologi granula tepung menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) (Babu dan Parimalavalli, 2013)
- 16) Sifat amilografi menggunakan Rapid Visco Analyzer (Thongkaew dan Singthong, 2020).

Tahap 2: pembiakan bakteri, pembuatan starter, dan menghitung perbanyakan sel *Bacillus subtilis*, membuat dan menganalisis tepung ubi jalar ungu terfermentasi dengan waktu yang berbeda, serta pemilihan sampel terbaik untuk dilakukan modifikasi secara Heat Moisture Treatment (HMT)

Pembuatan tepung ubi jalar ungu termodifikasi fermentasi menggunakan rancangan perlakuan yang terdiri dari 1 faktor, yaitu lama waktu fermentasi dengan 6 (enam) taraf. Berikut taraf yang digunakan.

Lama waktu fermentasi (T): $t_1 = 0$ jam; $t_2 = 12$ jam; $t_3 = 24$ jam; $t_4 = 36$ jam; $t_5 = 48$ jam; dan $t_6 = 60$ jam.

Model rancangan percobaan yang digunakan adalah Regresi Linier Sederhana (Sudjana, 2013). Adapun persamaan regresi linier yang digunakan, yaitu:

$$Y = a + bx$$

Keterangan:

Y = variabel terikat (respon yang diteliti)

x = variabel bebas (waktu fermentasi)

a = bilangan konstan (intersep garis regresi)

b = koefisien regresi (slope garis regresi)

Hasil yang diperoleh, dianalisis untuk mengetahui korelasi waktu fermentasi terhadap respon yang diuji.

Klasifikasi koefisien korelasi tanpa memperhatikan tanda positif dan negatif, yaitu:

0,00-0,20 = tidak ada korelasi

0,21-0,40 = korelasi rendah/kurang

0,41-0,70 = cukup

0,71-0,90 = tinggi

0,91-1,00 = sangat tinggi

Analisis karakteristik tepung yang dihasilkan, meliputi:


- 1) Kadar air metode gravimetri (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 2) pH tepung menggunakan pH-meter (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 3) Kadar pati metode Luff-Schoorl (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 4) Kadar amilosa menggunakan UV-Spektrofotometer (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 5) Kadar amilopektin menggunakan metode by difference
- 6) Kapasitas penyerapan air metode Chandra, dkk., (2015)
- 7) Kapasitas penyerapan minyak metode Adepeju, dkk., (2011)
- 8) Daya pembengkakan tepung metode Pranoto, dkk., (2014)
- 9) Kelarutan tepung metode Pranoto, dkk., (2014)
- 10) Ukuran partikel menggunakan Particle Size Analyzer (PSA) (Aprianita, dkk., 2013)
- 11) Morfologi granula tepung menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) (Babu dan Parimalavalli, 2013)
- 12) Sifat amilografi menggunakan Rapid Visco Analyzer (Thongkaew dan Singthong, 2020)

Tahap 3: mengetahui, mempelajari, dan menganalisis tepung modifikasi secara Heat Moisture Treatment (HMT)

Analisis karakteristik tepung yang dihasilkan, meliputi:

- 1) Kadar air metode gravimetri (AOAC, 2010 dalam Hervelly, 2022)
- 2) pH tepung menggunakan pH-meter (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)

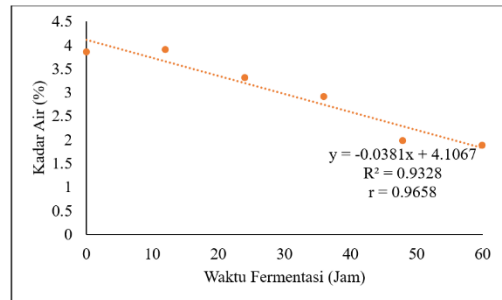
- 3) Kadar pati metode *Luff-Schoorl* (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 4) Kadar amilosa menggunakan UV-Spektrofotometer (AOAC, 2010 dalam Hervelly, dkk., 2022)
- 5) Kadar amilopektin menggunakan metode *by difference*
- 6) Kadar abu metode gravimetri (Apriyanto, 1989 dalam Herman, 2011)
- 7) Kadar lemak metode Soxhlet (AOAC, 2005 dalam Amelia, dkk., 2014)
- 8) Kadar protein metode Kjeldahl (AOAC, 2005 dalam Rahmah, 2017)
- 9) Kadar karbohidrat menggunakan metode *by difference*
- 10) Kapasitas penyerapan air metode Chandra, dkk., (2015)
- 11) Kapasitas penyerapan minyak metode Adepeju, dkk., (2011)
- 12) Daya pembengkakan tepung metode Pranoto, dkk., (2014)
- 13) Kelarutan tepung metode Pranoto, dkk., (2014)
- 14) Ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Aprianita, dkk., 2013)
- 15) Morfologi granula tepung menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Babu dan Parimalavalli, 2013)
- 16) Sifat amilografi menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (Thongkaew dan Singthong, 2020).

14	Ukuran partikel	44,34 μ m	10-25 μ m ¹⁾
15	Morfologi granula		-
	Sifat amilografi:		
	- Suhu awal gelatinisasi	78,97°C	18°C ⁴⁾
	- Viskositas puncak	2.393 cP	2.917 cP ⁴⁾
16	- Viskositas pasta panas	1.228 cP	2.379 cP ⁴⁾
	- Viskositas akhir	1.996 cP	4.498 cP ⁴⁾
	- <i>Breakdown viscosity</i>	1.165 cP	533 cP ⁴⁾
	- Viskositas balik	768 cP	2.119 cP ⁴⁾

Sumber: Nindyarani, dkk., (2011)¹⁾; Rizky dan Zubaidah (2015)²⁾; Daniah, dkk., (2017)³⁾; dan Eriningtyas (2023)⁴⁾

Tahap 2:

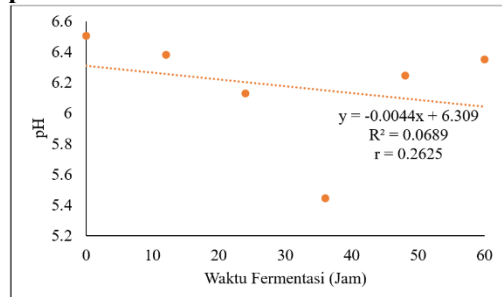
1) Kadar air



Gambar 1. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9658 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,9328. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar air. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang sangat tinggi antara waktu fermentasi terhadap kadar air.

2) pH



Gambar 2. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap pH Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,262488 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,0689. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar air. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r)

3. Hasil dan Pembahasan

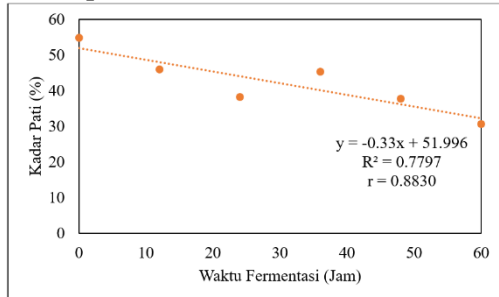
Tahap 1:

Tabel 1. Hasil Analisis Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

No	Parameter	Hasil Analisis	Literatur
1	Kadar air	3,84% ±0,01	10,92% ±0,09 ¹⁾
2	pH	6,505 ±0,010	6,31 ²⁾
3	Kadar pati	54,77% ±2,201	74,57% ±0,32 ¹⁾
4	Kadar amilosa	20,79% ±0,94 ¹⁾	24,79% ±0,94 ¹⁾
5	Kadar amilopektin	33,98% ±0,00 ¹⁾	49,78% ±0,00 ¹⁾
6	Kadar abu	2,70% ±0,001	2,58% ±0,01 ¹⁾
7	Kadar lemak	2,80% ±0,640	0,61% ±0,06 ¹⁾
8	Kadar protein	1,49% ±0,213	6,44% ±0,27 ¹⁾
9	Karbohidrat	89,17% ±0,00 ¹⁾	90,37% ±0,00 ¹⁾
10	Kapasitas penyerapan air	1,519 g/g ±0,003	1,50g/g ±0,02 ³⁾
11	Kapasitas penyerapan minyak	0,742 g/g ±0,100	1,35g/g ±0,03 ³⁾
12	Daya pembengkakan	3,709 g/g ±0,389	5,66g/g ±0,53 ³⁾
13	Kelarutan	1,39% ±1,39	1,82% ±0,06 ³⁾

pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang rendah antara waktu fermentasi terhadap pH.

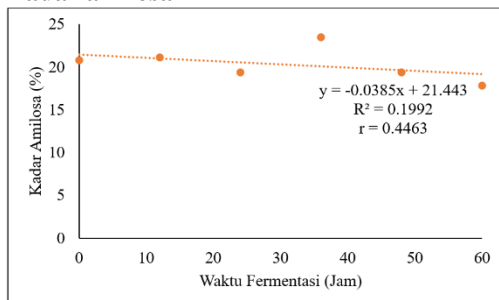
3) Kadar pati



Gambar 3. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8830 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,7797. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar pati. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang sangat tinggi antara waktu fermentasi terhadap kadar pati.

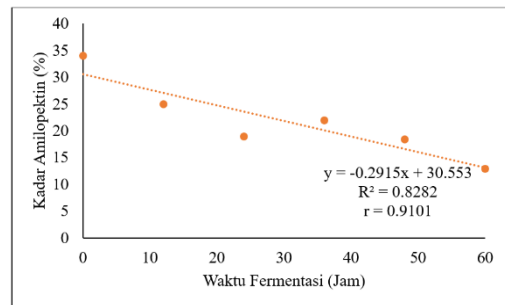
4) Kadar amilosa



Gambar 4. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,4463 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,1992. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar amilosa. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang cukup antara waktu fermentasi terhadap kadar amilosa.

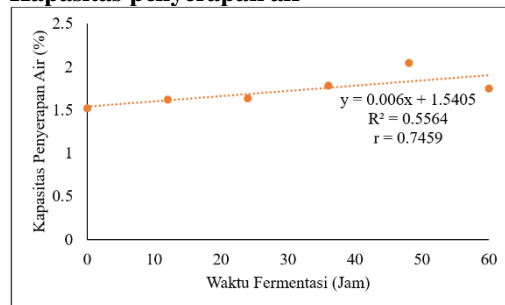
5) Kadar amilopektin



Gambar 5. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilopektin Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9101 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,8282. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar amilopektin. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang tinggi antara waktu fermentasi terhadap amilopektin.

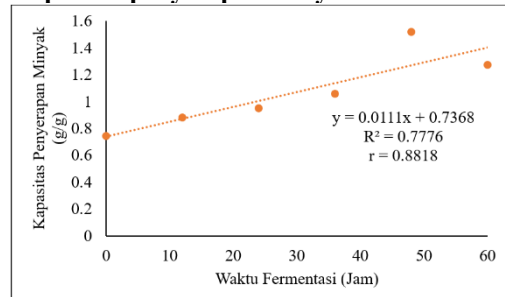
6) Kapasitas penyerapan air



Gambar 6. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kapasitas Penyerapan Air Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,7459 dan koefisien determinasi (R²) sebesar 0,5564. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kapasitas penyerapan air. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang tinggi antara waktu fermentasi terhadap kapasitas penyerapan air.

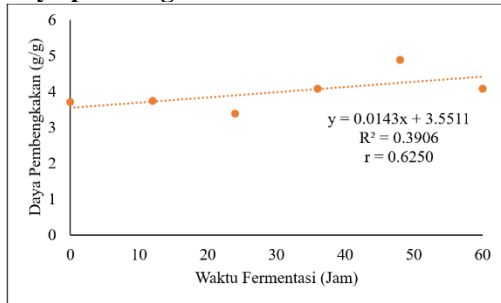
7) Kapasitas penyerapan minyak



Gambar 7. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kapasitas Penyerapan Minyak Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8818 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7776. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kapasitas penyerapan minyak. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang tinggi antara waktu fermentasi terhadap kapasitas penyerapan minyak.

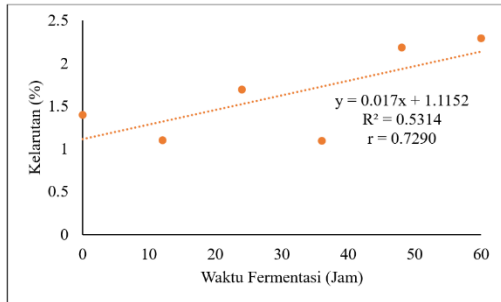
8) Daya pembengkakan



Gambar 8. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Daya Pembengkakan Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,6250 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3906. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan daya pembengkakan. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang cukup antara waktu fermentasi terhadap daya pembengkakan.

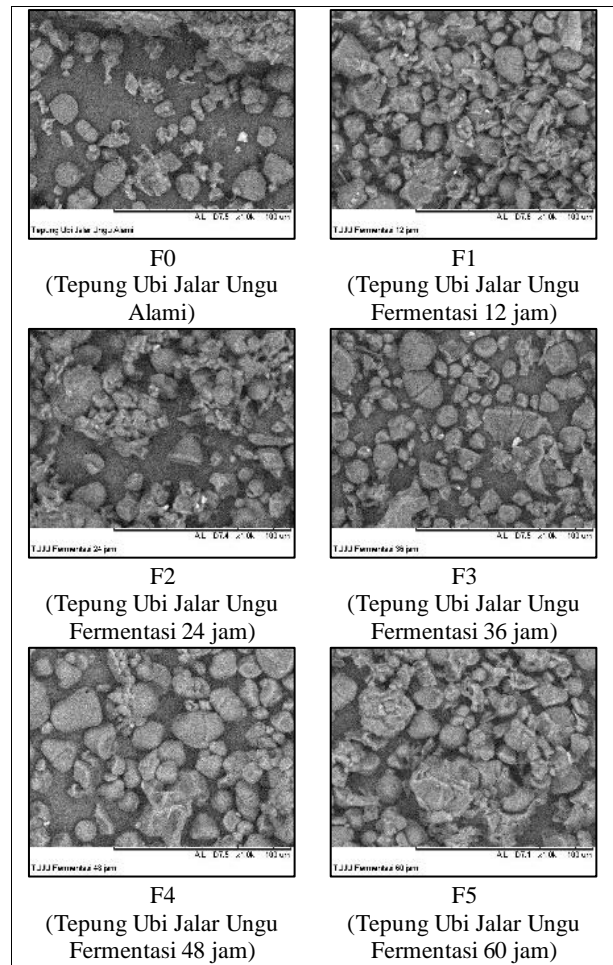
9) Kelarutan



Gambar 9. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelarutan Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,7290 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,5314. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kelarutan. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang tinggi antara waktu fermentasi terhadap kelarutan.

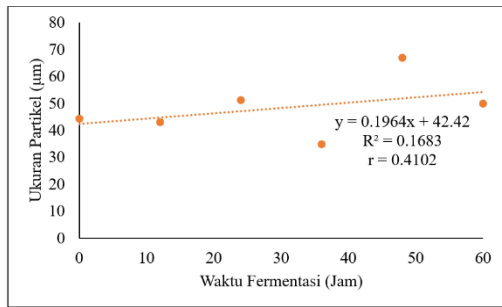
10) Morfologi granula



Gambar 10. Morfologi Granula Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Gambar 10 menunjukkan perubahan granula pati tepung ubi jalar ungu selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu. Pada Gambar F0 (tepung ubi jalar ungu alami), beberapa granula pati masih terikat dan terlihat bergerombol. Granula pati masih mempunyai bentuk yang tampak bulat beraturan, utuh, dan homogen. Hal ini diduga karena aktivitas enzim selulolitik yang dapat memecah dinding sel belum bekerja secara optimal. Namun, perubahan bentuk granula pati mulai terjadi pada Gambar F1 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 12 jam). Perubahan granula pati ini semakin intensif seiring dengan lama fermentasi. Pada Gambar F1 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 12 jam) dan Gambar F2 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 24 jam), terlihat granula pati mulai tidak memiliki bentuk bulat beraturan. Pada Gambar F3 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam) dan Gambar F4 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 48 jam) terlihat semakin banyak granula pati yang berlubang, sehingga bentuk granula pati terlihat bulat tidak beraturan dan ukuran granula semakin besar. Pada Gambar F5 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 60 jam) terlihat granula pati semakin membesar dan ukurannya semakin tidak seragam.

11) Ukuran partikel



Gambar 11. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap

Kadar Air Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,4102 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1683. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan ukuran partikel. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang cukup antara waktu fermentasi terhadap ukuran partikel.

12) Sifat amilografi

a) Suhu awal gelatinisasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8404 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7062. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan suhu awal gelatinisasi. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang tinggi antara waktu fermentasi terhadap suhu awal gelatinisasi.

b) Viskositas puncak

Berdasarkan grafik regresi, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,0141 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0002. Hasil tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan korelasi antara waktu fermentasi dengan viskositas puncak.

c) Viskositas pasta panas

Berdasarkan grafik regresi, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,0412 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0017. Hasil tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan korelasi antara waktu fermentasi dengan viskositas pasta panas.

d) Viskositas akhir

Berdasarkan grafik regresi, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,0424 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0018. Hasil tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan korelasi antara waktu fermentasi dengan viskositas akhir.

e) Breakdown viscosity

Berdasarkan grafik regresi, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,0548 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,003. Hasil tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan korelasi antara waktu fermentasi dengan *breakdown viscosity*.

f) Viskositas balik

Berdasarkan grafik regresi, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,0436 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0019. Hasil tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan viskositas balik.

Tahap 3:

No	Parameter	Fermen 36 jam	F.36 Jam + HMT	Literatur
1	Kadar air	2,90% ±0,100	6,20% ±0,052	4,92% ±0,08 ¹⁾
2	pH	5,45 ±0,010	5,535 ±0,010	-
3	Kadar pati	45,32% ±3,29	37,73% ±1,139	69,57% ²⁾
4	Kadar amilosa	23,42%	22,37%	32,83% ±0,13 ¹⁾
5	Kadar amilopektin	21,90%	15,36%	-
6	Kadar abu	-	2,29% ±0,100	1,19% ±0,05 ⁵⁾
7	Kadar lemak	-	0,88% ±0,020	0,17% ±0,01 ¹⁾
8	Kadar protein	-	0,43% ±0	0,38% ±0,04 ¹⁾
9	Karbohidrat total	-	90,20%	85,67% ±0,03 ⁵⁾
10	Kapasitas penyerapan air	1,777 g/g ±0,032	1,535 g/g ±0,026	2,32 g/g ±0,03 ³⁾
11	Kapasitas penyerapan minyak	1,057 g/g ±0,425	1,410 g/g ±0,122	2,40 g/g ±0,04 ³⁾
12	Daya pembengkakan	4,079 g/g ±0,050	4,115 g/g ±0,175	3,10 g/g ¹⁾
13	Kelarutan	1,09% ±0,098	1,30% ±0,10	2,8% ¹⁾
14	Morfologi granula	Terlampir pada 4.3.14		-
15	Ukuran Partikel	34,85 µm	51,91 µm	-
16	Sifat amilografi:			
	- Suhu awal gelatinisasi	77,80 °C	79,02 °C	80,46 °C ⁴⁾
	- Viskositas puncak	6.878 cP	6.618 cP	5.504 cP ⁴⁾
	- Viskositas pasta panas	3.053 cP	3.060 cP	-
	- Viskositas akhir	4.829 cP	4.890 cP	-
- Breakdown viscosity	3.825 cP	3.558 cP	1.186 cP ⁴⁾	
- Viskositas balik	1.776 cP	1.830 cP	2.705 cP ⁴⁾	

Sumber: Zheng, dkk., (2016)¹⁾; Fadhli, dkk., (2023)²⁾; Lase, dkk., (2013)³⁾; Sunyoto, dkk., (2016)⁴⁾; Ongga, dkk., (2022)⁵⁾

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi negatif antara waktu fermentasi dengan kadar air, pH, kadar pati, kadar amilosa, kadar amilopektin, suhu awal gelatinisasi, viskositas pasta panas, viskositas akhir, dan viskositas balik. Sedangkan kapasitas penyerapan air, kapasitas penyerapan minyak, daya pembengkakan, kelarutan, viskositas puncak, dan *breakdown viscosity* berkorelasi positif terhadap waktu fermentasi. Didapat sampel terpilih menggunakan

metode de Garmo, yaitu tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam.

5. Daftar Pustaka

- Adegunwa, M. O., Sanni, L. O., dan Maziya-Dixon, B., (2011). **Effect of Fermentation Length and Varieties on The Pasting Properties of Sour Cassava Starch**. Afr. J. of Biotech. Vol. 10 (42): 8428-8433.
- Aini, N., G. Wijonarko., dan B. Sustriawan., (2016). **Sifat Fisik, Kimia, dan Fungsional Tepung Jagung yang Diproses Melalui Fermentasi**. AGRITECH, Vol. 36, No. 2: 160-169.
- Anggraeni, Y. P., dan Yuwono, S. S., (2014). **Pengaruh Fermentasi Alami pada Chips Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) terhadap Siat Tepung Ubi Jalar Terfermentasi**. J. Pangan dan Agroindustri. Vol. 2. No. 2: 59-69.
- Ayogu, A., Awamaria, B., Sutherland, J. P., dan Ouoba, L. I. I., (2014). **Food Control**. 39: 119-129.
- BPS. (2018). **Produksi Ubi Jalar Menurut Provinsi 2014-2018**. Jakarta: Indonesia.
- Dewi, R., dan Sutrisno, H., (2014). **Karakter Agronomi dan Daya Hasil Tiga Klon Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.*) di Lahan Masam Lampung**. J. Pertanian Terapan. Vol. 14, No. 1.
- Dulf, F. V., Vodnar, D. C., Dulf, E., and Pintea, A., (2017). **Phenolic Compounds, Flavonoids, Lipids and Antioxidant Potential of Apricot (*Prunus armeniaca L.*) Pomace Fermented by two Filamentous Fungal Sstrains in Solid State System**. Chemistry Central Journal. 11: 92.
- Farida, S., Kusumawardani, N. D., Hariyani, N., dan Purwanti, G. A., (2022). **Karakteristik Kimia dan Aktifitas Antioksidan Tepung Ubi Jalar Ungu Varietas Antin 2 dan Varietas Antin 3**. J. Green House, Vol. 1, No. 1, 7-18.
- Ginting, E., Joko S. Utomo., R. Yulifianti., dan M. Jusuf., (2011). **Potensi Ubi Jalar Ungu sebagai Pangan Fungsional**. Iptek Tanaman Pangan Vol. 6, No. 1: 116-138.
- Ginting, E. dan R. Yulifianti., (2015). **Characteristics of Noodle Prepared from Orange Fleshed Sweet Potato and Domestic Wheat Flour**. The First int. Symposium on Food and Agrobiodiversity (ISFA 2014). Procedia Food Sci. 3: 289-302.
- Handayani, F., (2015). **Pemanfaatan Tepung Ubi Jalar Ungu pada Produk Brownies sebagai Makanan Fungsional**. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Hervelly., Djali, M., Sukarminah., dan Rialita, T., (2022). **The Effect of Fermentation Time and Consortium Starter Bacteria on Properties of Modified Purple Sweet Potato Flour**. J. Food Processing and Preserv. Institute of Food Science Technology.
- Kusnandar, F., (2010) **Teknologi Modifikasi Pati dan Aplikasinya di Industri Pangan**. Departemen Ilmu Teknologi Pangan-Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Liu, S. L., Wu W. J., dan Yung P. T., (2016). **Effect of Sonic Stimulation on Bacillus Endospore Germination**. FEMS Microbiol Lett; 363: 1-7.
- Maftukhah, S. (2020). **Aplikasi *Bacillus sp* pada Produksi Enzim Menggunakan metode Fermentasi Padat-Review**. Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri (UNISTEK). Vol. 7, No. 1: 6-9.
- Morikawa, M., (2006). **Beneficial Biofilm Formation by Industrial Bacteria *Bacillus Subtilis* and Related Soecies**. J. Bioscie. Bioeng. 101 (1): 1-8.
- Mukisa I. M., Byaruhanga Y. B., Muyanja C. M. B. K., Aijuka M., Schuller R. B., Istrom S. S., Langsrud T., Narvhus J. A., (2012). **Influence of Co-fermentation by Amyolytic *Lactobacillus plantarum* and *Lactococcus lactis* Strains on The Fermentation Process and Rheology of Sorghum Porridge**. App. and Environ. Microbiol. 78 (15): 5220-5228.
- Neelam, K., Vijay S., dan Lalit, S., (2012) **Various Techniques for The Modification of Starch and The Application of Its Derivates**. Int. Res. K. Pharmacy. 3: 25-31.
- Nkhata, S.G., Ayua, E., Kamau, E.H., dan Shingiro, J.B., (2018). **Fermentation and Germination Improve Nutritional Value of Cereals and Legumes Through Activation of Endogenous Enzymes**. Food Sci. Nutr, 6: 2446-2458.
- Putri W. D. R., Haryadi D. W., Marseno., dan Cahyanto M. N., (2011). **Effect of Biodegradation by Lactic Acid Bacteria on Physical Properties of Cassava Starch**. APCBEE Procedia, Vol. 2: 104-109.
- Susetyo, Y. A., S. hartini dan H. N. Cahyanti., (2016). **Optimasi Kandungan Gizi Tepung Ubi Jalar (*Ipomea batatas L.*) Terfermentasi Ditinjau dari Dosis Penambahan Inokulum Angkak serta Aplikasinya dalam Pembuatan Mi Basah**. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 5 (3): 56-63.
- Syafutri, M. I., Pratama, F., Syaiful, F., Sari, R. A., Sriutami, O., dan Pusvita, D., (2021). **Pengaruh Heat Moisture Treatment terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Beras Merah Termodifikasi**. Artikel Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan. 175-185.
- Syamsir, E. H., (2012). **Pengaruh Proses Heat Moisture Treatment (HMT) terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati**. Institut Pertanian Bogor. Teknologi dan Industri Pangan. Vol. XXIII, No. 1, Bogor.

- Theresia N I Koni., Rusman., C. Hanim., dan Zuprizal., (2017). **Effect of pH and Temperature on *Bacillus subtilis* FNCC 0059 Oxalate Decarboxylase Activity.** Pakistan J. of Biol. Sci., 20: 436-441.
- Xiang, H., Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G.I., Cui, C., dan Ruan, Z., (2019). **Fermentation-enabled Wellness Foods: A Fresh Perspective.** Food Sci. Hum. Well, 8: 203-243.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., Sugiharto, R., dan Amethy, D., (2014). **Effect of Spontaneous Lactic Acid Fermentation on Physico-Chemical Properties of Sweet Potato Flour.** Microbiology Indonesia. Vol. 8. No. 1: 1-8.