

Tesis Revisi Khofifah Dwi Utami MTP

by Khofifah Dwi Utami MTP

Submission date: 20-Mar-2024 01:48PM (UTC+0700)

Submission ID: 2324345808

File name: 218050010_Khofifah_Dwi_Utami_MTP.pdf (1.18M)

Word count: 10061

Character count: 62640

BAB I PENDAHULUAN

Penelitian yang dilakukan merupakan bahan untuk menyusun Laporan Tesis dengan judul “**Korelasi Waktu Fermentasi Irisan Ubi Jalar Ungu Diikuti ³Heat Moisture Treatment (HMT) Terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu**”.

Judul tersebut dipilih ⁸ dan diteliti dengan berbagai pertimbangan secara lengkap mulai dari ⁸ latar belakang, identifikasi masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, kerangka pemikiran, hipotesis penelitian, serta tempat dan waktu penelitian yang dijelaskan dalam bagian pendahuluan.

1.1.Latar Belakang

Pada tahun 2018, produksi ubi jalar di Indonesia 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).

Dewi dan Sutrisno (2014) menyatakan terdapat 4 (empat) kelompok ubi jalar ungu yang tersedia di Indonesia, yaitu ubi jalar antin 1, ubi jalar antin 2, ubi jalar ³⁴ antin 3, ungu lokal, dan kelompok ³⁴ introduksi seperti Ayamurasaki dan Yagamawamurasaki. Handayani (2015) menyatakan bahwa ³⁴ 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 ¹⁸ diolah menjadi tepung salah satunya ubi jalar ungu kelompok Ayamurasaki, ³ hal ini ¹⁸ dikarenakan ubi jalar ungu kelompok ini dalam 100gram 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). ¹⁶ Kadar pati ubi jalar ungu varietas *Ayamurasaki* cukup tinggi, sehingga memiliki kesempatan untuk dikembangkan pengolahannya menjadi tepung.

Keunggulan dari ubi jalar ungu adalah kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan 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. Kestabilan warna antosianin dan aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal seperti cahaya salinitas, kelembaban, kondisi penyimpanan, ph, dan suhu sedangkan faktor internal seperti enzim, protein, ion logam, dan polifenol (Farida, dkk., 2022).

³ Ubi jalar ungu yang diolah menjadi tepung merupakan upaya untuk mengurangi kerusakan karena tingginya kadar air, 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 pemanfaatan sebagai bahan baku atau bahan substitusi tepung terigu dalam pengolahan pangan.

Kelemahan tepung ubi jalar ungu alami berdasarkan sifat fungsional, yaitu tidak dapat membentuk gel dengan seragam, rentan pada suhu tinggi dan dalam

keadaan asam, larutan 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 pemanfaatan tepung ubi jalar ungu untuk pengolahan pangan, dapat dilakukan modifikasi sifat asli tepung ubi jalar ungu (Yuliana, dkk., 2019). Modifikasi merupakan teknik yang digunakan untuk memperbaiki sifat tepung yang 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 dalam produksi ³tepung ubi jalar ungu adalah mengubah sifat fisikokimia dan fungsional tepung ubi jalar ungu (Aini, 2016). Pengetahuan ¹sifat kimia, amilografi, dan morfologi secara biologi memudahkan pengguna dalam mengaplikasikan pada pembuatan.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti akan menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* dengan waktu fermentasi yang bervariasi. *Bacillus subtilis* menghasilkan aktivitas selulolitik yang akan mendegradasi dinding sel pati sehingga terjadi pembebasan granula pati (Ayogu, 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 mikroorganisme 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). ⁶ 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*.

⁶ 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%) ²¹ pada suhu di atas transisi gelas tetapi di bawah suhu gelatinisasi, selama 1 hingga 16 jam (Syafutri, dkk., 2021). Pada saat modifikasi berlangsung, pemanasan ³³ dalam waktu yang relatif lama akan menyebabkan ikatan hidrogen pati terputus atau hilang. Jumlah gugus hidroksil yang sedikit dapat meningkatkan kemampuan granula dalam menyerap air. Penjagaan suhu dan kadar air dapat merubah karakteristik fisik pati karena 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 fisikokimia dan fungsional pati yang dimodifikasi secara HMT dapat dipengaruhi oleh sumber pati, kadar amilosa, dan tipe kristalisasi pati. Karakteristik pati modifikasi dipengaruhi oleh kondisi proses, seperti suhu, kadar air, 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, suhu, dan waktu HMT mempengaruhi morfologi pati dan 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.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu bagaimana korelasi waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu yang diikuti perlakuan *Heat Moisture Treatment* (HMT) terhadap karakteristik tepung yang dihasilkan?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian adalah untuk menentukan korelasi waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu yang diikuti perlakuan *Heat Moisture Treatment* (HMT) pada pembuatan tepung ubi jalar ungu.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui dan mempelajari korelasi waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu yang diikuti perlakuan *Heat Moisture Treatment* (HMT) terhadap karakteristik tepung yang dihasilkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk meningkatkan kualitas tepung ubi jalar ungu.
2. Mengembangkan penggunaan tepung ubi jalar ungu lebih luas lagi dalam pengolahan pangan.
3. Memanfaatkan sumber daya alam lokal komoditi umbi-umbian khususnya ubi jalar ungu sebagai upaya diversifikasi pangan.

1.5. Kerangka Pemikiran

Salah satu penanganan ubi jalar segar agar tidak banyak yang terbuang, yaitu dilakukan pengolahan menjadi tepung. Karakteristik fungsional tepung menjadi pembatas dalam pemanfaatannya. Kelemahan sifat tepung ubi jalar dapat dimodifikasi dengan cara fermentasi. Selama proses fermentasi, enzim yang disekresi mikroba dapat mendegradasi dinding sel ubi jalar sehingga terjadi pembebasan granula pati dan perubahan karakteristik pati (Nurdjanah dan Yuliana, 2019). Modifikasi tepung yang dihasilkan memiliki rendemen tinggi dan keamanan pangan terjamin (Kurniawan, dkk., 2017).

Kartikasari, dkk (2016) menyatakan pati singkong termodifikasi secara biologi memberikan kadar air rendah. Penurunan kadar air diakibatkan oleh aktivitas enzim sellulolitik dan peknolitik yang intensif dalam mendegradasi sellulosa dinding sel sehingga dinding sel rusak dan granula pati mengalami

liberasi. Akibat adanya aktivitas enzim amilolitik ekstraseluler, granula yang terliberasi dihidrolisis sebagian pada permukaan granula sehingga menyebabkan granula pati berlubang dan granula pati lebih porous saat dilakukan pengeringan (Subagio, 2006).

¹ Bakteri penghasil asam terutama bakteri asam laktat merupakan jenis bakteri yang mendominasi selama fermentasi. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan pH. Kartikasari, dkk (2016) menyatakan bahwa lama fermentasi menghasilkan banyak asam organik, sehingga menyebabkan pH menjadi rendah. Laktat merupakan metabolit utama asal aktivitas BAL ¹ ketika BAL mendegradasi granula pati bagian dalam maka asam laktat akan terperangkap dalam granula pati.

Menurut Fleche, (1985) dalam penelitian Kartikasari, dkk (2016) menyatakan bahwa lama fermentasi mengakibatkan peningkatan aktivitas enzim sehingga ¹ lebih mudah menghidrolisis amilosa yang mempunyai rantai lurus dan akan mendegradasi senyawa menjadi lebih sederhana. Proses fermentasi menyebabkan aktivitas enzim amilase ekstraseluler meningkat sehingga akan mendegradasi amilosa menjadi senyawa yang lebih sederhana. Oleh karena itu, kandungan amilosa akan semakin turun

³ Kandungan pati suatu bahan dipengaruhi oleh umur tanaman dan lama penyimpanan setelah panen. Anggraeni dan Yuwono (2014) menyatakan bahwa ⁷ kadar pati pada varietas Kuningan merah lebih tinggi dibandingkan dengan varietas Kuningan putih dan *Ayamurasaki* (ungu) yang disebabkan oleh perbedaan komposisi kimia pada masing-masing varietas. Hasil analisis pati ³ menunjukkan bahwa kadar pati varietas Kuningan merah sebesar 23,55%, Kuningan putih

22,78%, dan *Ayamurasaki* (ungu) 16,37%.⁷ Semakin lama fermentasi maka kadar pati semakin menurun karena pada proses fermentasi terjadi pemecahan pati oleh aktivitas mikroorganisme menjadi gula sederhana. Selama fermentasi terdapat aktivitas mikroba yang menyebabkan terjadinya degradasi pati disertai dengan pembentukan gula sederhana yang digunakan untuk energi dalam pertumbuhan dan aktivitas mikroba, degradasi tersebut menyebabkan penurunan kadar pati.

¹ Amilopektin memiliki rantai cabang dan berat molekul yang lebih besar sehingga sulit terhidrolisis. Kartikasari, dkk (2016) menyatakan bahwa¹ semakin lama fermentasi menunjukkan kadar amilopektin semakin meningkat. Hal ini diduga selama proses fermentasi, BAL akan menghasilkan enzim amilase yang dapat memotong ikatan lurus amilosa sehingga amilosa semakin menurun dan amilopektin semakin meningkat.

As'ari dan Kurnia (2019) menyatakan bahwa lama fermentasi dalam pembuatan tepung mocaf menyebabkan penurunan kadar karbohidrat yang terkandung dalam tepung. Penurunan karbohidrat dapat terjadi karena aktivitas enzim mikroba meningkat dalam mendegradasi pati.

Aini, dkk (2016) melakukan penelitian modifikasi tepung jagung menggunakan media fermentasi (air, bakteri asam laktat, *Lactobacillus casei*, dan ragi tape) dan lama fermentasi (20 jam, 40 jam, 60 jam, dan 80 jam).⁴ Fermentasi menggunakan *L. casei* selama 60 jam dihasilkan kapasitas penyerapan air 117,80%. Proses fermentasi dapat meningkatkan kapasitas penyerapan air tepung jagung. Menurut Chelule, dkk (2010) lama fermentasi menyebabkan terjadinya degradasi⁴ makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana. Makromolekul yang

⁴ kompak menjadi agak berporous karena terpecah menjadi molekul sederhana dan berbobot massa kecil sehingga renggang dan mudah menyerap air.

Penyerapan minyak merupakan sifat penting dalam formulasi makanan karena dapat memperbaiki flavor dan *mouthfeel* makanan. Aini, dkk (2016) menyatakan bahwa ⁴ waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kapasitas penyerapan minyak tepung jagung. ⁴ Kapasitas penyerapan minyak memiliki kecenderungan meningkat selama proses fermentasi. ⁹ Hal ini berhubungan dengan mekanisme kapasitas penyerapan minyak, yaitu terperangkapnya minyak secara fisik dengan gaya kapiler dan peran hidrofobisitas protein. Kapasitas penyerapan minyak ⁴ tepung jagung memiliki korelasi tinggi dengan waktu fermentasi jagung.

⁴ *Swelling power* dipengaruhi oleh adanya pemecahan granula pati, amilosa, dan amilopektin yang mampu berikatan dengan air pada saat terjadi proses pemanasan. Aini, dkk (2016) menyatakan bahwa *swelling power* ⁴ tepung jagung dipengaruhi oleh interaksi antara jenis fermentasi dan waktu fermentasi pada pembuatan tepung jagung termodifikasi. Interaksi kombinasi perlakuan berkisar 10,5-15%. Jenis fermentasi yang digunakan yaitu ragi tape, mengandung enzim ⁴ selulase yang dihasilkan oleh *Aspergillus* sehingga mampu merombak selulosa yang terdapat pada jagung. Hal ini mengakibatkan granula pati jagung lebih porous sehingga mampu menyerap air ketika pati dipanaskan. ⁴ Semakin lama proses fermentasi jagung, semakin besar *swelling power* tepung jagung termodifikasi. Hal ini diduga karena semakin lama proses fermentasi maka semakin banyak pati yang dipecah. Pemecahan pati mampu meningkatkan *swelling power* karena granula pati yang terpecah mampu mengikat air pada saat dipanaskan.

Peningkatan nilai indeks penyerapan air biasanya diikuti dengan peningkatan indeks kelarutan air. Anggraeni dan Yowono (2014) menyatakan bahwa ³ semakin lama fermentasi maka indeks kelarutan air tepung ubi jalar terfermentasi semakin besar. Hal ini diduga karena proses fermentasi terjadi degradasi pati oleh aktivitas mikroba menjadi gula-gula sederhana sehingga gula sederhana mudah berinteraksi dengan air.

⁴ Proses fermentasi melunakkan struktur jagung awal yaitu kristalin yang memiliki tekstur keras menjadi lebih amorf yang memiliki tekstur lunak sehingga dapat meningkatkan rendemen tepung jagung. Aini, dkk (2016) menyatakan bahwa fermentasi jagung yang lama akan menghasilkan rendemen tepung jagung yang banyak. Fermentasi dapat ⁴ melunakkan struktur jagung sehingga proses penggilingan menjadi lebih mudah dan lama proses fermentasi menyebabkan tepung jagung lebih banyak terdistribusi pada ukuran partikel yang kecil.

¹ Perubahan bentuk pada granula pati yang dapat dicermati lebih jelas menggunakan *Scanning Electronic Microscope*. Kartikasari, dkk (2016) menyatakan bahwa saat fermentasi 0 jam (F0) serta kontrol (FB), granula pati yang masih terikat dan bergerombol di dinding sel. ¹ Hal ini diduga sebab adanya aktivitas enzim selulolitik yang bisa menghambat dinding sel belum bekerja secara optimal. Perubahan bentuk granula pati mulai terjadi di waktu fermentasi (F1), yaitu granula mulai memisah dan tidak bergerombol dan mulai berlubang di beberapa bagian granula, beberapa granula tidak lagi mempunyai bentuk bulat beraturan. ¹ Granula pati (F2) membentuk granula yang berlubang semakin banyak, terlihat bundar tidak beraturan, serta berukuran granula pati semakin besar. Granula pati (F3) semakin

membesar dan memisah satu sama lain serta ukuran semakin tidak seragam atau tidak rata (homogen).¹ Perubahan ini semakin intensif seiring menggunakan proses lamanya fermentasi.

Hidrolisis pati asam (bahan kimia bakteri asam laktat serta *amylolytic lactic acid bacteria*) dapat mengubah mikrostruktur pati dan menyebabkan perubahan karakteristik amilografi serta viskositas (Plata-Oviedo serta Camargo, 1998). Kartikasari, dkk (2016) menyatakan bahwa ciri amilografi pati termodifikasi,¹ semakin lama fermentasi dilakukan menunjukkan waktu (menit), suhu (°C), puncak viskositas (PV), trough (TV), final viskositas (FV) yang semakin tinggi sedangkan setback (SB) dan breakdown (BD) menurun.

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian pada kerangka pemikiran di atas, maka hipotesis yang dapat diajukan adalah terdapat korelasi waktu fermentasi irisan ubi jalar ungu yang diikuti perlakuan *Heat Moisture Treatment* (HMT) terhadap karakteristik tepung yang dihasilkan.

⁸ 1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Desember 2023 sampai Februari 2024 di (1) Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudi No. 193, Bandung; (2) Laboratorium FTIP Universitas Padjajaran, Gedung Teknologi Pangan, Lt. 2 FTIP, Jatinangor; (3) Laboratorium Penguji BBPSI (Balai Besar Pengujian Standar Instrumen) Padi, Jalan Raya IX Sukamandi, Ciasem, Subang; (4) Laboratorium Sentral, Universitas Padjajaran, Jalan Raya Bandung-Sumedang KM. 21, Jatinangor.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan menyajikan data-data yang telah diolah untuk selanjutnya dilakukan pembahasan.

4.1. Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Ubi jalar ungu yang diperoleh dari petani diolah menjadi tepung ubi jalar ungu alami atau tanpa modifikasi. Hasil analisis tepung ubi jalar ungu alami dapat dilihat pada Tabel 4.

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 ±0,01	6,31 ²⁾
3	Kadar pati	54,77% ±2,20	74,57% ±0,32 ¹⁾
4	Kadar amilosa	20,79%	24,79% ±0,94 ¹⁾
5	Kadar amilopektin	33,98%	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%	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⁾
14	Ukuran partikel	44,34µm	10-25 ¹⁾
15	Morfologi granula	Terlampir pada 4.1.15	-
16	<i>Pasting properties:</i>		
	- <i>Pasting temperature</i>	78,97°C	18°C ⁴⁾
	- <i>Peak viscosity</i>	2.393 cP	2.917 cP ⁴⁾
	- <i>Hold viscosity</i>	1.228 cP	2.379 cP ⁴⁾
	- <i>Final viscosity</i>	1.996 cP	4.498 cP ⁴⁾
	- <i>Breakdown viscosity</i>	1.165 cP	533 cP ⁴⁾
	- <i>Setback 1</i>	768 cP	2.119 cP ⁴⁾

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

4.1.1. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan SNI 3751-2009, kadar air maksimal yang diperbolehkan tepung adalah 14,5%. Hasil analisis pada Tabel 4, kadar air tepung ubi jalar ungu alami yang didapat yaitu $3,84\% \pm 0,01$.³⁵ Perlakuan suhu dan lama pengeringan pada proses pengolahan tepung akan mempengaruhi kadar air produk yang dihasilkan (Ambarsari, dkk 2009). Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa kadar air tepung ubi jalar ungu yang dihasilkan telah memenuhi syarat.

4.1.2. pH Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis pH tepung ubi jalar ungu alami yang didapat yaitu $6,505 \pm 0,010$ sedangkan hasil nilai pH tepung ubi jalar ungu alami yang didapat dari penelitian Rizky dan Zubaidah (2015) yaitu 6,31. Perbedaan nilai pH disebabkan oleh perbedaan varietas, setiap varietas ubi jalar memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda, seperti bentuk dan ukuran granula, kadar amilosa, dan komponen non pati yang dipengaruhi oleh kondisi tempat tumbuh (Anggraeni dan Yuwono, 2014).³

4.1.3. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kadar pati yang didapat yaitu $54,77\% \pm 2,20$ sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Nindyarani, dkk., (2011) yaitu $74,57\% \pm 0,32$. Terjadi penurunan kadar pati dapat disebabkan oleh suhu pengeringan, semakin tinggi suhu pengeringan maka kadar pati semakin rendah yang mengakibatkan terjadinya *leaching* atau molekul pati mengalami kerusakan. Tingginya suhu pengeringan dapat mengubah bentuk pati menjadi pati tergelatinisasi, sehingga banyak granula pati yang mengalami kerusakan dan

menyebabkan perubahan molekul pati menjadi gula-gula yang sederhana (Santoso, dkk., 1997 dalam Prabowo, 2017).

4.1.4. Kadar Amilosa dan Amilopektin Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kadar amilosa dan kadar amilopektin yang didapat yaitu 20,79% sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Nindyarani, dkk., (2011) yaitu 24,79% \pm 0,94. Tinggi atau rendahnya kadar amilosa disebabkan oleh pemanasan suspensi pati. Kadar amilosa yang rendah disebabkan oleh peningkatan suhu pemanasan sehingga menyebabkan peningkatan kelarutan dan daya pembengkakan (Haryanti, dkk., 2014).

4.1.5. Kadar Amilopektin Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kadar amilopektin yang didapat yaitu 33,98% sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Nindyarani, dkk., (2011) yaitu 49,78% \pm 0,00. Tinggi atau rendahnya kadar amilopektin disebabkan oleh pemanasan suspensi pati. Amilopektin berada pada daerah amorf, yaitu daerah ⁹ renggang dan kurang padat sehingga mudah untuk dimasuki oleh air. Semakin banyak amilopektin, maka daerah amorf semakin luas sehingga menyebabkan penyerapan air semakin besar (Haryanti, dkk., 2014).

4.1.6. Kadar Abu Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kadar abu yang didapat yaitu 2,70% \pm 0,00. Menurut Ambarsari, dkk (2009) kadar abu tepung ubi jalar ungu maksimal 3%. Sedangkan hasil analisis kadar abu yang didapat oleh Nindyarani, dkk., (2011) yaitu 2,58% \pm 0,01. Hal ini disebabkan oleh proses pengeringan, semakin tinggi suhu pengeringan maka semakin tinggi kadar abu suatu bahan. Apabila suhu pengeringan

rendah, maka sedikit komponen abu yang mengalami penguraian (Desrosier, 1988 dalam Prabowo, 2017).

4.1.7. Kadar Lemak Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kadar lemak yang didapat yaitu 2,80% \pm 0,64. Menurut Ambarsari, dkk (2009) kadar lemak tepung ubi jalar ungu maksimal 1%. Sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Nindyarani, dkk., (2011) yaitu 0,61% \pm 0,06. Perbedaan kadungan lemak pada suatu bahan salah satunya disebabkan oleh suhu pengeringan. Hal ini dikarenakan proses pemanasan menyebabkan pecahnya komponen lemak menjadi produk volatile, seperti aldehid, alcohol, asam-asam, hidrokarbon, dan keton (Muchtadi, 1992 dalam Prabowo, 2017).

4.1.8. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kadar protein yang didapat yaitu 1,49% \pm 0,21 sedangkan hasil analisis kadar air yang didapat oleh Nindyarani, dkk., (2011) yaitu 6,44% \pm 0,27. Kadar protein yang didapat rendah, hal ini disebabkan karena pengaruh suhu pengeringan yang tinggi sehingga menyebabkan denaturasi protein yang mengakibatkan perubahan struktur protein. Pemanasan menyebabkan agregasi dan degradasi molekul nitrogen, sehingga dapat menurunkan kadar protein (Muller dan Tobin, 1980 dalam Prabowo, 2017).

4.1.9. Kadar Karbohidrat Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Analisis kadar karbohidrat yang dihasilkan berdasarkan metode *by difference*, yaitu pengurangan hasil dari 100% kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar lemak. Berdasarkan Tabel 4, hasil karbohidrat yang didapat

sebesar 89,17%, kadar karbohidrat ¹² tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian Nindyarani, dkk., (2011) yaitu 90,37% \pm 0,00. Hal ini dipengaruhi oleh metode analisis yang digunakan dan dapat dipengaruhi oleh berkurangnya jumlah pati dalam suatu bahan (Lestari, dkk., 2021).

4.1.10. Kapasitas Penyerapan ⁸ Air Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kapasitas penyerapan air yang didapat yaitu 1,519 g/g \pm 0,003 sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Daniah, dkk., (2017) yaitu 1,50g/g% \pm 0,02. Hal ini sebabkan semakin kering suatu bahan, maka kemampuan bahan dalam menyerap air akan lebih banyak apabila dibandingkan dengan bahan yang lembab. Menurut Apriantono (2002) dalam Prabowo (2017), pemanasan pati menyebabkan granula pati mengalami pembengkakan, ² pecah, dan tergelatinisasi sehingga mudah melepaskan molekul air. Semakin besar ukuran granula pati, maka daya ikat molekul air rendah sehingga mudah melepaskan molekul air.

4.1.11. Kapasitas Penyerapan Minyak Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kapasitas penyerapan minyak yang didapat yaitu 0,742 g/g \pm 0,100 sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Daniah, dkk., (2017) yaitu 1,35% \pm 0,03. Adanya perbedaan kapasitas penyerapan minyak diduga karena perbedaan jenis varietas. Menurut Apriyana (2018), daya serap minyak dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel dan kandungan protein yang berupa perbedaan struktur dan tingkat denaturasi protein. Perbedaan struktur protein mengakibatkan kepolaran yang berbeda, semakin kecil ukuran partikel protein maka semakin banyak minyak yang terserap.

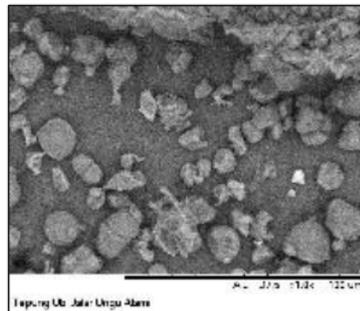
4.1.12. Daya Pembengkakan Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis daya pembengkakan yang didapat yaitu $3,709 \text{ g/g} \pm 0,389$ sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Daniah, dkk., (2017) yaitu $5,66\% \pm 0,53$. Tingginya daya pembengkakan disebabkan oleh kadar air yang rendah. Bahan pangan yang mengandung air lebih sedikit menyebabkan porositas yang besar, sehingga banyak air yang terdifusi (Potter, 1980 dalam Prabowo, 2017).

4.1.13. Kelarutan Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis kelarutan yang didapat yaitu $1,39\% \pm 1,39$ sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Daniah, dkk., (2017) yaitu $1,82\% \pm 0,06$. Kelarutan tepung ubi jalar ungu disebabkan oleh pemanasan. Pemanasan yang terjadi menyebabkan granula pati pecah, sehingga amilosa akan keluar, dan amilosa tersebut akan larut dalam air (Haryanti, dkk., 2014). Peningkatan kapasitas penyerapan air diikuti dengan peningkatan kelarutan.

4.1.14. Morfologi Granula Tepung Ubi Jalar Ungu Alami



Gambar 1. Morfologi Granula Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Gambar 6, hasil SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan perbesaran 1000 kali menunjukkan bahwa bentuk granula pati berbentuk bulat,

lonjong, dan polygonal dengan ukuran granula yang beragam. Granula pati alami memiliki sifat *birefringence*. Hal tersebut dapat dilihat dari bias indeks refraksi granula pati yang dipengaruhi oleh struktur molekul amilosa (Faridah dan Thonthowi, 2020).

4.1.15. Ukuran Partikel Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 4, hasil analisis ukuran partikel tepung ubi jalar ungu yang didapat yaitu 44,34 μ m sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Nindyarani (2011) yaitu 20-25 μ m. Ukuran granula yang kecil memiliki daya ikat dan kelarutan yang tinggi (Rofida, 2018). Ukuran partikel dipengaruhi oleh komposisi, rasio amilosa dan amilopektin, gelatinisasi, sifat amilografi, pembengkakan, dan kelarutan (Wani, dkk., 2012).

4.1.16. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Ungu Alami

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis sifat amilografi yang didapat berupa suhu awal gelatinisasi sebesar 78,97 °C, viskositas puncak sebesar 2.393 cP, viskositas pasta panas sebesar 1.228 cP, viskositas akhir sebesar 1.996 cP, *breakdown viscosity* sebesar 1.165 cP, dan viskositas balik sebesar 768 cP (kurva amilografi dapat dilihat pada Gambar 51). Sedangkan hasil analisis yang didapat dari penelitian Eriningtyas, dkk., (2023) yaitu suhu awal gelatinisasi sebesar 18°C, viskositas puncak sebesar 2.917 cP, viskositas pasta panas sebesar 2.379 cP, viskositas akhir sebesar 4.498 cP, *breakdown viscosity* sebesar 533 cP, dan viskositas balik sebesar 2.119 cP. Sifat amilografi ini berkaitan dengan viskositas dalam konsentrasi tertentu selama proses pemanasan dan pengadukan. Faktor yang menyebabkan sifat amilografi berbeda adalah perbedaan sifat kimia dan sifat fisik

dari pati. Kadar amilosa dan viskositas berkorelasi positif, hal ini disebabkan amilosa yang tinggi dapat menjaga kestabilan gel pada saat pengolahan dan setelah pemanasan. Peningkatan viskositas disebabkan oleh penyerapan air dan pembengkakan yang bersifat *irreversible* (Rofida, 2018).

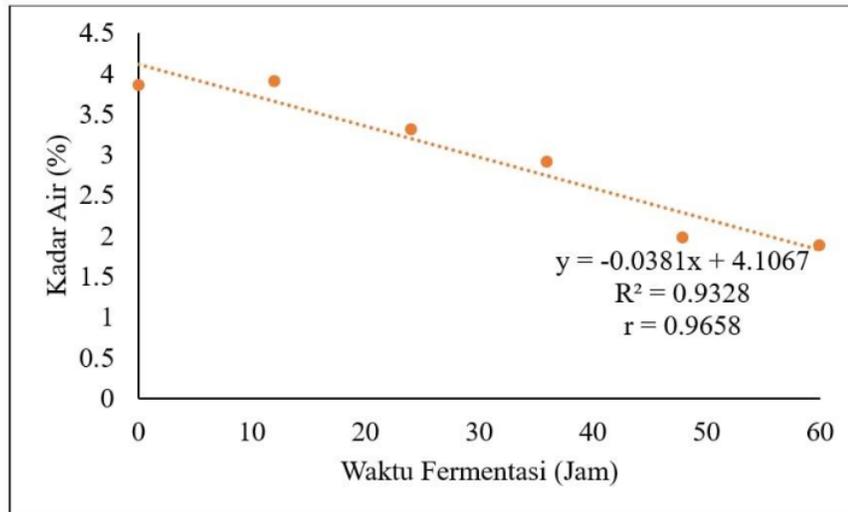
4.2. Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Ubi jalar ungu yang diperoleh dari petani diolah menjadi tepung ubi jalar ungu dengan modifikasi secara fermentasi menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* FNCC 0059 dengan varian waktu fermentasi yang berbeda, yaitu 0 jam, 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, dan 60 jam. Berikut hasil tepung ubi jalar ungu terfermentasi.

4.2.1. Karakteristik Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

4.2.1.2. Kadar Air Tepung

Kadar air merupakan salah satu syarat penting pada bahan pangan yang berhubungan dengan daya simpan. Hasil analisis kadar air tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 7.



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

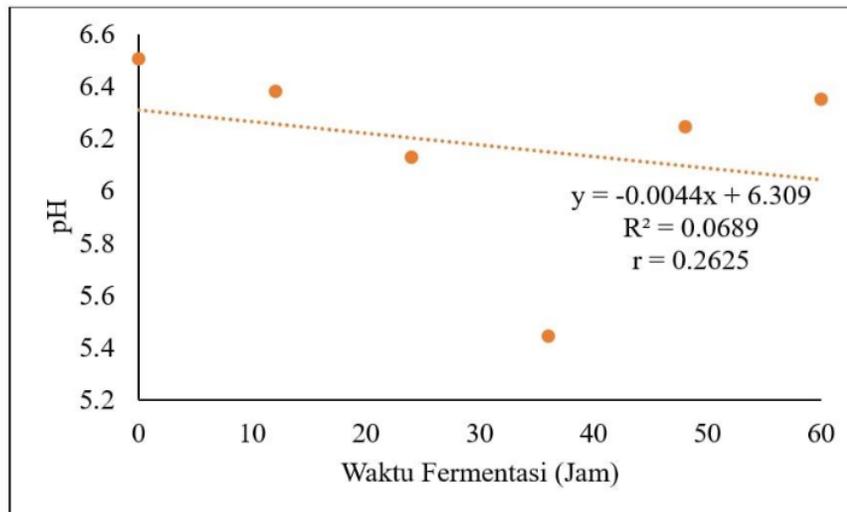
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9658 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9328. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar air. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang sangat tinggi antara waktu fermentasi terhadap kadar air.

Gambar 7 menunjukkan nilai kadar air selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan kadar air yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan perubahan granula pati yang disebabkan oleh aktivitas enzim sellulolitik dan peknolitik yang mulai intensif dalam mendegradasi sellulosa dinding sel, sehingga dinding sel rusak dan granula pati mengalami liberasi. Akibat adanya aktivitas enzim amilolitik ekstraseluler, granula yang terliberasi kemudian dihidrolisis sebagian pada permukaan granula, sehingga

menyebabkan granula pati berlubang (Subagio, 2006 dalam Kartikasari, dkk., 2016).¹ Semakin lama fermentasi maka granula pati yang berlubang semakin banyak, sehingga saat dilakukan pengeringan akan lebih porous dan air lebih mudah teruapkan.

³² 4.2.2. pH Tepung

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh larutan.³⁶ Hasil analisis kadar air tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 8.



³⁶ Gambar 3. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap pH Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

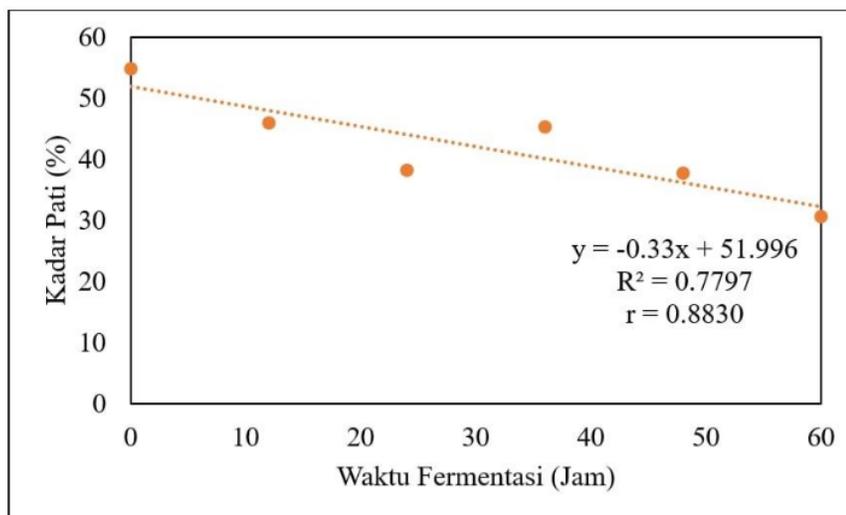
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r)⁵ sebesar 0,262488 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0689. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar air. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi

menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang rendah antara waktu fermentasi terhadap pH.

Gambar 8 menunjukkan nilai pH selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, ¹ semakin lama fermentasi menunjukkan kadar pH yang semakin menurun. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah mikroba penghasil asam, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan pH selama fermentasi. Semakin lama proses fermentasi, maka ¹ asam-asam organik yang dihasilkan semakin banyak, sehingga menyebabkan pH menjadi semakin rendah (Kartikasari, dkk., 2016).

4.2.3. Kadar Pati Tepung

¹⁵ Pati merupakan homopolymer glukosa yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Pati mengandung 2 (dua) komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin (Kunamneni, dkk., 2005 dalam Rahmawati dan Sutrisno, 2015). ¹ Hasil analisis kadar pati tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 9.



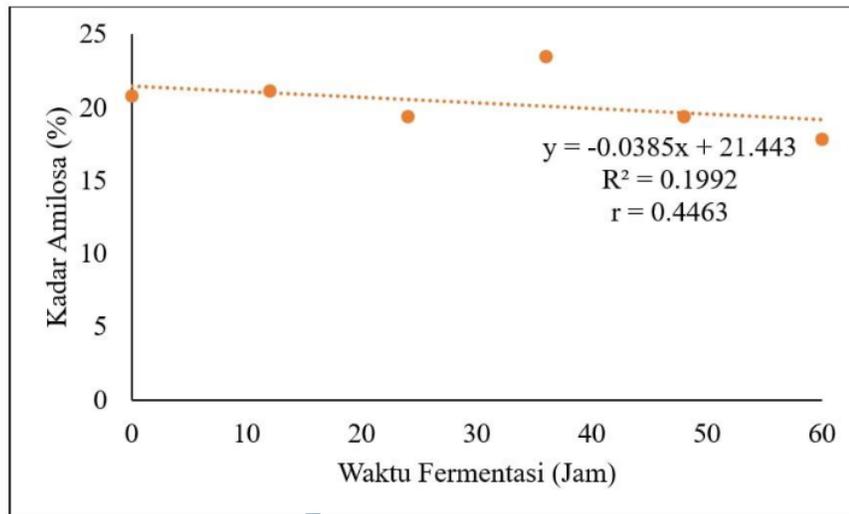
² Gambar 4. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8830 dan koefisien determinasi (R^2) 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.

Gambar 9 menunjukkan nilai kadar pati selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan kadar pati yang semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada proses fermentasi terjadi pemecahan pati oleh aktivitas mikroorganisme menjadi gula-gula sederhana. Aktivitas mikroba tersebut menyebabkan terjadinya degradasi pati disertai pembentukan gula-gula sederhana yang digunakan sebagai energi oleh mikroorganisme dalam masa pertumbuhan, proses degradasi pati tersebut yang menyebabkan penurunan kadar pati (Anggraeni dan Yuwono, 2014).

4.2.4. Kadar Amilosa Tepung

Amilosa merupakan polisakarida rantai lurus yang tersusun dari glukosa dengan ikatan α (1,4) glikosidik (Kunamneni, dkk., 2005 dalam Rahmawati dan Sutrisno, 2015). Hasil analisis kadar amilosa tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 10.



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

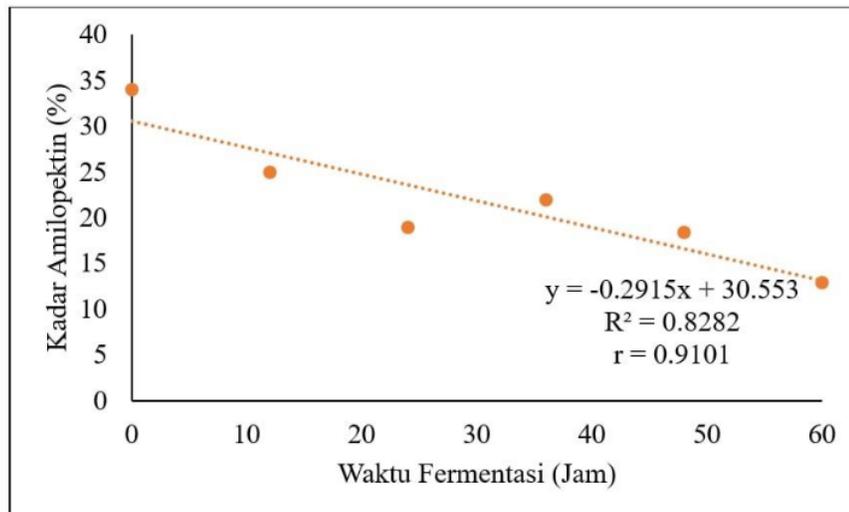
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,4463 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,1992. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar amilosa. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang cukup antara waktu fermentasi terhadap kadar amilosa.

Gambar 10 menunjukkan nilai kadar amilosa selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan kadar amilosa yang semakin menurun. Hal ini diduga semakin lama fermentasi maka rantai lurus amilosa akan terpotong. Rantai lurus amilosa yang pendek akan larut dalam air selama perendaman pati dan dapat menyebabkan kehilangan secara permanen. Semakin lama proses fermentasi maka aktivitas enzim semakin meningkat, akan lebih mudah menghidrolisis amilosa yang mempunyai rantai lurus dan akan didegradasi

menjadi senyawa yang lebih sederhana. Enzim amilase ekstraseluler akan semakin meningkat sehingga akan mendegradasi amilosa dan kadar amilosa semakin turun (Kartikasari, dkk., 2016).

4.2.5. Kadar Amilopektin Tepung

Amilopektin merupakan rantai cabang yang terdiri dari glukosa dengan ikatan α (1,4)-D dan α (1,6)-D glukosa (Kunamneni, dkk., 2005 dalam Rahmawati dan Sutrisno, 2015). Hasil analisis kadar amilopektin tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 6. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilopektin Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

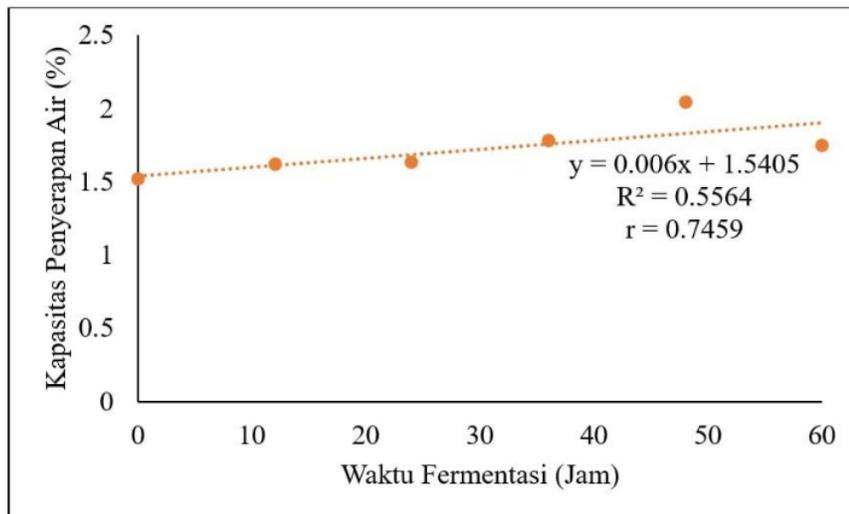
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,9101 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,8282. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kadar amilopektin. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan

adanya korelasi tidak langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang tinggi antara waktu fermentasi terhadap amilopektin.

Gambar 11 menunjukkan nilai kadar amilopektin selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan kadar amilopektin yang semakin menurun. Namun hasil yang didapat tidak sejalan dengan teori. Kartikasari, dkk., (2016) menyatakan bahwa kadar amilopektin ¹ semakin lama menunjukkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini diduga selama proses fermentasi, bakteri akan menghasilkan enzim amilase yang dapat memotong ikatan lurus dari amilosa, sehingga kandungan amilosa akan menurun sedangkan amilopektin akan meningkat. Amilopektin memiliki rantai yang bercabang ¹ dan berat molekul yang besar sehingga amilopektin tidak mudah terhidrolisis (Hui, 2006 dalam Kartikasari, dkk., 2016).

4.2.6. Kapasitas Penyerapan Air Tepung

Kapasitas penyerapan air merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas ²⁴ tepung. Kapasitas penyerapan air digunakan untuk mengukur kemampuan tepung dalam menyerap air dengan cara sentrifugasi dan menentukan jumlah air yang tersedia untuk proses gelatinisasi pati selama pemasakan. Hasil analisis kapasitas penyerapan air tepung fermentasi ⁶ dapat dilihat pada Gambar 12.



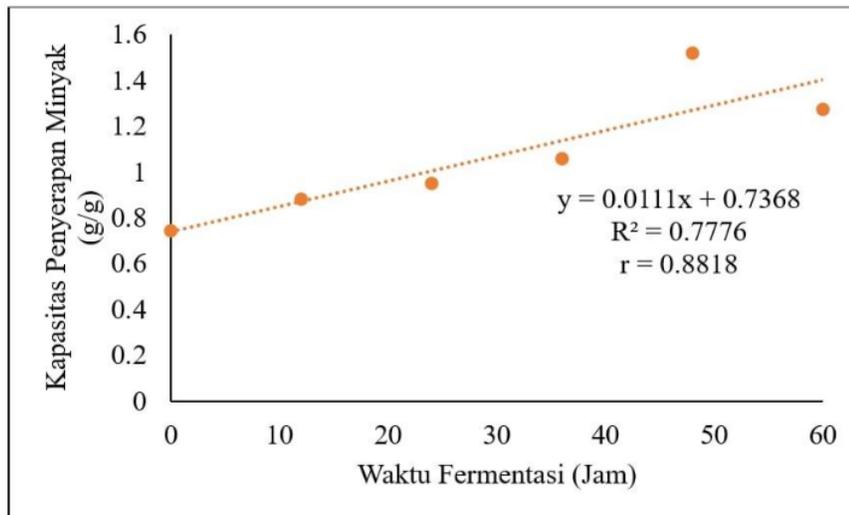
Gambar 7. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kapasitas Penyerapan Air Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,7459 dan koefisien determinasi (R^2) 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.

Gambar 12 menunjukkan nilai kapasitas penyerapan air selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan menyerap air. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman atau fermentasi irisan ubi jalar ungu mengalami pembengkakan. Granula pati dapat menyerap air saat direndam. Semakin banyak pati yang tergelatinisasi maka semakin besar kemampuan tepung dalam menyerap air (Anggraeni dan Yuwono, 2014).

4.2.7. Kapasitas Penyerapan Minyak Tepung

Penyerapan minyak merupakan sifat penting dalam formulasi makanan karena dapat memperbaiki flavor dan *mouthfeel* makanan. Hasil analisis kapasitas penyerapan minyak tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 8. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kapasitas Penyerapan Minyak Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

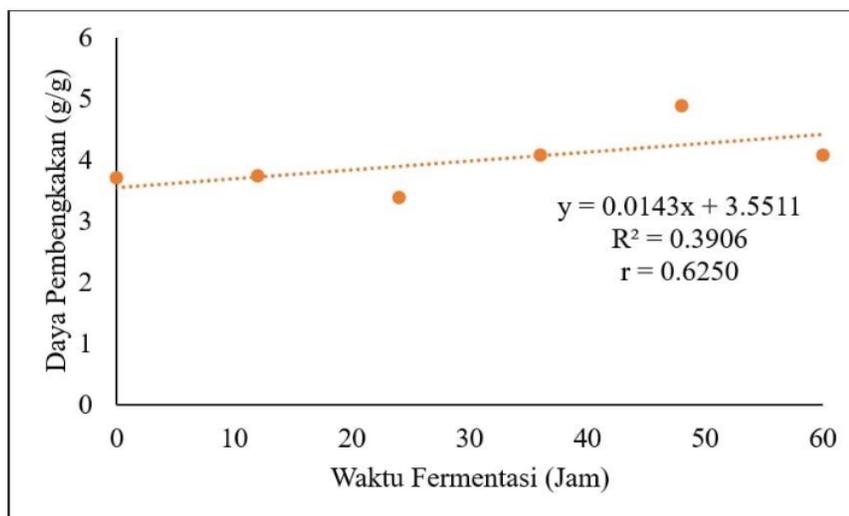
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8818 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7776. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kapasitas penyerapan minyak. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu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

Gambar 13 menunjukkan nilai kapasitas penyerapan minyak selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan menyerap minyak. Hal ini terjadi degradasi

makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana semakin banyak. Makromolekul yang ⁴relatif kompak menjadi agak berporous karena terpecah menjadi molekul sederhana dengan bobot ⁴massa kecil sehingga agak renggang dan lebih mudah menyerap minyak (Chelule, dkk., 2010).

4.2.8. Daya Pembengkakan Tepung

Daya pembengkakan adalah kekuatan tepung untuk mengembang. Analisis ¹³ini dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak pengembangan yang dapat terjadi apabila pati dimasak. Hasil analisis daya pembengkakan tepung termodifikasi ⁶dapat dilihat pada Gambar 14.



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

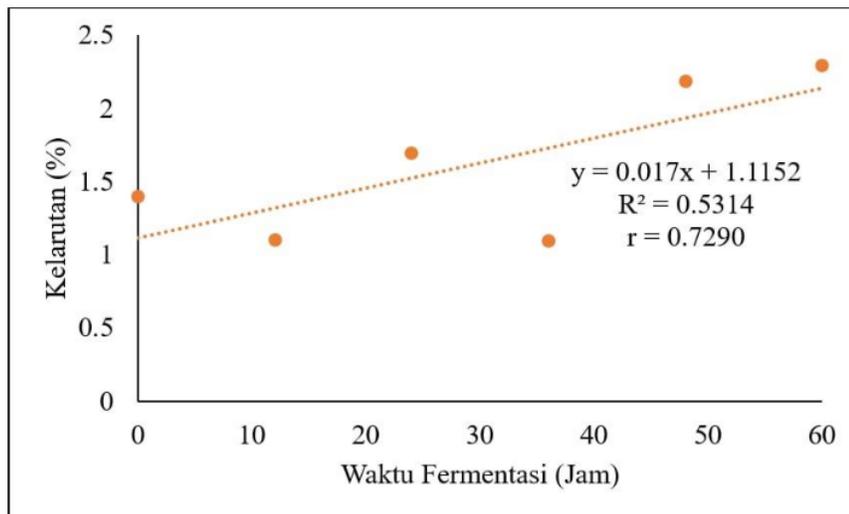
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan ⁵nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,6250 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,3906. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan daya pembengkakan. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan

adanya korelasi langsung yang mempunyai tingkat korelasi yang cukup antara waktu fermentasi terhadap daya pembengkakan.

Gambar 14 menunjukkan nilai daya pembengkakan selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan daya pembengkakan yang semakin meningkat. Dimana semakin lama fermentasi menyebabkan degradasi granula semakin meningkat sehingga porositas granula meningkat. Porositas granula yang semakin meningkat menyebabkan kekuatan menahan air semakin rendah sehingga daya pembengkakan menjadi tinggi. Menurut Hidayah dan Sir (2021), bila pati dalam air dipanaskan, air akan menembus granula pati dari luar menuju bagian dalam hingga granula terisi air sepenuhnya atau dapat disebut terhidrasi. Setelah terhidrasi, ikatan hidrogen antara amilose dan amilopektin akan berusaha mempertahankan integritas granula dan memulai terjadi pembengkakan dari inti granula. Faktor yang mempengaruhi daya pembengkakan adalah perbandingan amilosa dan amilopektin. Semakin tinggi kandungan amilosa, maka semakin rendah tingkat daya pembengkakan.

4.2.9. Kelarutan Tepung

Kelarutan merupakan sifat yang berkaitan dengan kemudahan molekul air untuk berinteraksi dengan molekul dalam granula pati (Riwayati, dkk., 2020). Hasil analisis kelarutan tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 10. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Kelarutan Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

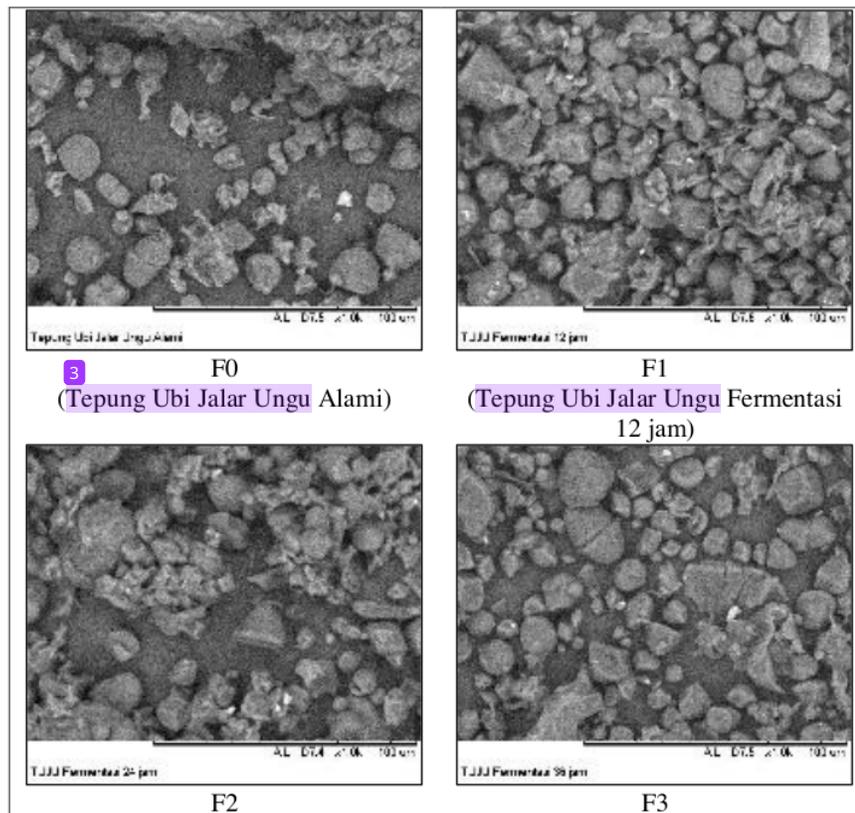
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,7290 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,5314. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan kelarutan. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi menandakan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

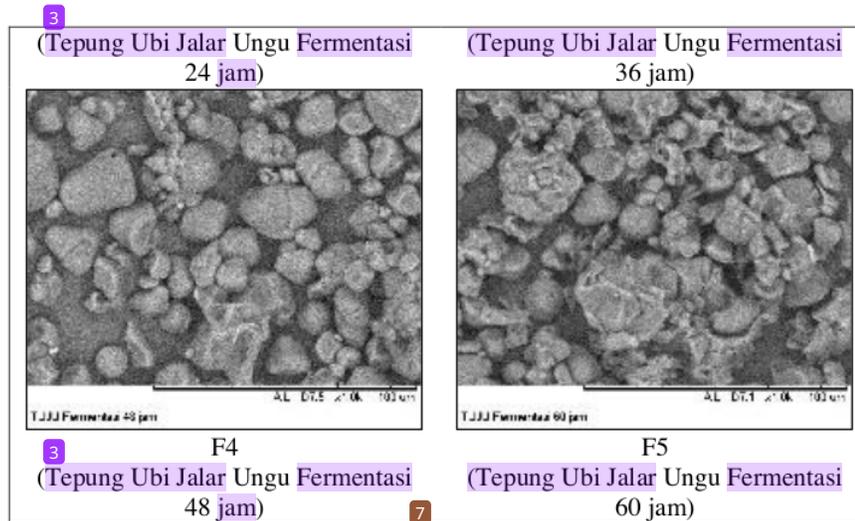
Gambar 13 menunjukkan nilai kelarutan selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan kelarutan yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena pada saat fermentasi terjadi proses degradasi pati oleh aktivitas mikroba yang mengubah pati menjadi gula-gula sederhana, sehingga gula sederhana lebih mudah berinteraksi dengan air. Peningkatan nilai kapasitas penyerapan air diikuti dengan nilai kelarutan, hal ini dikarenakan granula pati lebih mudah mengikat air dan mudah melepas amilosa kedalam media

pendispersi (Anggraeni dan Yuwono, 2014). Kelarutan merupakan proses keluarnya amilosa dari granula saat pati dipanaskan secara berlebih atau jumlah amilosa yang terlarut keluar dari granula saat pembengkakan, sehingga semakin tinggi nilai kelarutan maka semakin banyak amilosa yang terlarut atau keluar dari granula.

4.2.10. Morfologi Granula dan Ukuran Partikel Tepung

Morfologi granula dapat dilihat menggunakan alat *Scanning Electronic Microscope*. Hasil analisis morfologi granula tepung fermentasi dapat dilihat pada Gambar 16.





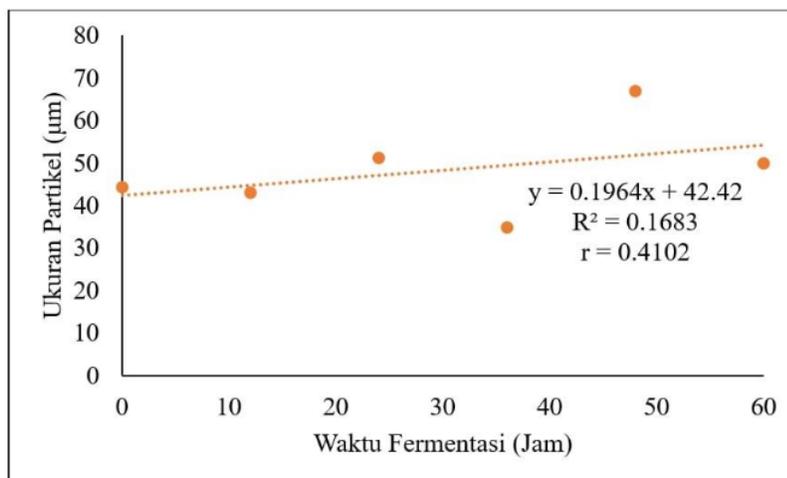
Gambar 11. Hasil Analisis SEM Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Gambar 5 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 seperti 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.

Perubahan granula pati disebabkan oleh aktivitas enzim selulolitik yang mulai intensif dalam mendegradasi selulosa, sehingga dinding sel rusak yang menyebabkan granula pati mengalami liberasi. Granula yang terliberasi akan dihidrolisis sebagian pada permukaan granula oleh adanya aktivitas enzim amilolitik, sehingga menyebabkan granula pati berlubang (Subagio, 2006 dalam Kartikasari, dkk., 2016). 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 seperti bulat tidak beraturan dan ukuran granula semakin besar. Pada F5 (tepung ubi jalar ungu terfermentasi 60 jam) terlihat granula pati semakin membesar dan ukurannya semakin tidak seragam.

Hal ini disebabkan karena enzim amilolitik menghidrolisis pati yang ada pada granula sehingga rantai polimer pati menjadi lebih pendek dan pati yang memiliki granula kecil akan lebih dahulu terhidrolisis (Kartikasari, dkk, 2016)



Gambar 12. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Ukuran Partikel 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.

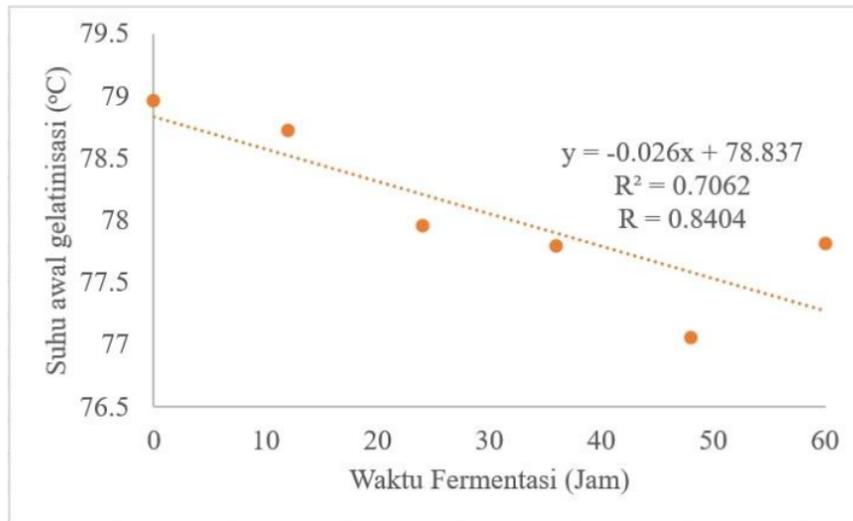
Gambar 17 menunjukkan nilai ukuran partikel selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan ukuran partikel yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena granula yang berukuran besar akan tahan terhadap proses hidrolisis serta enzim akan memecah granula yang memiliki ukuran lebih kecil (Kartikasari, dkk., 2016).

4.2.11. Sifat Amilografi Tepung

Sifat amilografi pati termodifikasi diperlukan untuk mengetahui perbedaan sifat amilografi selama proses pengolahan (Karmakar, dkk., 2014). Sifat amilografi menunjukkan perilaku viskositas pati yang diamati sebelum, di saat, dan sesudah proses gelatinisasi pati (Ginting, dkk., 2005 dalam Rofida, 2018). Parameter sifat amilografi yang diamati meliputi suhu awal gelatinisasi, viskositas puncak, viskositas pasta panas, viskositas akhir, *breakdown viscosity*, dan viskositas balik.

(1) Suhu awal gelatinisasi

Suhu awal gelatinisasi adalah suhu pada saat mulai terbentuknya viskositas dan menandakan pati mulai menyerap air (Takahashi, dkk., 2005). Hasil analisis sifat amilografi berdasarkan parameter suhu awal gelatinisasi dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 13. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Suhu Awal Gelatinisasi Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

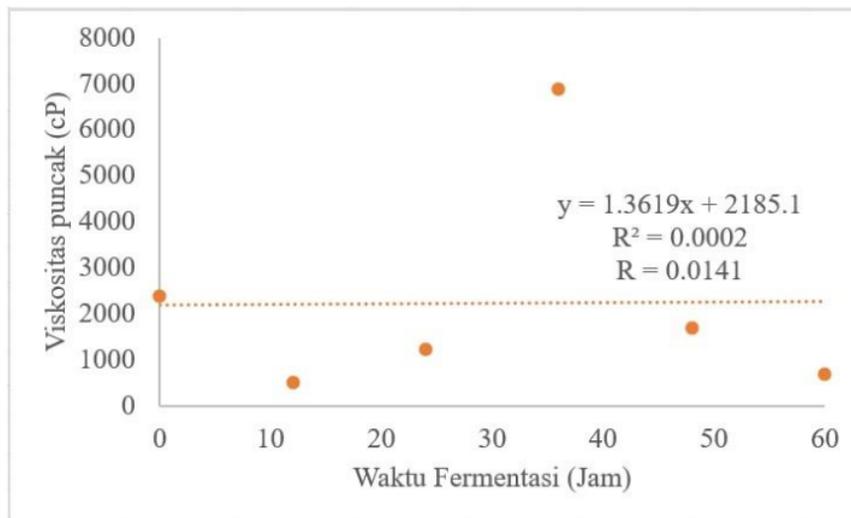
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,8404 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7062. Hasil tersebut menunjukkan adanya hubungan antara waktu fermentasi dengan suhu awal gelatinisasi. Dilihat dari nilai koefisien korelasi (r) pada tepung ubi jalar ungu terfermentasi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

Gambar 18 menunjukkan nilai suhu awal gelatinisasi selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan suhu awal gelatinisasi yang semakin menurun. Penurunan suhu gelatinisasi diakibatkan karena melemahnya struktur selama proses fermentasi. Selama fermentasi irisan ubi jalar ungu mengalami pengembangan, semakin lama perendaman maka bagian amilosa yang amorf dapat mengalami leaching. Menurut Aini, dkk., (2016) adanya leaching

menyebabkan partikel tepung yang dihasilkan mudah tergelatinisasi, sehingga suhu awal gelatinisasi mengalami penurunan.

(2) Viskositas puncak

Peak viscosity atau viskositas puncak yaitu kondisi awal granula pati mengalami gelatinisasi atau mencapai pengembangan maksimum sehingga pati pecah (Beta dan Corke, 2011). Hasil analisis sifat amilografi berdasarkan parameter viskositas puncak dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 14. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Viskositas Puncak Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

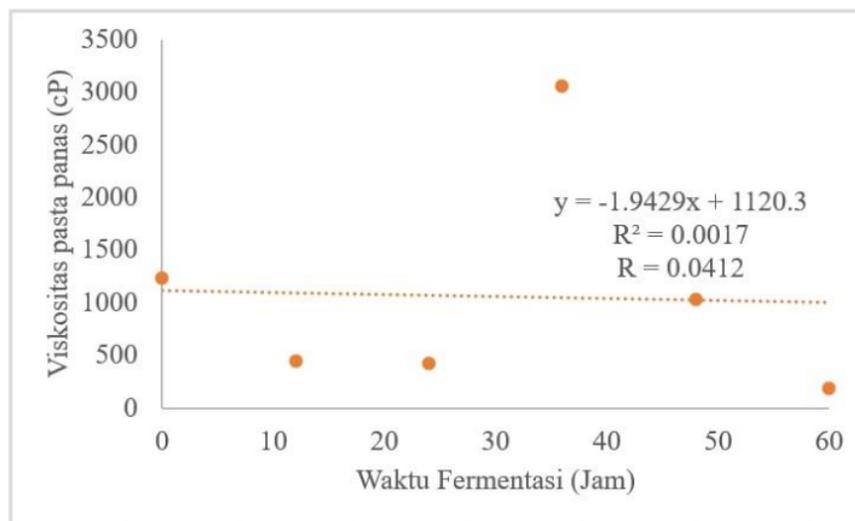
Berdasarkan grafik diatas, didapatkan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,0141 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,0002. Hasil tersebut menunjukkan tidak adanya hubungan korelasi antara waktu fermentasi dengan viskositas puncak.

Gambar 19 menunjukkan nilai viskositas puncak selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan viskositas puncak yang semakin meningkat. Hal ini dikarenakan selama proses fermentasi, mikroba

yang tumbuh menghasilkan enzim pektinolitik dan sellulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel, sehingga pati yang terdiri dari fraksi amilosa dan fraksi amilopektin mudah keluar dari granula (Kartikasari, dkk., 2016). Viskositas puncak dapat dipengaruhi oleh kadar amilosa, kadar protein, kadar lemak, dan ukuran granula (Deetae, dkk., 2008).

(3) Viskositas pasta panas

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar ketahanan pati terhadap perlakuan panas dan adanya gaya mekanis. Hasil analisis sifat amilografi berdasarkan parameter viskositas pasta panas dapat dilihat pada Gambar 20.



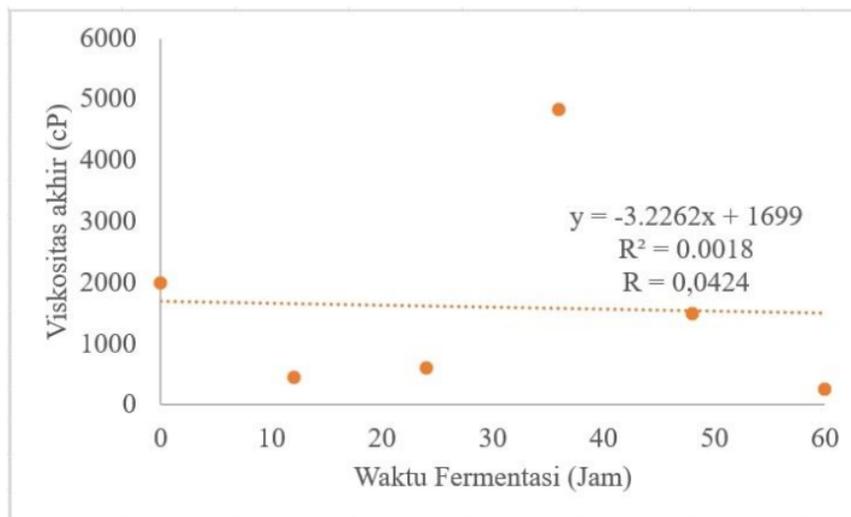
Gambar 15. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Viskositas Pasta Panas Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, 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.

Gambar 20 menunjukkan nilai viskositas pasta panas selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan viskositas pasta panas yang semakin menurun. Hal ini diakibatkan adanya proses fermentasi. Tingginya viskositas pasta panas mengindikasikan kestabilan granula terhadap kerusakan pada suhu tinggi. Dalam keadaan ini, komponen pasta terdiri dari granula yang membengkak maksimal dan utuh (Nadia, dkk., 2013).

(4) Viskositas akhir

Viskositas akhir merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan pati dalam membentuk pasta kenal setelah proses pemanasan atau pendinginan, serta ketahanan pasta terhadap gaya geser yang terjadi selama pengadukan (Kartikasari, dkk., 2016). Hasil analisis sifat amilografi berdasarkan parameter viskositas akhir dapat dilihat pada Gambar 20.



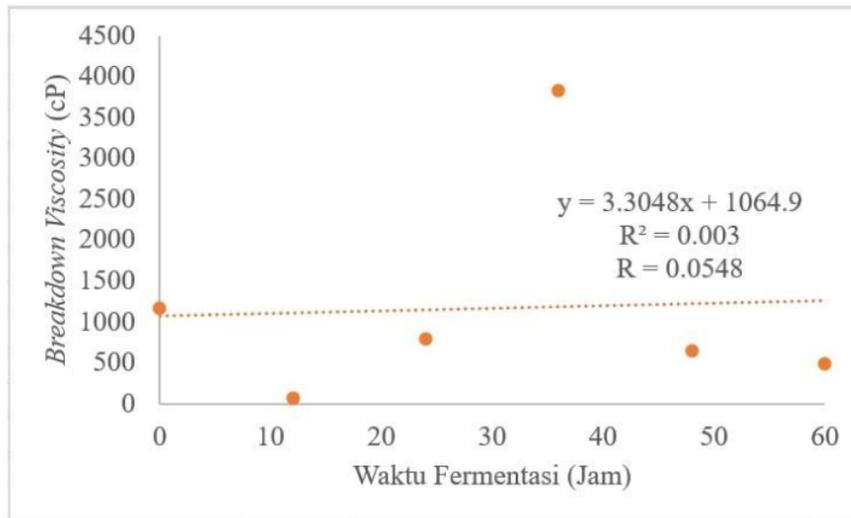
Gambar 16. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Viskositas Akhir Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, 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.

Berdasarkan Gambar 21 menunjukkan nilai viskositas akhir selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan viskositas akhir yang semakin menurun. Viskositas akhir berkorelasi dengan kadar amilosa pada tepung, semakin rendah amilosa maka viskositas akhir semakin menurun. Menurut Alexandra, (2018) penurunan viskositas akhir terjadi karena amilosa ikut menurun seiring dengan lamanya proses fermentasi, sehingga kemampuan amilosa dalam membentuk kembali ikatan antar molekul pati ikut menurun dan menyebabkan penurunan viskositas akhir.

(5) *Breakdown viscosity*

Breakdown viscosity menunjukkan seberapa praktis struktur granula pati dapat pecah atau retak (Varavinit, dkk., 2003). Hasil analisis sifat amilografi berdasarkan parameter *breakdown viscosity* dapat dilihat pada Gambar 21.



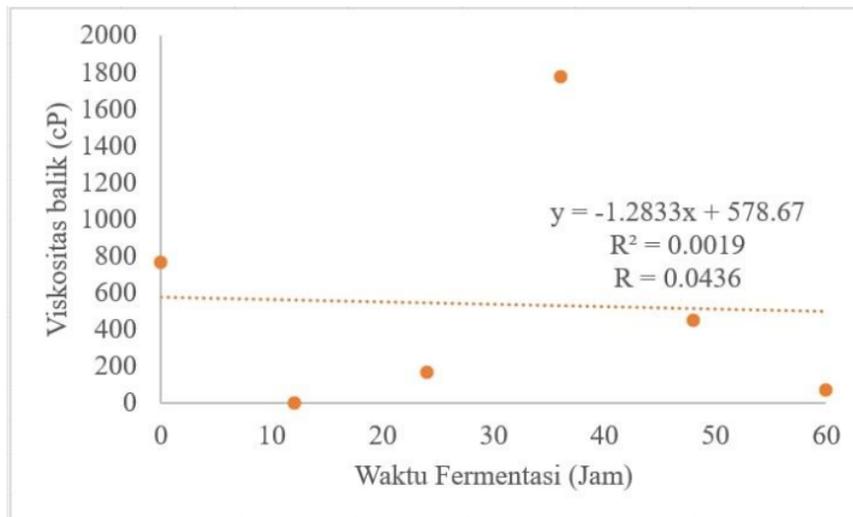
Gambar 17. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap *Breakdown Viscosity* Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, 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*.

Gambar 22 menunjukkan nilai *breakdown viscosity* selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi menunjukkan *breakdown viscosity* semakin semakin tinggi. Menurut Alexandra (2018) adanya proses fermentasi dapat meningkatkan stabilitas adonan tepung selama pemanasan dan pengadukan. Ketika granula pati membengkak, mengalami pemanasan, dan pergeseran maka pati akan mengalami fragmentasi dan menghasilkan viskositas yang menurun hal ini menunjukkan pemecahan pati. Semakin tinggi kadar amilosa maka *breakdown viscosity* semakin tinggi (Kartikasari, dkk., 2016).

(6) Viskositas balik

Viskositas balik adalah parameter yang dipergunakan untuk melihat kesamaan dan kecenderungan retrogradasi ataupun sineresis berasal pasta yang didapatkan (Budijanto serta Yuliyanti, 2012). Hasil analisis sifat amilografi berdasarkan parameter viskositas balik dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 18. Grafik Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Viskositas Balik Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan grafik diatas, 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.

Gambar 23 menunjukkan nilai viskositas balik selama proses fermentasi irisan ubi jalar ungu, semakin lama fermentasi maka menunjukkan viskositas balik yang semakin menurun. Menurut Batey (2007) dalam Kartikasari, dkk., (2016) bahwa semakin lama waktu pada saat proses fermentasi maka stabilitas rasio semakin menurun yang menunjukkan maka akan semakin lama proses fermentasi yang terjadi maka pati termodifikasi ini akan lebih tahan terhadap proses pengadukan. Ikatan

amilosa dan amilopektin dapat meningkatkan terjadinya perubahan viskositas balik, karena selama proses fermentasi viskositas balik menurun diakibatkan oleh jumlah amilosa dan amilopektin yang menurun (Alexander, 2018).

4.2.2. Tepung Ubi Jalar Ungu Terpilih

Tabel 2. Hasil Penentuan Sampel Terbaik Berdasarkan Parameter Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Parameter	BV	BN	NP	NBr	NBk	NBk-NBr	NE	NR
Viskositas balik (Back 1/6)								
Fermentasi 0 jam	1	0.22222	768	4	1776	1772	0.43115	0.09581
Fermentasi 12 jam			4				0	0
Fermentasi 24 jam			171				0.09424	0.02094
Fermentasi 36 jam			1776				1	0.22222
Fermentasi 48 jam			451				0.25226	0.05606
Fermentasi 60 jam			71				0.03781	0.0084
Breakdown viscos (viskositas kerusakan/5)								
Fermentasi 0 jam	0.9	0.2	1165	67	3825	3758	0.29218	0.05844
Fermentasi 12 jam			67				0	0
Fermentasi 24 jam			792				0.19292	0.03858
Fermentasi 36 jam			3825				1	0.2
Fermentasi 48 jam			647				0.15434	0.03087
Fermentasi 60 jam			488				0.11203	0.02241
Viskositas pasta (hold viscosity /3)								
Fermentasi 0 jam	0.8	0.17778	1228	186	3053	2867	0.36345	0.06461
Fermentasi 12 jam			445				0.09034	0.01606
Fermentasi 24 jam			426				0.08371	0.01488
Fermentasi 36 jam			3053				1	0.17778
Fermentasi 48 jam			1034				0.29578	0.05258
Fermentasi 60 jam			186				0	0
Viskositas puncak (Peak viscosity /2)								
Fermentasi 0 jam	0.7	0.15556	2393	512	6878	6366	0.29548	0.04596
Fermentasi 12 jam			512				0	0
Fermentasi 24 jam			1218				0.1109	0.01725
Fermentasi 36 jam			6878				1	0.15556
Fermentasi 48 jam			1681				0.18363	0.02856
Fermentasi 60 jam			674				0.02545	0.00396
Viskositas akhir (Final viscosity /4)								
Fermentasi 0 jam	0.6	0.13333	1996	257	4829	4572	0.38036	0.05071
Fermentasi 12 jam			449				0.04199	0.0056
Fermentasi 24 jam			597				0.07437	0.00992
Fermentasi 36 jam			4829				1	0.13333
Fermentasi 48 jam			1485				0.26859	0.03581
Fermentasi 60 jam			257				0	0
Suhu gelatinisasi (Gelatinizing temperature /1)								
Fermentasi 0 jam	0.5	0.11111	78.97	77.06	78.97	1.91	1	0.11111
Fermentasi 12 jam			78.73				0.87435	0.09715
Fermentasi 24 jam			77.96				0.4712	0.05236
Fermentasi 36 jam			77.8				0.38743	0.04305
Fermentasi 48 jam			77.06				0	0
Fermentasi 60 jam			77.82				0.39791	0.04421
Total Bobot Variabel	4.5							

Perlakuan	NR total
Fermentasi 0 jam	0.4266479
Fermentasi 12 jam	0.118808954
Fermentasi 24 jam	0.153932227
Fermentasi 36 jam	0.931937173
Fermentasi 48 jam	0.203884837
Fermentasi 60 jam	0.078978123

Dalam menentukan sampel terbaik menggunakan metode de Garmo, terdapat 6 (enam) perlakuan yang berbeda dengan pengukuran sebanyak 6 (enam) parameter. Dari hasil perhitungan NR (Nilai Relatif) untuk 6 perlakuan dan 6 parameter, perlakuan fermentasi 36 jam memiliki NR tertinggi. Maka sampel terbaik pada metode ³ ini, yaitu tepung ubi jalar ungu dengan fermentasi selama 36 jam.

¹⁰ 4.3. Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi-Heat Moisture Treatment

Tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam dilakukan ⁸ modifikasi secara Heat Moisture Treatment. Hasil analisis tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam yang ²⁹ diikuti Heat Moisture Treatment dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3. Hasil Analisis Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam-Heat Moisture Treatment

No	Parameter	Fermentasi 36 Jam	Fermentasi 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	1,777g/g \pm 0,032	1,535g/g \pm 0,026	2,32g/g \pm 0,03 ³⁾
11	Kapasitas penyerapan minyak	1,057g/g \pm 0,425	1,410g/g \pm 0,122	2,40g/g \pm 0,04 ³⁾
12	Daya pembengkakan	4,079g/g \pm 0,050	4,115g/g \pm 0,175	3,10g/g ¹⁾
13	Kelarutan	1,09% \pm 0,098	1,30% \pm 0,10	2,8% ¹⁾
14	Morfologi granula	Terlampir pada 4.3.14		-
15	Ukuran Partikel	34,85 μ m	51,91 μ m	-
16	Sifat 37 hilografi:			
	- 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⁾

4.3.1. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan kadar air yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan kadar air tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Hal ini pada proses HMT terjadi pengikatan kadar air oleh granula pati yang terbuka akibat panas tinggi. Proses HMT menyebabkan perubahan penyusun granula pati sehingga air yang masuk pada granula pati bisa diikat, sehingga proses pengeringan air tidak banyak menguap (Tanak, 2016).

4.3.2. pH Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan pH yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan pH tepung ubi jalar

ungu terfermentasi. pH tepung yang dihasilkan adalah tinggi, menandakan tepung yang dihasilkan bersifat basa. Semakin tinggi pH menyebabkan pembentukan gel semakin cepat. Menurut Winarno (2002) konsentrasi pH dapat mempengaruhi suhu gelatinisasi. Semakin kental larutan maka suhu semakin rendah. pH optimum dalam bentukan gel adalah pH 4-7.

4.3.3. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan kadar pati yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kadar air tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Kadar pati yang dimodifikasi mengalami perubahan dalam kekuatan ikatan antara glukosa dalam pati yang selanjutnya dapat mengubah struktur pati. Perubahan tersebut kemungkinan menyebabkan pembentukan ikatan hydrogen antara air yang berada di luar granula dengan molekul pati (amilosa maupun amilopektin) menjadi lebih sulit sehingga kemampuan granula untuk membengkak menjadi terbatas (Zeng, dkk., 2015 dalam Habibah, dkk., 2018).

4.3.4. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, kadar amilosa yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami penurunan jika dibandingkan dengan tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Hal ini disebabkan oleh suhu yang digunakan, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin banyak ikatan hydrogen antar molekul amilosa dan amilopektin yang terputus. Menurut Deka, dkk (2016), bahwa kadar air, suhu, lama pemanasan, dan sumber pati merupakan faktor yang mempengaruhi kadar amilosa selama proses modifikasi berlangsung. Pada proses fermentasi, terjadi hidrolisis

pati oleh enzim amilase menjadi fraksi rantai linier lebih pendek. Adanya modifikasi secara HMT, fraksi linier rantai pendek amilosa mengalami pemotongan lebih lanjut sehingga tidak terdeteksi sebagai amilosa, tetapi diduga sebagai gula pereduksi.

4.3.5. Kadar Amilopektin Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, kadar amilopektin yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami penurunan jika dibandingkan dengan tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Perlakuan HMT menyebabkan penurunan amilopektin, hal ini terjadi karena adanya degradasi termal pada bagian luar molekul amilopektin namun rantai bagian dalam masih terjaga dan belum terputus (Siwi dan Rukmi, 2012).

4.3.6. Kadar Abu Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 6, kadar abu tepung ubi jalar ungu alami dengan tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan beberapa penelitian bahwa kadar abu pati hasil modifikasi dengan teknik HMT lebih rendah dibandingkan pati alami (Balasubramanian, dkk., 2014).

4.3.7. Kadar Lemak Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 6, menunjukkan bahwa kadar lemak tepung ubi jalar ungu lebih rendah dibandingkan kadar lemak tepung ubi jalar ungu termodifikasi fermentasi yang diikuti HMT. Hal ini diduga terjadi akibat proses oksidasi lemak karena proses pemanasan yang tinggi, sehingga mengakibatkan penurunan lemak tepung ubi jalar ungu termodifikasi HMT (Ongga, dkk., 2022).

Kadar lemak mempengaruhi sifat amilografi, di mana lemak terikat secara

kompleks dengan amilosa yang membentuk heliks selama tepung tergelatinisasi sehingga menghasilkan tepung yang kental (Putri, 2019).

4.3.8. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 6, menunjukkan bahwa kadar protein tepung ubi jalar ungu lebih rendah dibandingkan kadar protein tepung ubi jalar ungu termodifikasi fermentasi yang diikuti HMT. Hal ini dikarenakan protein rentan terhadap panas, sehingga mengakibatkan penurunan kadar protein tepung ubi jalar ungu termodifikasi fermentasi yang diikuti HMT dibandingkan dengan kadar protein tepung ubi jalar ungu alami (Ongga, dkk., 2022). Perubahan struktur protein disebut proses denaturasi. Proses ini dapat menurunkan tingkat kelarutan (Rijal, dkk., 2019 dalam Fadhli, dkk 2022).

4.3.9. Kadar Karbohidrat Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 4 dan 6, menunjukkan bahwa karbohidrat tepung ubi jalar ungu alami lebih rendah dibandingkan tepung ubi jalar ungu termodifikasi fermentasi yang diikuti HMT. Menurut Ongga, dkk., (2022), rendahnya karbohidrat tepung ubi jalar ungu alami dibandingkan karbohidrat tepung ubi jalar ungu termodifikasi fermentasi yang diikuti HMT disebabkan oleh perhitungan karbohidrat menggunakan metode *by difference*. Senyawa yang bersasal dari makanan dan terdiri dari mikro (vitamin dan mineral) dan makro (abu, air, lemak, protein, dan karbohidrat). Perhitungan metode ini dengan cara menjumlahkan komponen makro (abu, air, lemak, dan protein) kemudian dikurangkan 100%.

4.3.10. Kapasitas Penyerapan Air Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan air ubi jalar ungu mengalami penurunan akibat perlakuan temperatur dan lama pemanasan. Penurunan kapasitas penyerapan air disebabkan karena terjadinya retrogradasi yang merupakan perubahan struktur pada area berkrystal dan area tidak beraturan pada granula pati sehingga mengakibatkan area amosphus mengembang, kemudian menekan keluar area berkrystal sehingga terjadi kerusakan area berkrystal granula pati (Tanak, 2016).

4.3.11. Kapasitas Penyerapan Minyak Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan minyak mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan perlakuan HMT yang menyebabkan granula pati menjadi pecah, sehingga granula mengalami perenggangan dan memudahkan minyak masuk ke dalam granula yang terikat kuat oleh ikatan hidrogen (Tanak, 2016).

4.3.12. Daya Pembengkakan Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

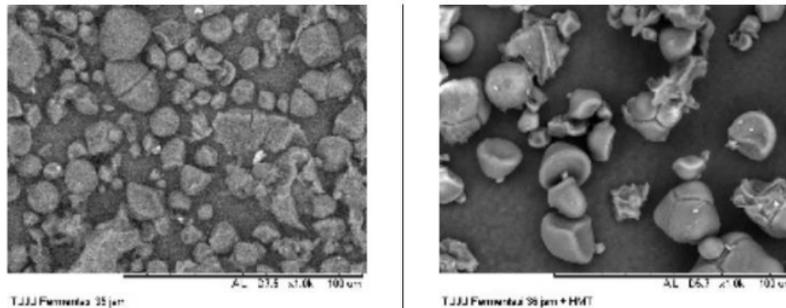
Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan daya pembengkakan yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan kadar air tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Peningkatan daya pembengkakan terjadi karena adanya energi panas. Energi tersebut mengakibatkan ikatan hydrogen yang menghubungkan antara amilosa dengan amilosa, amilopektin dengan amilosa, amilopektin dengan amilopektin melemah sehingga granula pati terganggu. Peningkatan suhu menyebabkan air memiliki energi kinetik yang tinggi sehingga air mudah masuk ke dalam granula pati. Air akan terikat dalam molekul amilosa

dan amilopektin yang mengakibatkan daya pembengkakan ukuran granula pati (Siwi dan Rukmi, 2012).

4.3.13. Kelarutan Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan kelarutan yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan kelarutan tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Menurut Siwi dan Rukmi, (2012) adanya interaksi air dan panas menyebabkan perenggangan struktur pati. Panas menyebabkan ikatan hydrogen melemah sehingga struktur pati bagian amorf memiliki banyak molekul amilosa dan amilopektin menjadi renggang. Perenggangan struktur pati menyebabkan pati mudah menyerap air dan mengalami pembengkakan sehingga kelarutan meningkat.

4.3.14. Morfologi Granula Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT



Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam

Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam Yang Diikuti HMT

Gambar 19. Morfologi Granula Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi

Berdasarkan Gambar 24, menunjukkan bahwa setelah tepung ubi jalar ungu termodifikasi secara HMT, morfologi granula pati membengkak dan cenderung tampak menyatu serta kurang halus dibandingkan dengan granula pati asli.

²⁵Perubahan pada bagian permukaan granula pati disebabkan oleh kadar air yang digunakan pada proses modifikasi adalah rendah (20-30%) ²⁵ sehingga proses gelatinisasi yang terjadi bersifat parsial. Gelatinisasi secara parsial tidak merusak struktur granula pati dikarenakan pati masih bersifat *birefringence* (Syafutri, dkk., 2021). Namun secara umum, HMT tidak mengubah ukuran dan bentuk granula (Lase, dkk., 2013).

4.3.15. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Ungu Terfermentasi 36 Jam + HMT

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan suhu awal gelatinisasi yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan ² suhu awal gelatinisasi tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Peningkatan suhu awal gelatinisasi diakibatkan ¹⁴ rekristalisasi komponen granula pati, yaitu terjadinya interaksi molecular pada daerah kristalin dan amorf yang membentuk struktur kuat dengan ikatan hydrogen dan mendorong interaksi antara rantai polimer amilosa dan amilopektin pada struktur granula yang menghasilkan struktur yang lebih kompak (Pranoto, dkk., 2014).

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan viskositas puncak yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami penurunan jika dibandingkan dengan viskositas puncak tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Penurunan viskositas puncak menunjukkan bahwa granula pati termodifikasi secara ³⁷ HMT memiliki kapasitas ²² penyerapan air yang rendah. Hal ini menimbulkan bahwa struktur granula pati yang makin kaku dampak dari hubungan dalam dan luar molekul granula yang semakin kuat serta rapat ²² sehingga pembengkakan terbatas. interaksi rantai amilosa-amilosa

dengan amilosa-amilopektin selama modifikasi mengakibatkan ikatan antar molekul menjadi rapat serta air sulit untuk masuk ke granula (Widyastuti, 2021).

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan viskositas pasta panas yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan viskositas pasta panas tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Viskositas pasta panas disebut juga viskositas minimum. Viskositas pasta panas adalah kekuatan *holding* atau titik yang menandai akhir dari tahap *holding* pada suhu maksimum. Selama pendinginan, pemecahan amilosa membentuk gel atau jaringan tiga dimensi (Yulianto, 2020). Menurut Liu, dkk., (2017) meningkat amilosa maka viskositas panas akan semakin tinggi.

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan viskositas akhir yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan viskositas akhir tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Faktor yang menyebabkan viskositas akhir tinggi adalah adanya kadar amilosa yang tinggi. Amilosa akan membentuk ikatan-ikatan kembali antar molekul melalui ikatan hydrogen sehingga meningkatkan viskositasnya (Faridah, dkk., 2014). Pati yang memiliki viskositas akhir tinggi mampu membentuk gel yang tahan terhadap gaya geser sehingga stabil selama proses pengadukan (Kartikasari, dkk., 2016).

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan *breakdown viscosity* yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami penurunan jika dibandingkan dengan *breakdown viscosity* tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Hal ini dikarenakan meningkatnya keseimbangan matriks kristalin dan pembentukan kompleks amilosa lemak yang dapat menurunkan kapasitas pembengkakan granula dan memperbaiki

stabilitas pasta selama pemasakan (Pukkahuta, dkk., 2008 dalam Sunyoto, dkk., 2016). Tingginya *breakdown viscosity* akan menyebabkan kekentalan yang tidak merata dan pasta menjadi lengket ketika diaduk, maka peningkatan *breakdown viscosity* ini tidak diharapkan terjadi (Sunyoto, dkk., 2016).

Berdasarkan Tabel 6, menunjukkan viskositas balik yang dihasilkan dari modifikasi secara HMT mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan viskositas balik tepung ubi jalar ungu terfermentasi. Semakin tinggi viskositas balik menunjukkan semakin tinggi pembentukan gel selama pendinginan. Menurut Chung, dkk., (2009) retrogradasi amilosa menyebabkan peningkatan viskositas balik. Modifikasi secara HMT dapat meningkatkan ikatan silang diantara rantai pati terutama fraksi amilosa. Hal ini menyebabkan terbentuknya zona persimpangan dan fase terus-menerus pada gel, sehingga viskositas balik meningkat (Sunyoto, dkk., 2016).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan penelitian, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut.

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. 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. Untuk kapasitas penyerapan air, kapasitas penyerapan minyak, daya pembengkakan, kelarutan, viskositas puncak, dan *breakdown viscosity* berkorelasi positif terhadap waktu fermentasi.
2. Didapat sampel terpilih menggunakan metode de Garmo, yaitu tepung ubi jalar ungu terfermentasi 36 jam.

5.2. Saran

Berdasarkan evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Waktu fermentasi diharapkan lebih diperkecil lagi, untuk mengurangi tingkat kesalahan.

Tesis Revisi Khofifah Dwi Utami MTP

ORIGINALITY REPORT

29%

SIMILARITY INDEX

29%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	jurnal.unej.ac.id Internet Source	4%
2	docplayer.info Internet Source	3%
3	repository.ub.ac.id Internet Source	3%
4	jurnal.ugm.ac.id Internet Source	2%
5	nanopdf.com Internet Source	2%
6	123dok.com Internet Source	2%
7	id.123dok.com Internet Source	1%
8	repository.unpas.ac.id Internet Source	1%
9	digilib.unila.ac.id Internet Source	1%

10	es.scribd.com Internet Source	1 %
11	Marta Handayani, Ira Gusti Riani, Aldilla Sari Utami, Onne Akbar Nur Ichsan. "Degradasi Protein Selama Fermentasi Koro Kratok (Phaseolus lunatus) menggunakan Rhizopus oligosporus", Jurnal Teknologi Agro-Industri, 2023 Publication	1 %
12	ejournal.upnjatim.ac.id Internet Source	1 %
13	ojs.uho.ac.id Internet Source	1 %
14	journal.unpas.ac.id Internet Source	1 %
15	docobook.com Internet Source	<1 %
16	journal.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
17	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
18	Novrianty Mustapa, Siti Aisa Liputo, Suryani Une. "MODIFIKASI TEPUNG UBI JALAR UNGU (Ipomea batatas L.) DENGAN METODE FERMENTASI DAN APLIKASINYA DALAM	<1 %

PEMBUATAN ROTI TAWAR", Jambura Journal of Food Technology, 2021

Publication

19	repository.lppm.unila.ac.id Internet Source	<1 %
20	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
21	repository.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
22	Retno Widyastuti. "SIFAT PASTA PATI MILLET (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) TERMODIFIKASI HEAT MOISTURE TREATMENT UNTUK PEMBUATAN SOHUN", AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, 2021 Publication	<1 %
23	jurnal.unigo.ac.id Internet Source	<1 %
24	repository.unja.ac.id Internet Source	<1 %
25	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
26	aoac.blogspot.com Internet Source	<1 %
27	ar.scribd.com Internet Source	<1 %

28	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
29	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
30	repository.unej.ac.id Internet Source	<1 %
31	Sukmiyati Agustin, Atikah Maya Sari, Marwati .. "STUDY OF SPONTANEOUS FERMENTATION TIME EFFECT ON THE PHYSICO - CHEMICAL CHARACTERISTICS OF BETUNG BAMBOO SHOOTS FLOUR (Dendrocalamus asper Backer)", Jambura Journal of Food Technology, 2023 Publication	<1 %
32	Submitted to Universitas Jenderal Soedirman Student Paper	<1 %
33	Submitted to Universitas Pelita Harapan Student Paper	<1 %
34	repository.polinela.ac.id Internet Source	<1 %
35	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
36	Mariati Edam. "APLIKASI BAKTERI ASAM LAKTAT UNTUK MEMODIFIKASI TEPUNG	<1 %

SINGKONG SECARA FERMENTASI", Jurnal Penelitian Teknologi Industri, 2017

Publication

37

jatp.ift.or.id
Internet Source

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches < 17 words

Exclude bibliography On