

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN PRODUK TERAPAN**



**PENGGUNAAN KOJI *Bacillus subtilis* DAN *Aspergillus oryzae* SERTA  
VARIASI WAKTU FERMENTASI PADA PRODUKSI TEPUNG UBI  
JALAR**

**TIM PENGUSUL**

**Ketua : Ir. Hervalley, MS**

**NIDN : 0410095801**

**Anggota : Ira Endah Rohima**

**NIDN : 0421037604**

**Anggota : Istiyati Inayah**

**NIDN : 042178702**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PASUNDAN  
Oktober 2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul : PENGGUNAAN KOJI *Bacillus subtilis* DAN *Aspergillus oryzae* SERTA VARIASI WAKTU FERMENTASI PADA PRODUKSI TEPUNG UBI JALAR

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Ir HERVELLY, M.P  
Perguruan Tinggi : Universitas Pasundan  
NIDN : 0410095801  
Jabatan Fungsional : Lektor  
Program Studi : Teknologi Pangan  
Nomor HP : 085220823518  
Alamat surel (e-mail) : hervelly09@yahoo.com

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : IRA ENDAH ROHIMA  
NIDN : 0421037604  
Perguruan Tinggi : Universitas Pasundan

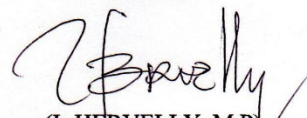
**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : ISTIYATI INAYAH  
NIDN : 0421078702  
Perguruan Tinggi : Universitas Pasundan

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 57,500,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 108,262,500

Mengetahui,  
Ketua Lembaga Penelitian Unpas

  
(Ningsih Kusyanti, SE., MM)  
NIP/NIK 196202031991032001

Kota Bandung, 9 - 9 - 2017  
Ketua,

  
(Ir HERVELLY, M.P)  
NIP/NIK 151 101 151

## IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Penggunaan Koji *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus Oryzae* Serta Variasi Waktu Fermentasi Pada Produksi Tepung Ubi Jalar.

2. Tim Peneliti :

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi waktu (jam/minggu)
1	Hervelly	Ketua	Teknol. Proses, Perenc. Proses	TP-FT-UNPAS	10
2	Ira Endah Rohima	Anggota 1	Gizi Pangan dan Uji Indrawi	TP-FT-UNPAS	10
3	Istiyati Inayah	Anggota 2	Mikrobiologi Pangan dan Tek. Fermentasi	TP-FT-UNPAS	10

3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian) :  
Jenis bahan yang akan diteliti yaitu : Ubi jalar yang diproses secara fermentasi menjadi tepung, dan diteliti karakteristik tepung yang dihasilkan.

4. Masa Pelaksanaan

Mulai : bulan : Mei, tahun : 2017

Berakhir : bulan : Mei, tahun : 2019

5. Usulan Biaya DRPM Ditjen Penguatan Risbang

- Tahun ke-1 : Rp 57.500.000,-
- Tahun ke-2 : Rp 50.762.500,-
- Tahun ke-3 : Rp -

6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan) : Lab. Tek Pangan dan Lab. Pascapenen

7. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontribusinya) : Tidak ada

8. Temuan yang ditargetkan (produk atau masukan untuk kebijakan) :

Produk, yaitu meningkatnya penggunaan tepung ubi jalar yang dihasilkan untuk olahan pangan serta meningkatkan penggunaan bahan baku lokal yang dapat mengurangi impor tepung terigu.

9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang mendukung pengembangan iptek) : Penelitian yang akan dilakukan memberikan kontribusi pada bidang ilmu teknologi proses produksi, teknologi fermentasi kimia pangan, ilmu gizi pangan serta mikrobiologi pangan. Penelitian ini penekanan yang diteliti yaitu proses produksi tepung dengan bahan baku ubi jalar secara fermentasi dapat merubah sifat alami dari tepung ubi jalar sehingga dapat meningkatkan daya guna tepung.

10. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah internasional bereputasi, nasional terakreditasi, atau nasional tidak terakreditasi dan tahun rencana publikasi) : Jurnal Food Review terakreditasi nasional, Pasundan Food Technology Journal belum terakreditasi.

11. Rencana luaran HKI, buku, purwarupa atau luaran lainnya yang ditargetkan, tahun rencana perolehan atau penyelesaiannya : Luaran lainnya, yaitu hasil penelitian ini dimuat dalam jurnal ilmiah yang dikeluarkan oleh perguruan tinggi atau prosiding.

## RINGKASAN

Indonesia memproduksi ubi jalar dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2012 sebesar 2.483.467 ton, yang merupakan negara produsen ubi jalar kedua di dunia setelah Cina. Salah satu provinsi di Indonesia penghasil ubi jalar terbesar adalah Jawa Barat, tahun 2009 adalah 469.646 ton dan tahun 2012 adalah 436.577 ton (Anonimus, 2012). Potensi yang cukup besar memberikan peluang untuk pengembangan ubi jalar.

Penelitian yang akan dilakukan, produksi tepung ubi jalar secara fermentasi substrat terendam dengan pendekatan yang dilakukan oleh Subagio (2006) dalam memodifikasi tepung singkong. Tujuan percobaan ini adalah mengetahui korelasi konsentrasi koji serta waktu fermentasi yang tepat untuk produksi tepung ubi jalar secara fermentasi terhadap karakteristik tepung yang dihasilkan.

Bahan yang digunakan adalah ubi jalar varietas sukuh, kultur murni *Bacillus subtilis*, dan *Aspergillus oryzae*. Untuk mengolah data hasil penelitian digunakan analisis regresi. Respons yang diamati terhadap tepung yang dihasilkan, meliputi : kadar air, pati, amilosa, protein (AOAC, 2010), analisis konsistensi gel, dan analisis sifat amilografi menggunakan Brookfield viskometer (Muchtar, 1989).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis* dan waktu fermentasi berkorelasi terhadap kadar air, kadar protein, kadar pati, kadar amilosa dan konsistensi gel tepung ubi jalar yang difermentasi. Berdasarkan sifat amilografi tepung ubi jalar yang difermentasi oleh *Aspergillus oryzae* didapatkan bahwa perlakuan Fermentasi tepung ubi jalar terbaik adalah tepung ubi jalar yang difermentasi dengan konsentrasi koji 3% dan lama fermentasi 48 jam ( $a_6b_4$ ) dengan nilai kadar air 7,96%, kadar pati 40,57%, kadar amilosa 23,09%, kadar protein 8,26%, viskositas balik 980 cp dan konsistensi gel 59 mm. Sedangkan fermentasi oleh *Bacillus subtilis* menghasilkan karakteristik terbaik dengan fermentasi konsentrasi koji 3% dan lama fermentasi 48 jam ( $X_6Y_4$ ) dengan nilai kadar air 8,97%, kadar pati 36,24%, kadar amilosa 25,43%, kadar protein 7,85%, viskositas balik 920 cp dan konsistensi gel 38,5 mm.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>IDENTITAS DAN URAIAN UMUM</b> .....	<b>ii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	4
1.3. Urgensi Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Ubi Jalar .....	6
2.2. Tepung Ubi Jalar .....	7
2.3. Fermentasi .....	9
2.3.1. Tipe Fermentasi .....	9
2.3.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Fermentasi .....	9
2.4. Koji .....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>
3.1. Metode Pelaksanaan Penelitian .....	12
<b>BAB IV HASIL YANG DICAPAI</b> .....	<b>15</b>
4.1. Analisis Fisikokimia Tepung Ubi Jalar .....	15
4.2. Optimasi Pembuatan Koji untuk Fermentasi Tepung Ubi Jalar .....	16
4.2.1 Koji <i>Aspergillus oryzae</i> .....	16
4.2.2 Koji <i>Bacillus subtilis</i> .....	18
4.3. Korelasi Konsentrasi Koji dan Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Ubi Jalar .....	19
4.3.1 Fermentasi oleh <i>Aspergillus oryzae</i> .....	19
4.3.2 Fermentasi oleh <i>Bacillus subtilis</i> .....	35
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>56</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rencana Target Capaian Tahunan .....	5
2. Komposisi Kimia Ubi Jalar .....	7
3. Komposisi Kandungan Gizi Tepung Ubi Jalar .....	8
4. Kriteria Mutu Tepung Ubi Jalar .....	8
5. Penggunaan Beberapa Enzim dari Mikroba .....	11
6. Hasil Analisis Fisik dan Kimia Tepung Ubi Jalar .....	15
7. Hasil Penentuan $\Sigma$ Sel Hidup Koji <i>Aspergillus oryzae</i> dengan penambahan Konsentrasi Tepung Ubi Jalar yang Bervariasi .....	17
8. Hasil Penentuan Sel Hidup Koji <i>Bacillus subtilis</i> dengan penambahan Konsentrasi Tepung Ubi Jalar yang Berbeda .....	18
9. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi ...	20
10. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi ....	23
11. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi ....	27
12. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi .....	31
13. Konsistensi Gel Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Waktu dan Konsentrasi yang Bervariasi .....	33
14. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi .....	34
15. Kadar Air Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji .....	36
16. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji.....	39
17. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji.....	39
18. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji.....	44
19. Konsistensi Gel Tepung Ubi Jalar Fermentasi .....	47
20. Hasil Analisis Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi .....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pelaksanaan Percobaan Pembuatan Tepung Ubi Jalar Dengan Cara Fermentasi .....	13
2. Diagram Alir Pembuatan Tepung Ubi Jalar Secara Fermentasi Pada Penelitian Tahun Pertama .....	14
3. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi .....	21
4. Hubungan Konsentrasi Substrat Koji <i>Aspergillus oryzae</i> Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi .....	22
5. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi .....	25
6. Hubungan Konsentrasi Substrat Koji <i>Aspergillus oryzae</i> Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi .....	25
7. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi .....	29
8. Hubungan Konsentrasi Substrat Koji <i>Aspergillus oryzae</i> Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi .....	29
9. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar .....	37
10. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar .....	37
11. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar .....	40
12. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar .....	41
13. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar .....	42
14. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar .....	43
15. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar .....	45
16. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. LoA Seminar Nasional PATPI .....	51
2. Sertifikat seminar .....	52



## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tepung terigu merupakan salah satu bahan pangan yang banyak dibutuhkan oleh konsumen di Indonesia, mulai dari rumah tangga sampai dengan industri besar yang memproduksi produk olahan pangan dengan bahan baku utama tepung terigu. Industri pengolahan pangan yang menggunakan bahan baku terigu saat ini berkembang pesat di Indonesia, hal ini menyebabkan meningkatnya permintaan terhadap tepung terigu oleh konsumen dari tahun ke tahun yang mengakibatkan impor biji gandum dan tepung terigu juga mengalami peningkatan.

Franciscus Welirang Ketua Umum Asosiasi Produsen Tepung Terigu mengatakan impor gandum dari dalam negeri terus meningkat. Pada tahun 2014, Indonesia mengimpor lebih dari 7 juta. Data dari Badan Pusat Statistik, volume impor gandum pada 2013 mencapai 6,37 juta ton dan meningkat menjadi 7,43 juta pada 2014. Data yang dikutip dari USDA, sedangkan pada 2014/2015, impor gandum Indonesia mencapai 7,49 juta ton. Proyeksi impor gandum Indonesia untuk 2015/2016 periode ini ditaksir hanya 7,8 juta ton. Meningkatkannya impor gandum tidak dapat dihindari hal ini dikarenakan semakin berkebangnya industri yang menggunakan tepung terigu untuk olahan pangan. Selain itu karakteristik yang khas pada tepung terigu mengandung protein glutelin, gliadin dan prolamin, jika dilakukan pengadonan memberikan sifat elastis yang tidak ditemui pada adonan tepung lainnya sehingga tepung terigu belum dapat digantikan sepenuhnya oleh tepung lain. Ketergantungan terhadap komoditas tepung terigu yang sangat tinggi merupakan masalah dan memberikan dampak terhadap dana yang dikeluarkan <sup>table 1</sup>, untuk mencukupi kebutuhan tepung terigu di dalam negeri maka perlu segera dicari solusinya.

Salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap tepung impor dan untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional adalah dengan mengembangkan penggunaan bahan baku lokal sebagai bahan-bahan substitusi tepung terigu untuk olahan pangan. Bahan baku lokal yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi produk antara salah satunya adalah ubi jalar.

Potensi dan manfaat ubi jalar sebagai bahan pangan alternatif sangat besar, terutama bagi upaya peningkatan gizi manusia, dan ketahanan pangan khususnya untuk pemenuhan kebutuhan tepung di Indonesia sebagai bahan pensubstitusi tepung terigu. Menurut World Health Organization (WHO), kandungan kalsium ubi jalar lebih tinggi dibanding beras, jagung, terigu maupun sorghum. Kandungan vitamin A pada ubi jalar merah sebanyak empat kali dari wortel, sehingga baik untuk pencegahan kebutaan. Terdapat delapan manfaat ubi jalar menurut berbagai sumber kuliner dan kesehatan, mencakup kandungan zat besi dan magnesium; vitamin B6 ; vitamin C ; vitamin D ; potassium; beta karoten (vitamin A); anti oksidan ; dan memiliki kandungan kadar gula yang rendah.

Namun demikian, ubi jalar di Indonesia belum dianggap sebagai komoditas penting, sementara di negara maju ubi jalar telah dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan dan non pangan, yaitu untuk mie, ubi goreng, makanan penutup, kembang gula, kecap, tepung, minuman anggur, cuka, nata de coco, bioethanol, dan lain-lain. Menurut data statistik FAO di dalam Kajian Rantai Nilai Ubi Jalar dan Iklim Investasi Jayawijaya, (2013) produksi ubi jalar Indonesia dari kurun waktu tahun 2008 sampai dengan tahun 2012 sebesar 2.483.467 ton, luas areal 178.298 ha dengan produktivitas sebesar 13,93 ton/ha, dan Indonesia merupakan negara produsen ubi jalar kedua di dunia setelah Cina.

Potensi ubi jalar yang tersedia cukup besar merupakan peluang dalam pengembangan menjadi tepung sebagai produk antara (*intermediate product*). Pengolahan ubi jalar menjadi tepung dapat dilakukan secara konvensional, yaitu dengan membuat irisan atau chip ubi jalar terlebih dahulu, kemudian chip dikeringkan dan setelah kering dilakukan penggilingan dan pengayakan. Sejalan dengan perkembangan teknologi saat ini produksi tepung dengan bahan baku umbi-umbian dapat dilakukan dengan cara fermentasi. Pengembangan teknologi proses produksi secara fermentasi merupakan salah satu strategi untuk membangun ketahanan pangan nasional dengan memberdayakan potensi sumber daya alam. Upaya dalam pengembangan produksi tepung ubi jalar ini diharapkan mampu meringankan ketergantungan terhadap komoditas impor tepung terigu.

Fermentasi merupakan teknik konversi biologis substrat kompleks menjadi senyawa sederhana dengan berbagai mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan kapang. Senyawa-senyawa yang dihasilkan pada fermentasi selain metabolit primer juga beberapa senyawa tambahan, seperti karbon dioksida, H<sub>2</sub>O, asam-asam organik dan 3 able 3 v, antibiotik, protein sel tunggal (PST), serta enzim (Balakrishnan dan Pandey, 1996 ; Machado *et al*, 2004 ; Robinson *et al.*, 2001).

Subramaniam, R. and Vimala, R., (2012) menyatakan fermentasi dapat diklasifikasikan ke dalam *Solid State Fermentaion* (SSF) dan *Submerged Fermentation* (SmF) terutama yang didasarkan pada jenis substrat yang digunakan selama fermentasi. Pada produksi tepung ubi jalar secara fermentasi menggunakan fermentasi terendam terhadap irisan ubi jalar sebagai substrat ditempatkan di dalam tangki diisi dengan air steril sampai irisan ubi jalar terendam dan ditambahkan koji dengan konsentrasi difermentasi dengan waktu yang divariasikan.

Produksi tepung ubi jalar secara fermentasi yang akan dilakukan dengan pendekatan yang dilakukan oleh Subagio (2006) dalam memodifikasi tepung singkong adalah secara fermentasi dengan menggunakan bakteri asam laktat. Jika metode tersebut akan diterapkan untuk modifikasi tepung ubi jalar dengan menggunakan koji, permasalahan yang timbul tidak diketahui kondisi yang optimal untuk proses produksi tepung ubi jalar. Rahman (1992), menyatakan koji merupakan sumber enzim amilase, protease dan lipase yang diperoleh dengan cara membiakan galur kapang atau mikroorganisme pada beras yang telah dikukus.

Fermentasi pada pembuatan mocaf, mikroba yang tumbuh pada permukaan ubi kayu menghasilkan enzim-enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat mendegradasi dinding sel ubi kayu sehingga terjadi liberasi granula pati. Proses liberasi ini akan menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahan melarut (Subagio, 2006). Teknik pendekatan memodifikasi tepung ubi jalar ini diharapkan dapat diterapkan pada penelitian yang akan dilakukan. Faktor yang mempengaruhi fermentasi untuk menghasilkan tepung ubi jalar termodifikasi adalah konsentrasi koji yang digunakan, waktu fermentasi dan metode fermentasi.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari kegiatan penelitian hibah produk terapan adalah menghasilkan inovasi dan pengembangan ipteks-sosbud (penelitian terapan) yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat ataupun industri. Usulan penelitian hibah produk terapan ini bertujuan memanfaatkan ubi jalar secara optimal sebagai bahan baku lokal diolah menjadi tepung sehingga penggunaannya dapat lebih luas sebagai bahan pangan. Teknologi produksi tepung ubi jalar secara fermentasi ini dapat diaplikasikan kepada para pengusaha atau masyarakat yang memproduksi tepung berbasis umbi-umbian, untuk memenuhi kebutuhan tepung dalam pengolahan pangan.

Secara khusus penelitian yang akan dilakukan dalam pengolahan tepung ubi jalar secara fermentasi adalah memodifikasi sifat-sifat alami tepung ubi jalar menggunakan mikroba *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis* yang akan merombak komponen pati di dalam tepung ubi jalar, sehingga sifat-sifat pati akan berubah dari sifat alaminya dan diharapkan penggunaan tepung ubi jalar akan lebih luas lagi dalam pengolahan.

## 1.3. Urgensi (keutamaan) Penelitian

Keutamaan penelitian berdasarkan situasi dan kondisi saat ini, yaitu :

1. Mengoptimalkan pemanfaatan ubi jalar sebagai sumberdaya lokal yang diproses menjadi tepung ubi jalar secara fermentasi sehingga dapat meningkatkan daya guna dari tepung ubi jalar yang dihasilkan.
2. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap tepung terigu dalam memenuhi kebutuhan tepung bagi industri kecil dan menengah di dalam negeri.
3. Mengalakkan petani-petani ubi jalar untuk melakukan penanaman ubi jalar lebih giat yang dapat memberikan kesejahteraan bagi petani.

Penelitian yang akan dilakukan pada produksi tepung ubi jalar secara fermentasi dengan menggunakan koji *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae* serta waktu fermentasi yang bervariasi rencana capaian pada tahun pertama dan kedua seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Rencana Target Capaian Tahunan

No.	Jenis Luaran	Indicator Capaian			
		TS <sup>1)</sup>	TS+1	TS+2	
1	Publikasi ilmiah <sup>2)</sup>	Internasional	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional Terakreditasi	Tidak ada	draf	draf
2	Pemakalah dalam temu ilmiah <sup>3)</sup>	Internasional	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional	Tidak ada	draf	draf
3	<i>Invited Speaker</i> dalam temu ilmiah <sup>4)</sup>	Internasional	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
4	<i>Visiting Lecturer</i> <sup>5)</sup>	Internasional	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI) <sup>6)</sup>	Paten	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Paten sederhana	Tidak ada	draf	draf
		Hak Cipta	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Merek dagang	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Rahasia dagang	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Desain Produk Industri	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Indikasi Geografis	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan Varietas Tanaman	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan Topografi Sirkuit	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
6	Teknologi Tepat Guna <sup>7)</sup>	Tidak ada	draf	draf	
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/Rekayasa Sosial <sup>8)</sup>	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	
8	Buku Ajar (ISBN) <sup>9)</sup>	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) <sup>10)</sup>	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	

<sup>1)</sup>TS = Tahun sekarang (tahun pertama penelitian)

<sup>2)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, *submitted*, *reviewed*, *accepted*, atau *published*

<sup>3)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

<sup>4)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

<sup>5)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau sudah dilaksanakan

<sup>6)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, terdaftar, atau *granted*

<sup>7)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, produk, atau penerapan

<sup>8)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, produk, atau penerapan

<sup>9)</sup> Isi dengan tidak ada, draf, proses *editing*, atau sudah terbit

<sup>10)</sup> Isi dengan skala 1-9 dengan mengacu pada Bab 2

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Ubi Jalar

Ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) merupakan tanaman yang termasuk ke dalam jenis tanaman palawija, termasuk tanaman tropis dan dapat tumbuh dengan baik di daerah sub tropis. Disamping iklim, faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ubi jalar adalah jarak tanam, varietas dan lokasi tanam. Ubi jalar dibagi dalam dua golongan, yaitu ubi jalar yang berumbi keras karena banyak mengandung pati dan ubi jalar yang berumbi lunak karena banyak mengandung air. Warna daging umbinya, ada yang berwarna putih, merah kekuningan, kuning, merah, krem, jingga dan lain-lain (Sutrisno Koswara, 2009). Ubi jalar dapat berfungsi sebagai pengganti beras karena merupakan sumber karbohidrat (Handawi, 2010).

Produktivitas ubi jalar di Indonesia rata-rata 13,93 ton/ha, dengan produksi ubi jalar Indonesia selama kurun waktu dari tahun 2008 sampai dengan 2012 sebesar 2.483.467 ton, luas areal 178.298 ha (Anonimus, 2013).

Berdasarkan jumlah total produksi ubi jalar dunia, Indonesia merupakan negara penghasil kedua terbesar setelah Cina. Perkembangan produksi ubi jalar di Indonesia menunjukkan angka yang kurang menggembirakan karena kurangnya dukungan dari industri pengolahan ubi jalar menjadi produk yang lebih disukai masyarakat. Komposisi kimia ubi jalar bervariasi tergantung dari jenis, usia, keadaan tumbuh dan tingkat kematangan dan komposisi kimia ubi jalar seperti tercantum pada Tabel 2.

Sebagian besar karbohidrat pada pati ubi jalar terdapat dalam bentuk pati. Komponen lain selain pati adalah serat pangan dari beberapa jenis gula yang bersifat larut seperti 6able6v, sukrosa, fruktosa, dan glukosa. Sukrosa merupakan gula yang banyak terdapat dalam ubi jalar. Total gula dalam ubi jalar berkisar antara 0,38% hingga 5,64% dalam berat basah (Sulistiyo, 2006). Kandungan gula dalam ubi jalar yang telah dimasak jumlahnya meningkat bila dibandingkan jumlah gula pada ubi jalar mentah. Selain karbohidrat, ubi jalar juga mengandung lemak, protein, dan betakaroten.

Karakteristik ubi jalar yang berhubungan dengan kandungan karbohidrat adalah kecenderungan timbulnya flatulensi setelah mengkonsumsi ubi jalar. Flatulensi disebabkan oleh gas flatus yang merupakan hasil samping fermentasi karbohidrat yang tidak dicerna dalam tubuh yang dilakukan oleh mikroflora usus.

Menurut Darmadjati (2003), karbohidrat yang tidak tercerna tersebut antara lain pati tidak tercerna (*resistant starch*), oligosakarida tak tercerna (*non digestibility oligosaccharides*), dan polisakarida non pati (*non 7 able 7 polysaccharides*) seperti komponen-komponen serat makanan.

Tabel 2. Komposisi Kimia Ubi Jalar

Kandungan	Komposisi
Protein (%)	1,43
Lemak (%)	0,17
Pati (%)	22,4
Gula (%)	2,4
Serat makanan (%)	1,6
Kalsium (mg/100g)	29
Fosfor (mg/100g)	51
Besi (mg/100 g)	0,49
Vitamin A (mg/100 g)	0,01
Vitamin B1 (mg/100 g)	0,09
Vitamin C (mg/100 g)	24
Air (g)	83,3

Sumber : Hartoyo, T., 2004.

## 2.2. Tepung Ubi Jalar

Teknologi pengolahan umbi-umbian menjadi tepung sangat sederhana dan murah. Dengan teknologi itu, usaha skala kecil-menengah mampu menghasilkan tepung dengan kualitas yang tidak kalah bagus dibandingkan tepung terigu yang diproduksi perusahaan besar. Ubi jalar adalah salah satu pilihan dari sekian banyak jenis umbi, yang untuk tahap awal 7abl dijadikan jawaban untuk pemenuhan kebutuhan tepung di Indonesia, serta tepung yang dihasilkan mempunyai karakteristik yang baik, serta nilai gizinya yang cukup baik (Budijanto, 2008).

Pengembangan pengolahan ubi jalar menjadi produk-produk setengah jadi maupun produk jadi selain dapat mendorong penganekaragaman pangan diharapkan juga dapat meningkatkan nilai tambah ubi jalar serta meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani (Hariyadi *et al.*, 2004). Menurut Welirang

(2003) dengan tersedianya aneka tepung maka dengan sendirinya akan memberikan kemudahan untuk tumbuhnya usaha dibidang pengolahan makanan dalam skala kecil dan menengah.

Pembuatan tepung ubi jalar termodifikasi ini meliputi pembersihan, penghancuran (pengirisan), fermentasi, dan pengeringan sampai kadar air tertentu. Tepung ubi jalar juga memiliki beberapa kelebihan yaitu sebagai sumber karbohidrat, serat pangan, dan beta karoten (Kadarisman dan Sulaeman, 1993). Selain itu tepung ubi jalar mempunyai kandungan gula yang cukup tinggi sehingga dalam pembuatan produk olahan berbahan tepung ubi jalar dapat mengurangi penggunaan gula sebanyak 20% (Nuraini, 2004). Komposisi kandungan gizi tepung ubi jalar seperti tercantum pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Komposisi Kandungan Gizi Tepung Ubi Jalar

Komposisi	Tepung Ubi Jalar		
	Putih	Merah	Kuning
Air (%bk)	6,40	4,25	4,50
Abu (%bk)	1,78	2,92	2,05
Karbohidrat (%bk)	79,41	65,93	79,36
Protein (%bk)	2,35	2,36	2,85
Lemak (%bk)	0,75	0,76	0,45
Serat Kasar (%bk)	2,45	4,19	3,31
Gula (%bk)	5,23	18,38	5,51

Sumber : Anwar dkk, 1993

Tepung ubi jalar dapat digunakan langsung untuk keperluan sehari-hari seperti membuat kue atau dijual ke pasaran dalam bentuk kemasan. Tepung ubi jalar telah digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan roti, kue-kue, sereal, dan lainnya. Tepung ini dapat pula digunakan dalam pembuatan bahan makanan campuran untuk anak balita (Marliyati dkk., 1992). Tepung ubi jalar harus memiliki kriteria mutu seperti pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Kriteria Mutu Tepung Ubi Jalar

Kriteria	Nilai
Kadar air (maksimal)	15 %
Keasaman (maksimal)	4 ml 0,1 N NaOH/100gram
Kadar pati (minimal)	55 %
Kadar serat (maksimal)	3 %
Kadar abu	2 %

Sumber : Anonim, 2008



## 2.3. Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses yang menggunakan mikroorganisme untuk merubah atau mengkonversi substrat padat atau cair menjadi berbagai produk. Substrat yang digunakan sangat banyak yaitu bahan-bahan yang digunakan untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Produk-produk turunan fermentasi sangat bervariasi, seperti roti, keju, saos, pickel sayuran, cocoa, bir, anggur, asam sitrat, asam glutamat dan lainnya.

### 2.3.1. Tipe Fermentasi

Secara komersial fermentasi dapat diklasifikasikan, yaitu : fermentasi padat atau kultur terendam. Pada fermentasi padat, mikroorganisme tumbuh pada padatan yang sedikit lembab dengan sedikit kandungan air bebas, seperti pada fermentasi biji kakao, pembuatan gari dengan menggunakan bahan baku singkong, fermentasi tempe dan pada saat sekarang telah dioperasikan oleh industri besar. Sedangkan fermentasi terendam merupakan fermentasi yang menggunakan substrat terlarut, seperti larutan gula, atau substrat padat yang terendam atau tersuspensi di dalam air dalam bentuk bubur (*slurry*). Fermentasi terendam digunakan untuk produksi pickel sayuran, yoghurt, brewing beer, anggur dan lainnya. Fermentasi padat dan substrat terendam dapat dibagi lagi menjadi fermentasi aerobik dan anaerobik. Contoh fermentasi aerobik, yaitu produksi asam sitrat dengan menggunakan *Aspergillus niger*, sedangkan contoh fermentasi substrat terendam secara anaerobik, yaitu dalam produksi yoghurt. Proses fermentasi mungkin hanya menggunakan satu spesies mikroorganisme yang memberikan pengaruh pada perubahan kimia substrat. Substrat sebelum digunakan harus disterilkan untuk membunuh mikroorganisme yang tidak diinginkan pada fermentasi. Fermentasi bahan makanan kadang kala tidak steril karena dibutuhkan partisipasi dari mikroorganisme lain yang bekerja secara simultan yang memberikan pengaruh terhadap rasa, aroma dan tekstur (Chisti, Y., 1999).

### 2.3.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fermentasi

Proses fermentasi dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti suhu, pH, komposisi medium fermentasi, oksigen terlarut, CO<sub>2</sub> terlarut, sistem operasional

(batch atau kontinyu), umpan dengan pre-cursor, pencampuran (siklus melalui lingkungan bervariasi), dan tegangan geser (shear rate) dalam fermentor. Variasi dari faktor-faktor di atas mungkin memberikan pengaruh pada laju fermentasi, yield produk yang dihasilkan, sifat organoleptik dari produk, seperti kenampakan, bau, tekstur dan rasa, toksin yang dihasilkan dengan kadar yang tinggi, kualitas nutrisi dan sifat fisika-kimia produk (Chisti, Y., 1999).

Formulasi dari medium fermentasi akan mempengaruhi yield yang dihasilkan, laju pembentukan produk dan profil produk yang dihasilkan. Medium harus cukup mengandung sumber karbon, nitrogen, trace element, dan mikronutrisi yaitu vitamin yang dibutuhkan oleh mikroorganisme.

Idowu, O.A *et al.*, (2012) melaporkan tepung yang dihasilkan dari pengolahan irisan singkong yang difermentasi dengan perendaman di dalam air selama 3 hari dan irisan ubi jalar yang difermentasi dengan perendaman selama 72 jam, masing-masing difermentasi pada suhu kamar, memberikan kadar air kedua jenis tepung tidak berbeda nyata, kadar protein tepung ubi jalar lebih tinggi yaitu 5,5% dan tepung singkong sebesar 1,31%.

Fermentasi dalam pengolahan pangan adalah proses pengolahan pangan dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme secara terkontrol untuk meningkatkan keawetan pangan dengan diproduksinya asam dan atau alkohol, untuk menghasilkan produk dengan karakteristik *flavor* dan aroma yang khas, atau untuk menghasilkan pangan dengan mutu dan nilai yang lebih baik. Hasil fermentasi adalah etanol, dan asam laktat (Anonim, 2007).

Fermentasi terbagi dua tipe berdasarkan tipe kebutuhan akan oksigen yaitu tipe aerobik dan anaerobik. Tipe aerobik adalah fermentasi yang pada prosesnya memerlukan oksigen. Semua organisme untuk hidupnya memerlukan sumber energi yang diperoleh dari hasil metabolisme bahan pangan, di mana organisme itu berada.

#### **2.4. Koji**

Koji adalah konsentrat enzim amilase, protease dan enzim-enzim lainnya yang diperoleh dengan cara membiakan galur khusus kapang atau bakteri pada

beras yang telah dikukus. Koji dibuat baik dari beras maupun barley yang direndam dalam air selama 17 jam pada suhu 25°C. Selanjutnya beras tersebut dikukus selama 70 menit, didinginkan kemudian diinokulasi dengan campuran galur-galur mikroorganisme yang akan dibuat koji, seperti *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis*. Beras yang telah diinokulasi ditebarkan di atas wadah yang terbuat dari bambu. Selama pertumbuhan mikroorganisme, suhu harus dikontrol dan pertumbuhan mikroorganisme dibiarkan berlangsung sampai semua butir beras ditumbuhi oleh sel mikroorganisme yang diperlukan untuk fermentasi (Rahman, 1992)

Enzim  $\alpha$ -amilase dan mikroorganisme penghasil enzim  $\alpha$ -amilase terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, dan mikroba.  $\alpha$ -amilase murni dapat diperoleh dari berbagai sumber, misalnya dari *malt (barley)*, ludah manusia dan pankreas, serta dapat diisolasi dari *Aspergillus oryzae* dan *Bacillus subtilis* (Winarno, 1983).

Tabel 5. Penggunaan Beberapa Enzim dari Mikroba

Nama Mikroba	Jenis Enzim Utama	Penggunaan dalam Pengolahan
<i>Bacillus subtilis</i>	Karbohidrase	- sirup coklat (viskositas) - sereal pra tanak (modifikasi pati)
	Protease	- bir (penjernih) - hidrolisat protein
<i>Aspergillus oryzae</i>	Karbohidrase	- sirup konversi - sari buah (penjernihan) - sirup coklat (viskositas)
	Protease	- pengempukan daging
<i>Aspergillus niger</i>	Karbohidrase	- produksi alcohol
	Selulase	- konsentrat kopi (viskositas)
	Glukosa oksidase	- pengeringan telur
	Katalase pectinase	- sari buah/wine
	Lipase	- keju

Sumber : Beckhorn *et al.*, 1965 dalam Winarno, 1983

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Metode Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian produksi tepung ubi jalar secara fermentasi dibagi dalam dua tahap, pada tahun pertama percobaan pembuatan tepung ubi jalar dengan cara fermentasi dan pada tahun kedua aplikasi penggunaan tepung yang dihasilkan untuk olahan pangan. Pelaksanaan percobaan pembuatan tepung ubi jalar dengan cara fermentasi dapat dilihat pada *fishbone diagram* seperti pada Gambar 1.

Penelitian pembuatan tepung ubi jalar secara fermentasi padatan terendam (*submerged fermentation*) dapat dilihat pada Gambar 2. Rencana penelitian pada tahun pertama dibagi dalam 2 tahap, yaitu :

Tahap 1. Pembuatan koji *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae*

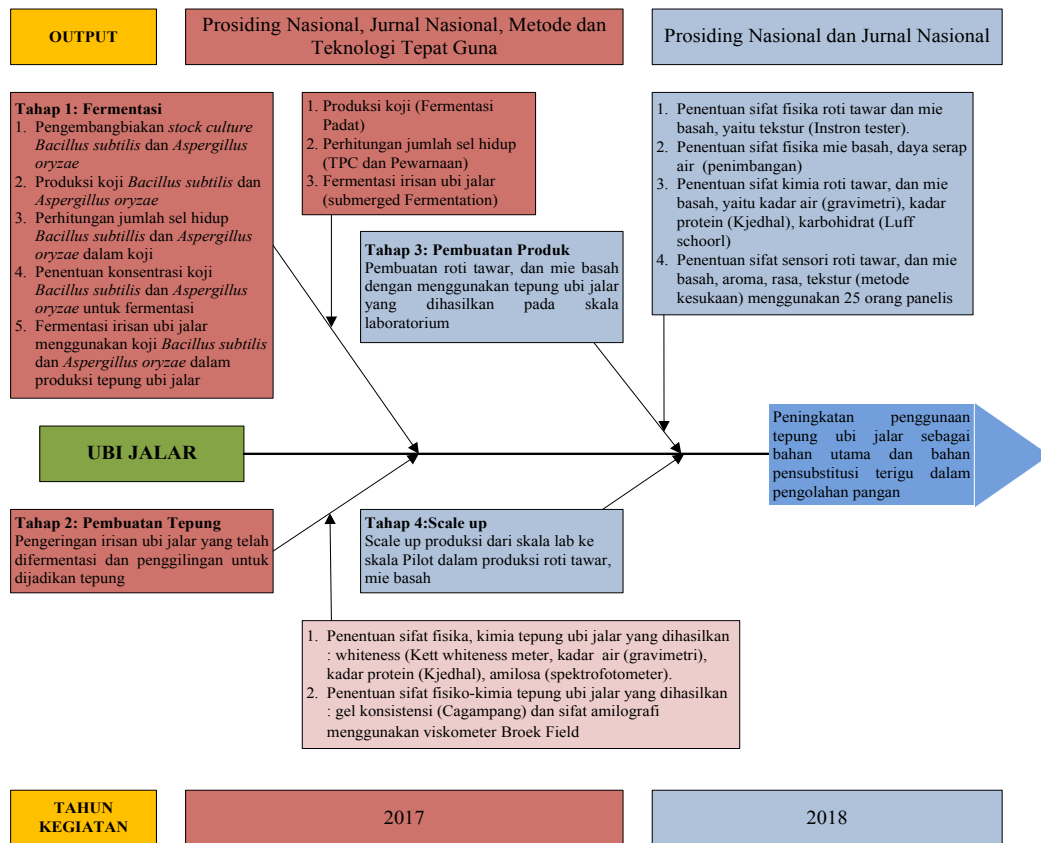
- a. Melakukan persiapan untuk memulai penelitian (*sudah dilakukan*)
- b. Melaksanakan pengembangbiakan *stock culture Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae* pada agar miring (*sudah dilaksanakan*).
- c. Melaksanakan pembuatan koji *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae* dengan mengembangbiakan masing-masing mikroorganisme tersebut pada medium nasi dan difermentasi selama 24 jam (*akan dilaksanakan*).
- d. Melaksanakan pembuatan koji menggunakan koji yang diperoleh pada point (c) yang dikembangbiakan pada media nasi dicampur tepung ubi jalar tanpa fermentasi dengan penambahan tepung ubi jalar 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, 0,8%, 0,9%, 1,0%, 1,1%, 1,2%, 1,3%, 1,4% dan 1,5%. Tujuan penambahan tepung ubi jalar pada point (d) ini untuk adaptasi mikroorganisme (*akan dilaksanakan*).
- e. Melaksanakan perhitungan jumlah sel hidup *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae* pada koji yang dikembangbiakan pada point (d) akan digunakan untuk fermentasi ubi jalar (*akan dilaksanakan*).

Tahap 2 : Fermentasi irisan ubi jalar dengan menggunakan koji *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae*

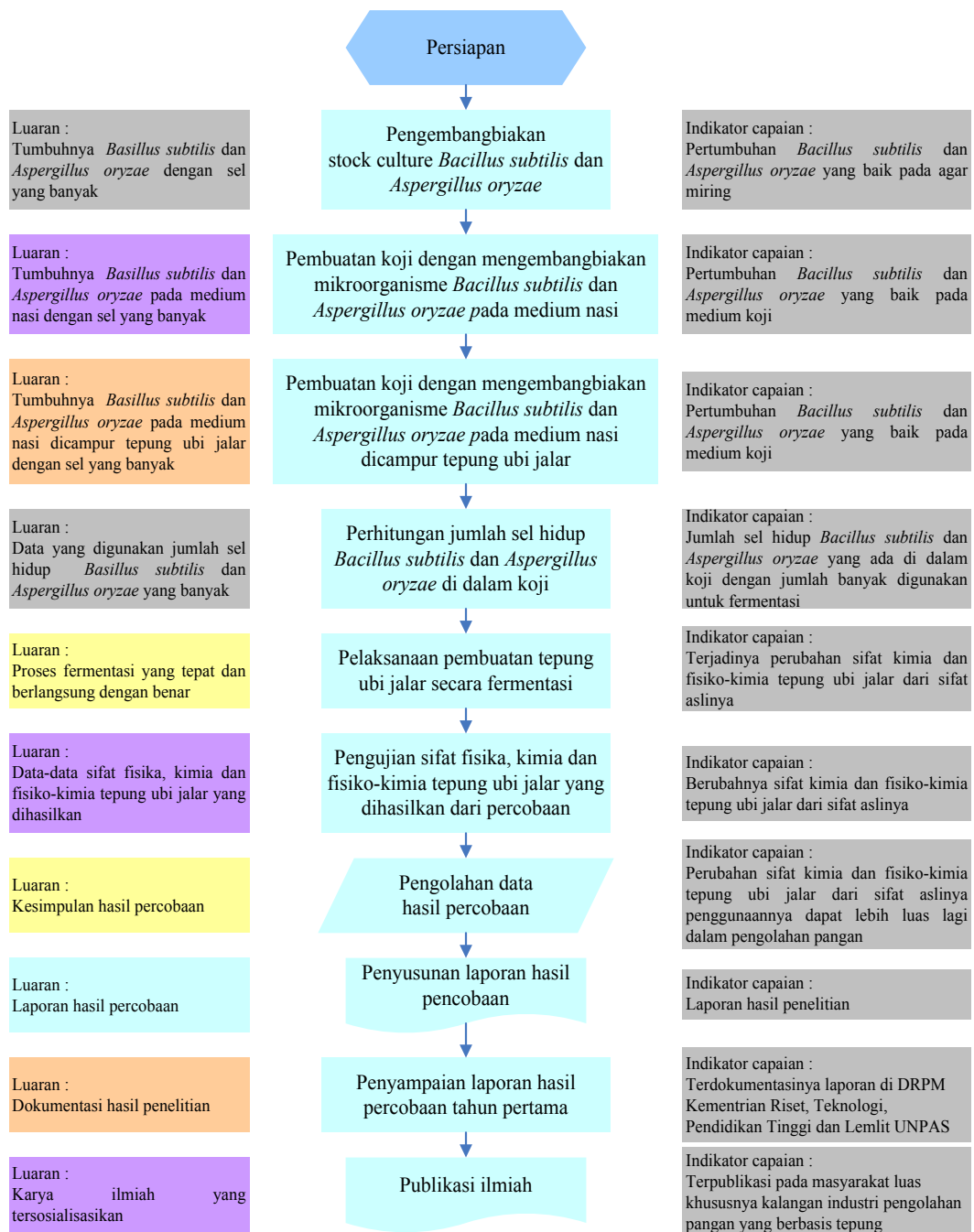
- a. Melaksanakan pembuatan tepung ubi jalar secara fermentasi menggunakan masing-masing koji *Bacillus subtilis* dan *Aspergillus oryzae* yang dihasilkan

dengan variasi konsentrasi koji masing-masing : 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5% dan 3,0% dan waktu fermentasi selama 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam dan 72 jam untuk masing-masing konsentrasi koji yang digunakan (*akan dilaksanakan*).

- b. Melakukan analisis sifat fisika yaitu whiteness, kimia yaitu kadar air (gravimetri), kadar protein (Kjedhal), karbohidrat (Luff school), amilosa (spektrofotometer), sifat fisiko-kimia yaitu gel konsistensi (Cagampang) dan sifat amilografi menggunakan viskometer Broek Field tepung ubi jalar yang dihasilkan. (*akan dilaksanakan*).
- c. Pengolahan data hasil percobaan (*akan dilaksanakan*).
- d. Penyusunan laporan hasil percobaan (*akan dilaksanakan*).
- e. Penyampaian laporan tahun pertama (*akan dilaksanakan*).
- f. Publikasi ilmiah pada journal Teknologi Pangan, Food review, dan surat kabar (*akan dilaksanakan*), serta pada seminar ilmiah.



Gambar 1. Pelaksanaan Percobaan Pembuatan Tepung Ubi Jalar Dengan Cara Fermentasi



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Tepung Ubi Jalar Secara Fermentasi Pada Penelitian Tahun Pertama

## BAB 4. HASIL YANG DICAPAI

### 4.1. Analisis Fisikokimia Tepung Ubi Jalar

Secara garis besar pembuatan tepung ubi jalar meliputi pengupasan, pengirisan atau penyawutan, pencucian, penjemuran atau pengeringan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 5 jam, kemudian penggilingan dan pengayakan 80 mesh (Suprpti, 2003). Berdasarkan hasil analisis kimia dan fisika terhadap tepung ubi jalar, didapatkan hasil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Analisis Fisik dan Kimia Tepung Ubi Jalar

Respon Analisis	Tepung Ubi Jalar	Tepung Ubi Jalar <sup>(1)</sup>
Kadar Air	9,58 %	10,56 %
Kadar Protein	3,6 %	2,08 %
Kadar Pati	31,35 %	45,30 %
Kadar Amilosa	23,74 %	20,27 %
Kadar Gel Konsistensi	-	55,5 mm

Data pada Tabel 6, menunjukkan kadar air tepung ubi jalar yang diperoleh yaitu 10,56%, kondisi ini sudah memenuhi syarat kadar air yang aman untuk tepung yaitu <14% sehingga dapat mencegah pertumbuhan kapang (Winarno dan Jenie, 1974). Pada tabel di atas terdapat perbedaan komposisi kimia ubi jalar yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena umur panen umbi yang berbeda, serta tingkat kematangan umbi akan mempengaruhi kadar pati yang terkandung di dalam ubi jalar. Semakin lama umur panen, kandungan pati umbi semakin meningkat, tetapi setelah mencapai titik tertentu kandungan pati akan menurun. Hal ini sesuai dengan fase pertumbuhan ubi jalar dimana saat awal pertumbuhan terjadi pemanjangan dan pertumbuhan cabang-cabang baru. Semakin banyak cabang, permukaan daun semakin luas, sehingga penyerapan sinar matahari semakin tinggi, akibatnya hasil fotosintesa dalam pembentukan pati yang cukup banyak. Namun, semakin tua umur tanaman, aktivitas tanaman semakin menurun. Peristiwa ini menyebabkan kadar pati pada ubi jalar akan menurun dengan semakin menuanya umur umbi (Edmon and Ammerman, 1971 dalam Antarlina, 1997).

Selain dipengaruhi oleh umur panen umbi, komposisi kimia yang terkandung pada tepung ubi jalar juga dipengaruhi oleh unsur-unsur kimia mikro dan makro yang terdapat di dalam tanah sebagai unsur hara, tinggi dan rendahnya dataran penanaman, pupuk yang digunakan, frekuensi pemberian pupuk, curah hujan, dan panjang waktu tanaman ubi jalar menerima sinar matahari selama ditanam. Unsur-unsur makro hara yang ada di dalam tanah dan dibutuhkan tanaman diantaranya N, P, K, Ca, S, dan Mg. Senyawa nitrogen yang ada di dalam tanah berfungsi sebagai pembentukan klorofil dan protein bagi tanaman (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Ginting (2010), menyatakan bahwa nilai gizi ubi jalar secara kualitatif dipengaruhi oleh varietas, lokasi tempat penanaman dan musim tanam. Pada musim kemarau dari varietas yang sama akan menghasilkan tepung yang memiliki nilai gizi yang relatif tinggi dari pada musim penghujan, demikian juga ubi jalar yang berdaging merah muda umumnya mempunyai kadar karoten lebih tinggi daripada yang berwarna putih. Ubi jalar yang berwarna putih lebih diarahkan untuk pengembangan tepung dan pati karena umbi yang berwarna cerah cenderung lebih baik kadar patinya dan warna tepung lebih menyerupai terigu (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

## **4.2. Optimasi Pembuatan Koji untuk Fermentasi Tepung Ubi Jalar**

### **4.2.1. Koji *Aspergillus oryzae***

Pada pembuatan koji *Aspergillus oryzae*, dilakukan penambahan tepung ubi jalar dengan konsentrasi yang berbeda, bertujuan untuk mengadaptasikan pengembangbiakan mikroorganisme pada media yang akan digunakan untuk fermentasi dan memperbanyak jumlah sel hidup mikroorganisme pada substrat koji *Aspergillus oryzae*. Konsentrasi tepung ubi jalar yang ditambahkan pada koji *Aspergillus oryzae* yaitu 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, 0,8%, 0,9%, 1,0%, 1,1%, 1,2%, 1,3%, 1,4% dan 1,5% dari berat bahan. Karbohidrat di dalam ubi jalar dapat dirombak oleh mikroorganisme menjadi bentuk gula-gula sederhana seperti glukosa. Glukosa digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon yang digunakan untuk membentuk material penyusun sel baru (Daniya, 2010).



Penentuan jumlah konsentrasi tepung ubi jalar terpilih pada koji *Aspergillus oryzae* dilakukan dengan menghitung jumlah sel hidup jamur *Aspergillus oryzae* yang ada di dalam koji. Koji dengan jumlah sel hidup terbanyak digunakan untuk fermentasi pada penelitian utama. Hasil perhitungan sel hidup di dalam koji *Aspergillus oryzae* dengan penambahan konsentrasi tepung ubi jalar yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan data pada Tabel 7, jumlah sel hidup yang paling banyak pada koji *Aspergillus oryzae* dengan penambahan tepung ubi jalar yaitu koji *Aspergillus oryzae* dengan konsentrasi tepung ubi jalar 0,8% yaitu sebanyak 653 spora yang terlihat pada mikroskop dan hasil perhitungan total sel hidup adalah 54.416.667 spora. Selama fermentasi, karbohidrat akan berkurang karena dirombak menjadi gula-gula sederhana. Penambahan tepung ubi jalar dengan konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan pertumbuhan inokulum yang tinggi, sehingga kemampuan mikroorganisme untuk melakukan fermentasi terhadap substrat akan berkurang. Kepadatan inokulum yang tinggi membuat inokulum sulit untuk tumbuh sempurna yang pada gilirannya menyebabkan kematian mikroorganisme (Rahman, 1992).

Tabel 7. Hasil Penentuan  $\Sigma$  Sel Hidup Koji *Aspergillus oryzae* dengan Penambahan Konsentrasi Tepung Ubi Jalar yang Bervariasi.

No	Konsentrasi Tepung Ubi Jalar pada Koji Tahap II (%)	$\Sigma$ Sel Hidup Terbaca (Spora)	Total Sel Hidup (Spora)
1.	0	147	12.250.000
2.	0,1	286	13.833.333
3.	0,2	272	22.666.667
4.	0,3	344	28.666.667
5.	0,4	301	25.083.333
6.	0,5	465	38.750.000
7.	0,6	125	10.416.667
8.	0,7	318	26.500.000
9.	0,8	653	54.416.667
10.	0,9	224	18.666.667
11.	1,0	182	15.166.667
12.	1,1	324	27.000.000
13.	1,2	214	17.833.333
14.	1,3	543	45.250.000
15.	1,4	109	9.083.333
16.	1,5	245	20.416.667

Pertumbuhan optimum *Aspergillus oryzae* di dalam substrat koji terjadi pada konsentrasi tepung ubi jalar 0,8%, sesuai dengan kebutuhan karbon yang dibutuhkan oleh *Aspergillus oryzae*.

#### 4.2.2. Koji *Bacillus subtilis*

Penentuan jumlah konsentrasi penambahan tepung ubi jalar terpilih ke dalam koji *Bacillus subtilis* dilakukan dengan cara menghitung sel hidup bakteri *Bacillus subtilis* pada koji. Koji dengan jumlah sel hidup terbanyak digunakan untuk fermentasi pada penelitian utama. Hasil perhitungan sel hidup koji *Bacillus subtilis* dengan penambahan tepung ubi jalar yang berbeda dapat dilihat di Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Penentuan Sel Hidup Koji *Bacillus subtilis* dengan Penambahan Konsentrasi Tepung Ubi Jalar yang Berbeda

No	Konsentrasi Tepung Ubi Jalar (%)	Jumlah Sel Hidup Terbaca
1	0	8083333
2	0,1	30833333
3	0,2	36333333
4	0,3	22750000
5	0,4	28750000
6	0,5	41833333
7	0,6	47083333
8	0,7	16833333
9	0,8	18916667
10	0,9	19166667
11	1,0	30166667
12	1,1	5583333
13	1,2	8000000
14	1,3	6416667
15	1,4	5250000
16	1,5	4000000

Berdasarkan data pada Tabel 8, Jumlah sel hidup yang paling banyak adalah koji yang dibuat dengan penambahan tepung ubi jalar dengan konsentrasi 0,6% yaitu sebanyak 47083333 sel/ml. Penambahan tepung ubi jalar yang meningkat mengakibatkan semakin banyak juga gula-gula sederhana (monosakarida) sehingga semakin banyak nutrisi yang tersedia didalam medium. Hal ini yang memberikan pengaruh pada pertumbuhan *Bacillus subtilis*. Namun apabila nutrisi dalam media

terlampau terlalu banyak maka akan mengakibatkan *Bacillus subtilis* keracunan sebab dengan nutrisi yang berlebih akan mengakibatkan pH media akan menjadi tidak stabil sehingga dapat membuat mikroorganisme dehidrasi karena sifat dari gula ialah higroskopis sehingga dapat menyebabkan mikroorganisme dehidrasi serta mempercepat fase kematian.

Ubi jalar merupakan sumber energy dalam bentuk gula dan karbohidrat. Karbohidrat pada ubi jalar terdiri dari gula sebesar 13,2% sedangkan komposisi gula pada ubi jalar terdiri dari maltose sebesar 5,5%, sukrosa 4,4%, fruktosa 0,9%, glukosa 0,8% dan rafinosa sebesar 0,5% (Sistrunk, 1977).

Karbohidrat di dalam ubi jalar dapat dirombak oleh *Bacillus subtilis* menjadi bentuk gula-gula sederhana seperti glukosa. Glukosa digunakan sebagai sumber energidan karbon yang digunakan untuk membentuk material penyusun sel baru (Daniya, 2010).

#### **4.3. Korelasi Konsentrasi Koji dan Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Tepung Ubi Jalar**

Hasil penelitian utama bertujuan untuk melihat adanya korelasi perlakuan yang dicobakan pada pembuatan tepung ubi jalar dengan cara fermentasi terhadap respon yang diuji yaitu kadar air, kadar pati, kadar protein, kadar amilosa, gel konsistensi dan amilografi. Hasil yang didapat sampai laporan kemajuan adalah hasil analisis untuk sifat kimia tepung, meliputi kadar air, kadar pati, kadar protein dan kadar amilosa.

##### 4.3.1. Fermentasi oleh *Aspergillus oryzae*

###### 4.3.1.1. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar air tepung ubi jalar setelah fermentasi dengan perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi koji yang bervariasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi

Lama Fermentasi (Jam)	Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi (%)					
	Konsentrasi Koji <i>Aspergillus oryzae</i>					
	0,5 %	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
12	10,03	9,99	9,98	9,80	9,78	9,68
24	9,89	9,81	9,49	9,14	9,05	8,99
36	9,26	9,06	8,99	8,87	8,78	8,76
48	8,88	8,60	8,27	8,20	8,11	7,96
60	8,80	8,79	8,63	8,49	8,31	8,10
72	8,69	8,37	8,11	8,06	7,92	7,41
Kadar Air Tepung Ubi Jalar Tanpa Fermentasi	10,56					

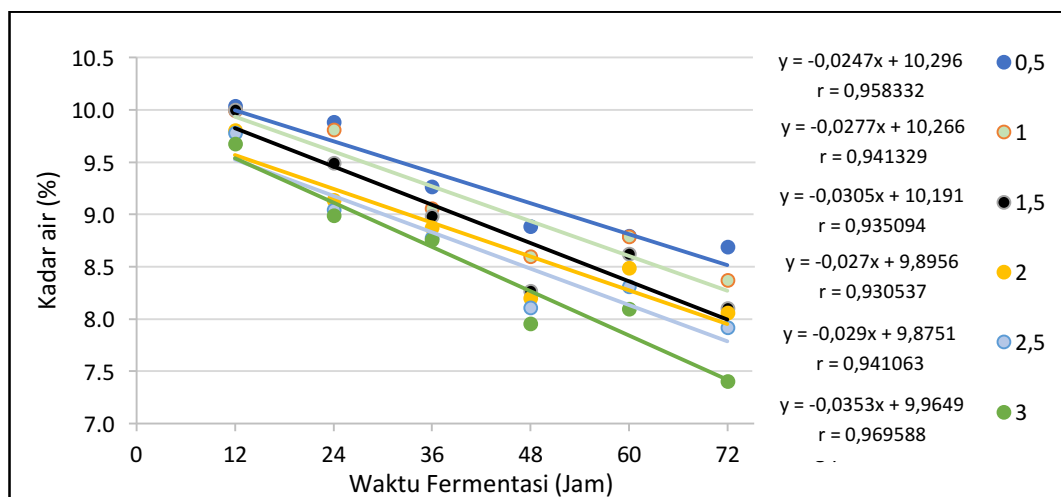
Data pada Tabel 9 menunjukkan lama waktu fermentasi ubi jalar selama 72 jam dengan rentang waktu *sampling* (pengamatan) 12 jam dan konsentrasi koji 0,5% memberikan kadar air tepung ubi jalar yang dihasilkan dari proses fermentasi menurun, dari kadar air awal sebelum fermentasi 10,56% menjadi 8,69% setelah fermentasi. Hal yang sama akan memperlihatkan pula semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan pada fermentasi ubi jalar, memperlihatkan kadar air tepung ubi jalar semakin rendah setelah akhir fermentasi. Pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* 3% dengan waktu fermentasi akhir 72 jam menunjukkan bahwa kadar air ubi jalar semakin menurun yaitu menjadi 7,41%, sedangkan pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* yang ditambahkan sebesar 0,5% dengan lama fermentasi yang paling singkat yaitu 12 jam menunjukkan kadar air sebesar 10,03%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentari koji yang ditambahkan pada waktu yang sama akan menghasilkan kadar air yang semakin menurun.

Penurunan kadar air pada tepung ubi jalar yang telah difermentasi disebabkan karena semakin meningkatnya konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* dan semakin lama waktu fermentasinya, akan mengakibatkan komponen-komponen kompleks yang terdapat pada irisan ubi jalar mengalami penguraian oleh *Aspergillus oryzae*, dan selama proses fermentasi berlangsung mengakibatkan air bebas yang terdapat

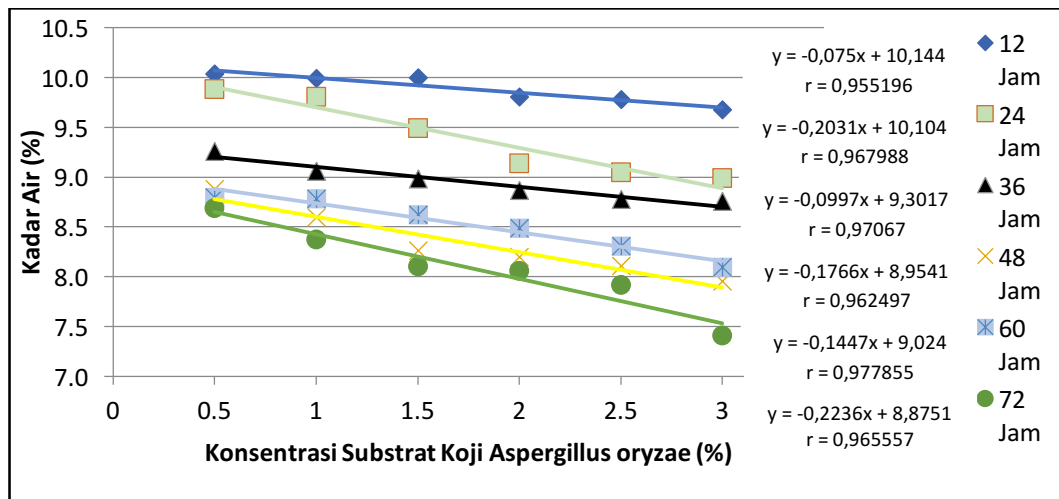
pada permukaan irisan ubi jalar semakin meningkat, sehingga pada saat proses pengeringan irisan ubi jalar hasil fermentasi akan banyak air yang teruapkan. Keadaan ini yang menyebabkan kadar air pada tepung ubi jalar yang telah difermentasi akan semakin menurun.

Tepung fermentasi cenderung memiliki kadar air yang lebih rendah dari pada tepung 21able21v. Penurunan kadar air disebabkan karena penguapan air terikat, sebelum fermentasi sebagian molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom oksigen, karbohidrat, protein dan senyawa 21able21v lainnya sehingga sukar diuapkan, namun selama proses fermentasi berlangsung enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroba akan memecah karbohidrat dan senyawa-senyawa tersebut, sehingga air yang terikat berubah menjadi air bebas (Agustawa, 2012).

Hasil analisis konsentrasi koji dan lama fermentasi memperlihatkan adanya korelasi terhadap penurunan kadar air tepung ubi jalar yang telah difermentasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi



Gambar 4. Hubungan Konsentrasi Substrat Koji *Aspergillus oryzae* Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi

Pada Gambar 3, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar air pada tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5% dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada konsentrasi 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%. Jika dibandingkan konsentrasi koji 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3% maka konsentrasi koji 3% mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara konsentrasi yang lainnya. Nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1, memperlihatkan adanya korelasi sempurna.

Pada Gambar 4, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan penurunan kadar air tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada waktu fermentasi 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam. Jika dibandingkan waktu fermentasi 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam, maka waktu fermentasi 60 jam mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara waktu fermentasi yang lainnya. Nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1, memperlihatkan adanya korelasi sempurna.

#### 4.3.1.2. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar protein tepung ubi jalar setelah fermentasi dengan perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi koji yang bervariasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi

Lama Fermentasi (Jam)	Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi (%)					
	Konsentrasi Koji <i>Aspergillus oryzae</i>					
	0,5 %	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
12	6,53	6,54	6,56	6,59	6,69	6,70
24	6,63	6,78	6,96	6,80	7,09	7,41
36	7,00	7,32	7,40	7,05	7,14	7,49
48	7,16	7,30	7,54	7,94	8,21	8,26
60	7,38	7,41	7,90	8,11	8,37	8,40
72	7,99	8,34	8,37	8,58	8,79	8,85
Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Tanpa Fermentasi	2,20					

Data pada Tabel 10, menunjukkan lama waktu fermentasi ubi jalar selama 72 jam dengan rentang waktu *sampling* (pengamatan) 12 jam dan konsentrasi koji 0,5% memberikan kadar protein tepung ubi jalar yang dihasilkan dari proses fermentasi meningkat, dari kadar protein awal sebelum fermentasi 2,20% menjadi 7,99% setelah fermentasi. Hal yang sama akan memperlihatkan pula semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan pada fermentasi ubi jalar, memperlihatkan kadar protein tepung ubi jalar semakin meningkat setelah akhir fermentasi. Pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* 3% dengan lama waktu fermentasi akhir 72 jam menunjukkan bahwa kadar protein ubi jalar semakin meningkat yaitu menjadi 8.85%, sedangkan pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* yang ditambahkan sebesar 0,5% dengan lama fermentasi yang paling singkat yaitu 12 jam menunjukkan kadar protein sebesar 6,53%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentari koji yang ditambahkan pada waktu yang sama akan menghasilkan kadar protein yang semakin meningkat. Kadar protein tertinggi

dihasilkan dari proses fermentasi yang berlangsung selama 72 jam dengan penambahan koji *Aspergillus oryzae* sebanyak 3%.

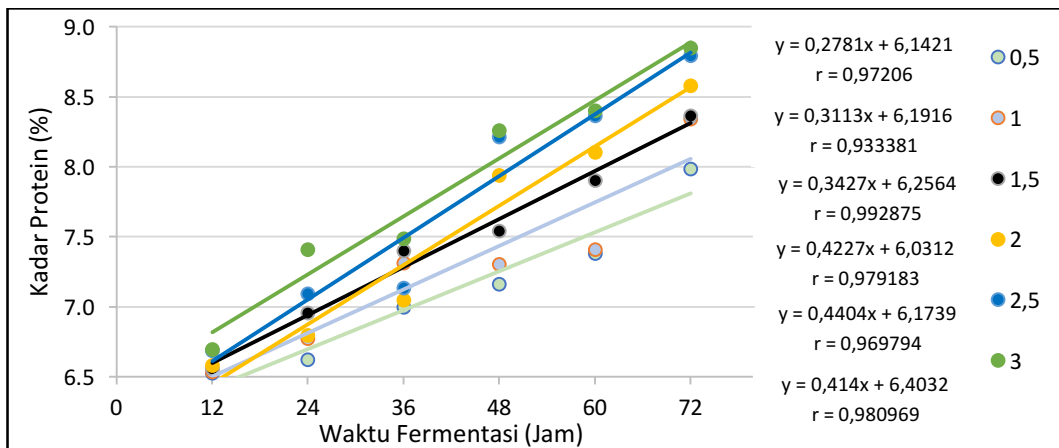
Berdasarkan hasil analisis protein pada tepung ubi jalar yang telah difermentasi, menunjukkan bahwa konsentrasi koji yang meningkat dan waktu fermentasi yang semakin lama menyebabkan kadar protein semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada saat fermentasi mengakibatkan aktivitas enzim proteolitik yang dihasilkan oleh *Aspergillus oryzae* semakin meningkat untuk menguraikan protein menjadi asam-asam amino, sehingga nitrogen terlarutnya akan mengalami peningkatan (Medikasari, 2009).

Tumbuhnya kapang *Aspergillus oryzae* akan meningkatkan kandungan protein dalam tepung. Protein yang meningkat selama proses fermentasi dikarenakan adanya pengayaan protein dari sel mikroorganisme. Proses peningkatan kandungan protein karena adanya pembentukan single cell protein atau protein sel tunggal (Litchfield, 1983). Menurut Tannembaum (1971), protein sel tunggal adalah istilah yang digunakan untuk protein kasar atau murni yang berasal dari mikroorganisme, seperti bakteri, khamir, kapang, ganggang dan protozoa. Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi dapat menghasilkan enzim yang akan mendegradasi senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dan mensintesis protein yang merupakan pengkayaan protein bahan (Darmawan, 2006).

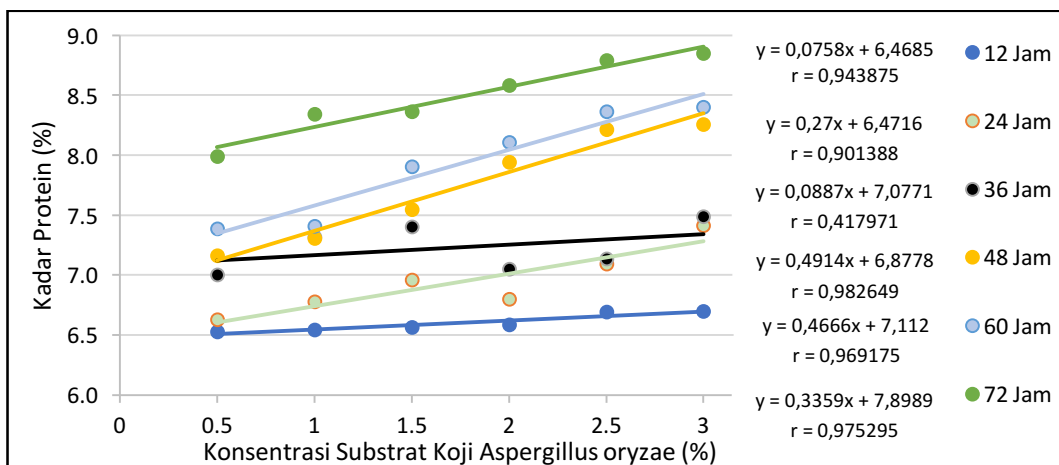
Kenaikan kadar protein pada substrat fermentasi padat diakibatkan oleh penambahan protein yang diperoleh dari perubahan nitrogen inorganik menjadi protein sel selama pertumbuhan kapang (Purwadaria dan Laelasari, 2004). Tingginya peningkatan protein pada substrat padat karena kapang sendiri mengandung asam nukleat yang dapat memberikan kontribusi N. Populasi mikroba yang tinggi mengakibatkan kandungan protein kasar tinggi karena mikroba sebagian besar terdiri dari protein (Wizna, dkk., 2009).

Hasil analisis konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* yang berbeda dengan lama waktu fermentasi yang berbeda pula terhadap perubahan kadar protein tepung ubi jalar yang telah difermentasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 .





Gambar 5. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi



Gambar 6. Hubungan Konsentrasi Substrat Koji *Aspergillus oryzae* Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi

Pada Gambar 5, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan peningkatan kadar protein pada tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5% dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada konsentrasi 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%. Jika dibandingkan konsentrasi koji 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3% maka konsentrasi koji 3% mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara konsentrasi yang lainnya. Nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1, memperlihatkan adanya korelasi sempurna.

Pada Gambar 6, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan peningkatan kadar protein tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada waktu fermentasi 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam. Jika dibandingkan waktu fermentasi 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam, maka waktu fermentasi 48 jam mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara waktu fermentasi yang lainnya. Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) mendekati 1, memperlihatkan adanya korelasi sempurna.

Pada Gambar 5 dan Gambar 6, memperlihatkan adanya korelasi waktu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan untuk fermentasi terhadap kadar protein tepung ubi jalar yang telah difermentasi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi ( $r$ ) masing-masing variabel yang besarnya mendekati 1, memperlihatkan korelasi sempurna pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan terhadap kadar protein tepung ubi jalar yang dihasilkan. Waktu fermentasi yang semakin lama dan konsentrasi koji yang semakin meningkat memberikan kadar protein pada tepung ubi jalar yang dihasilkan semakin meningkat. Kadar protein mengalami kenaikan sejalan dengan meningkatnya waktu fermentasi, karena kemampuan enzim protease dalam pemecahan protein semakin besar seiring dengan semakin lama waktu fermentasi. Kenaikan kadar protein terjadi karena degradasi oleh enzim proteinase sehingga protein terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana, semakin lama fermentasi semakin banyak pula komponen-komponen yang terdapat didalam ubi jalar yang diuraikan (Yunisa, 2013).

Protease merupakan enzim yang akan memotong polimer pada molekul protein sehingga dapat dihasilkan molekul-molekul yang lebih sederhana. Dalam hal ini, protease akan menghidrolisis ikatan polipeptida sehingga akan dihasilkan produk dekomposisi berupa senyawa sederhana seperti peptida dan asam amino, kemudian asam-asam amino akan terurai lebih lanjut menjadi komponen-komponen lain yang berperan dalam pembentukan cita rasa produk. Protease juga akan menghidrolisis molekul protein dalam bentuk yang lebih spesifik. (Yunisa, 2013).

#### 4.3.1.3 Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar pati tepung ubi jalar setelah fermentasi dengan perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi koji yang bervariasi dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi

Lama Fermentasi (Jam)	Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi (%)					
	Konsentrasi Koji <i>Aspergillus oryzae</i>					
	0,5 %	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
12	45,37	45,09	44,41	43,94	42,74	42,61
24	44,53	44,41	43,90	43,48	42,52	42,49
36	44,02	43,78	43,28	42,80	42,42	42,10
48	43,36	42,53	42,38	41,59	41,08	40,57
60	43,00	42,17	42,13	42,05	41,45	40,43
72	42,06	41,59	41,14	40,50	40,01	39,56
Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Tanpa Fermentasi	55,83					

Data pada Tabel 11. Menunjukkan lama waktu fermentasi ubi jalar selama 72 jam dengan rentang waktu *sampling* (pengamatan) 12 jam dan konsentrasi koji 0,5% memberikan kadar pati tepung ubi jalar yang dihasilkan dari proses fermentasi menurun, dari kadar pati awal sebelum fermentasi 55,83% menjadi 42,06% setelah fermentasi. Hal yang sama akan memperlihatkan pula semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan pada fermentasi ubi jalar, memperlihatkan kadar pati tepung ubi jalar semakin menurun setelah akhir fermentasi. Pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* 3% dengan waktu fermentasi akhir 72 jam menunjukkan bahwa kadar pati tepung ubi jalar semakin menurun yaitu menjadi 39,56%, sedangkan pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* yang ditambahkan sebesar 0,5% dengan lama fermentasi yang paling singkat yaitu 12 jam menunjukkan kadar pati sebesar 45,37%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada waktu yang sama akan menghasilkan kadar pati yang semakin menurun. Kadar pati tertinggi yang dihasilkan selama proses fermentasi berlangsung yaitu terjadi pada waktu 12 jam dengan penambahan koji *Aspergillus*

*oryzae* sebanyak 0,5%, sedangkan kadar pati terendah yang dihasilkan selama proses fermentasi berlangsung yaitu terjadi pada waktu 72 jam dengan penambahan koji *Aspergillus oryzae* sebanyak 3%.

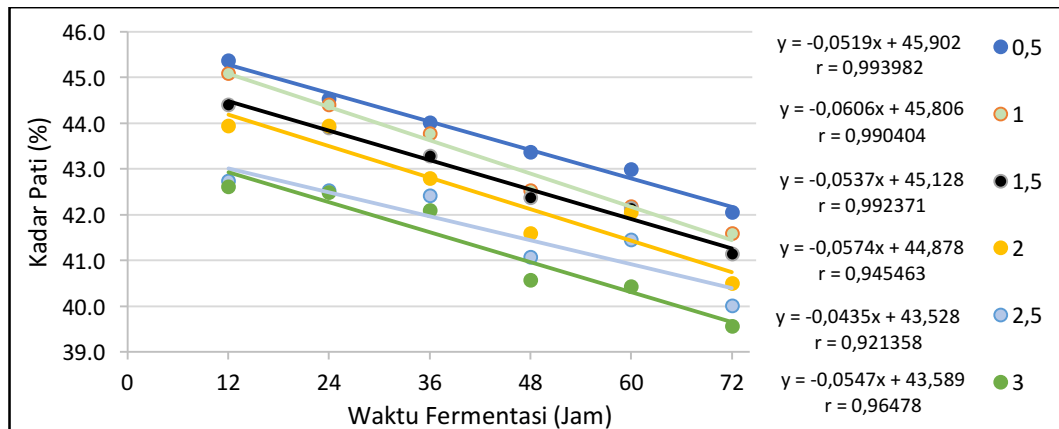
Penurunan kadar pati disebabkan karena selama proses fermentasi akan terjadi penguraian pati menjadi glukosa oleh enzim  $\alpha$ -amylase yang dimiliki *Aspergillus oryzae*. Glukosa hasil penguraian akan digunakan oleh *Aspergillus oryzae* dalam menunjang pertumbuhan. Enzim  $\alpha$ -amylase berperan dalam mengubah pati menjadi glukosa dengan memutuskan ikatan glukosida yaitu ikatan antara molekul glukosa pada polimer pati. Hasil pemecahan glukosa oleh enzim  $\alpha$ -amylase akan digunakan untuk proses  $\alpha$ -amylase. Proses  $\alpha$ -amylase dimulai dengan mengolah glukosa menjadi asam piruvat karena proses  $\alpha$ -amylase terjadi secara anaerob (fermentasi), maka asam piruvat yang terbentuk akan diubah menjadi produk fermentasi yaitu ATP (Adenosin Tri Phosphate) yang digunakan sebagai sumber energi untuk tumbuh dan berkembang, kemudian hasil lainnya adalah  $\alpha$ -amylase dan CO<sub>2</sub> sebagai hasil  $\alpha$ -amylase (Hawusiwa et al., 2015; Chen and Johns, 1994).

Menurut Zubaidah (2006), kadar pati mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya waktu fermentasi, karena kemampuan mikroba amilolitik dalam pemecahan pati semakin besar seiring dengan semakin lama waktu fermentasi. Penurunan kadar pati terjadi dikarenakan hidrolisis pati oleh enzim-enzim yang dikeluarkan oleh *Aspergillus oryzae* sehingga pati terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana dan semakin lama fermentasi semakin banyak komponen-komponen yang terdapat di dalam ubi jalar yang diuraikan.

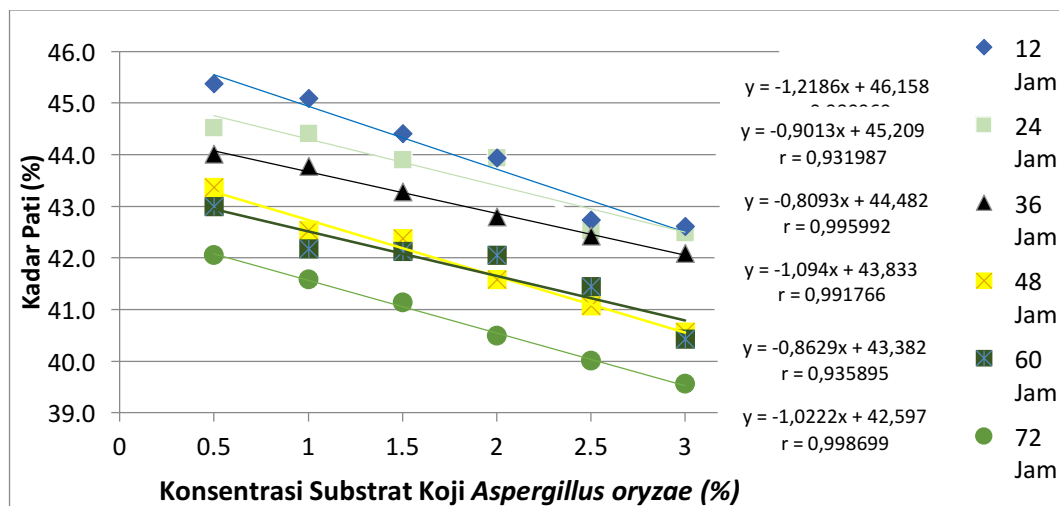
Hasil analisis konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* yang berbeda dengan waktu fermentasi yang berbeda pula terhadap perubahan kadar pati tepung ubi jalar yang telah difermentasi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Pada Gambar 7, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar pati pada tepung ubi jalar. Pada konsentrasi koji 0,5% menunjukkan adanya korelasi positif, begitu juga pada konsentrasi 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%. Jika dibandingkan konsentrasi koji 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3% maka konsentrasi koji 0,5% mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling

berkorelasi diantara konsentrasi yang lainnya. Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) mendekati 1, memperlihatkan adanya korelasi sempurna.



Gambar 7. Hubungan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi



Gambar 8. Hubungan Konsentrasi Substrat Koji *Aspergillus oryzae* Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar Hasil Fermentasi

Pada Gambar 7, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 12 jam dan menunjukkan adanya korelasi positif. Begitu juga pada waktu fermentasi 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam. Jika dibandingkan waktu fermentasi 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 60 jam, dan 72 jam, maka waktu fermentasi 72 jam

mendekati nilai korelasi sempurna atau yang paling berkorelasi diantara waktu fermentasi yang lainnya. Nilai koefisien korelasi (r) mendekati 1, memperlihatkan adanya korelasi sempurna.

Pada Gambar 7 dan Gambar 8, memperlihatkan adanya korelasi waktu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan untuk fermentasi terhadap kadar pati tepung ubi jalar yang telah difermentasi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) masing-masing variabel yang besarnya mendekati 1, memperlihatkan korelasi sempurna pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi koji yang digunakan terhadap kadar pati tepung ubi jalar yang dihasilkan. Penurunan kadar pati disebabkan karena selama proses fermentasi akan terjadi penguraian pati menjadi glukosa oleh enzim  $\alpha$ -amylase yang dimiliki *Aspergillus oryzae*. Glukosa hasil penguraian akan digunakan oleh *Aspergillus oryzae* dalam menunjang pertumbuhan. Enzim  $\alpha$ -amylase berperan dalam mengubah pati menjadi glukosa dengan memutuskan ikatan glukosida yaitu ikatan antara molekul glukosa pada polimer pati. Hasil pemecahan glukosa oleh enzim  $\alpha$ -amylase akan digunakan untuk proses  $\alpha$ -amylase.

Menurut Syuhada (2010), secara kimiawi perubahan bahan selama proses fermentasi disebabkan oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Amilase merupakan enzim yang berfungsi memecah pati. Menurut Ramos *et al.*, (2000), bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim ekstraseluler untuk menghidrolisis pati menjadi dekstrin dan gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menghasilkan asam laktat, CO<sub>2</sub>, dan etanol. Aktivitas enzim amilolitik tersebut menyebabkan granula pati menjadi berlubang-lubang karena terlebih dahulu menyerang bagian yang *amorf* (amilopektin) sehingga nisbah antara amilosa dan amilopektin meningkat dengan menurunnya proporsi amilopektin (Whistler, 1984, dalam Rosida dan Nurasih, 2008).

#### 4.3.1.4. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar amilosa tepung ubi jalar setelah fermentasi dengan perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi koji yang bervariasi dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi

Lama Fermentasi (Jam)	Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi (%)					
	Konsentrasi Koji <i>Aspergillus oryzae</i>					
	0,5 %	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
12	19,54	19,90	16,88	23,05	25,47	19,26
24	25,75	26,28	25,11	25,35	30,80	27,41
36	23,49	25,67	24,58	22,97	24,14	27,37
48	22,77	25,27	23,17	23,62	23,86	23,09
60	22,20	22,65	23,33	21,68	21,64	19,50
72	24,22	23,33	23,54	25,03	25,67	25,47
Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar Tanpa Fermentasi	20,27					

Data pada Tabel 12. Menunjukkan waktu fermentasi ubi jalar selama 72 jam dengan rentang waktu *sampling* (pengamatan) 12 jam dan konsentrasi koji 0,5% memberikan kadar amilosa tepung ubi jalar yang dihasilkan dari proses fermentasi meningkat, dari kadar amilosa awal sebelum fermentasi 20,27% menjadi 24,22% setelah fermentasi. Selama fermentasi ubi jalar berlangsung berdasarkan waktu dan konsentrasi koji yang bervariasi, perubahan kadar amilosa pada tepung ubi jalar tidak menetap, terjadi kenaikan dan penurunan pada waktu-waktu tertentu, namun rata-rata kadar amilosa pada tepung ubi jalar setelah fermentasi mengalami peningkatan. Pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* 3% dengan waktu fermentasi akhir 72 jam menunjukkan bahwa kadar amilosa ubi jalar semakin meningkat yaitu menjadi 25,47%, sedangkan pada konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* yang ditambahkan sebesar 0,5% dengan lama fermentasi yang paling singkat yaitu 12 jam menunjukkan kadar pati sebesar 19,54%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada waktu yang sama akan menghasilkan kadar amilosa yang semakin meningkat.

Menurut Zubaidah, dkk. (2006), peningkatan jumlah amilosa dikarenakan akibat putusnya rantai cabang amilopektin pada ikatan  $\alpha$ -1,6 dan secara otomatis jumlah rantai cabang amilopektin berkurang dan meningkatnya jumlah rantai lurus

amilosa sebagai hasil pemutusan ikatan cabang. Semakin meningkatnya waktu fermentasi, kadar pati semakin menurun seiring dengan meningkatnya kadar amilosa karena kemampuan enzim dalam mendegradasi pati meningkat dengan semakin bertambahnya waktu fermentasi. Kenaikan kadar amilosa disebabkan karena saat fermentasi berlangsung enzim yang dihasilkan berperan dalam pemutusan ikatan rantai cabang amilopektin, sehingga jumlah amilosa meningkat.

Semakin tinggi konsentrasi koji, semakin banyak enzim yang dihasilkan oleh mikroba yang dapat merombak pati pada ubi jalar menjadi senyawa-senyawa sederhana sebagai energi untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Menurut Syuhada (2010), secara kimiawi perubahan bahan selama fermentasi disebabkan oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Amilase merupakan enzim yang berfungsi memecah pati. Menurut Ramos *et al.* (2000), bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim ekstraseluler untuk menghidrolisis pati menjadi dekstrin dan gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menghasilkan asam laktat, CO<sub>2</sub> dan etanol. Aktivitas enzim amilolitik tersebut menyebabkan granula pati menjadi berlubang-lubang karena terlebih dahulu menyerang bagian *amorf* (amilopektin) sehingga nisbah antara amilosa dan amilopektin meningkat dengan menurunnya proporsi amilopektin (Whistler, 1984 *dalam* Yunisa, 2013).

#### 4.3.1.5. Konsistensi Gel Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Berdasarkan penelitian Cagampang (1973), konsistensi gel berkorelasi dengan viskositas balik pati pada beras. Beras yang mengandung amilosa tinggi (beras pera), nilai viskositas baliknya di atas 400 B.U memiliki konsistensi gel yang tinggi (27-35 mm), sedangkan beras yang memiliki tekstur nasi yang sedang memiliki nilai viskositas balik antara 0-400 B.U dan memiliki konsistensi gel menengah antara 36-49 mm. Sedangkan tekstur nasi yang lunak memiliki viskositas balik 32 gf dan konsistensi gel lebih dari 50 mm.

Hasil penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 13, menunjukkan selama fermentasi terjadi perubahan konsistensi gel tepung ubi jalar yang dihasilkan. Tepung ubi jalar yang tidak difermentasi memiliki nilai konsistensi gel yaitu 55 mm. Setelah difermentasi dengan konsentrasi koji dan waktu fermentasi yang



bervariasi didapatkan hasil yang menunjukkan tekstur pati sedang. Peningkatan konsentrasi koji dan waktu fermentasi yang semakin lama menyebabkan nilai konsistensi gel meningkat (tekstur lunak).

Tabel 13. Gel Konsistensi

Lama Fermentasi (Jam)	Gel Konsistensi (mm)					
	Konsentrasi Koji <i>Aspergillus oryzae</i>					
	0,5 %	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%
12	47,0	45,5	45,5	55,0	31,0	43,5
24	39,0	35,5	36,5	39,5	31,5	37,5
36	48,5	36,0	44,0	45,5	46,0	35,5
48	61,5	35,5	59,5	58,5	59,0	59,0
60	60,0	59,0	58,5	59,0	58,5	56,0
72	50,5	57,5	55,5	37,0	38,5	37,5
Gel Konsistensi Tepung Ubi Jalar Tanpa Fermentasi				55,5		

Pada gel yang mengandung amilosa sekitar 25% akan menghasilkan gel yang keras karena molekul pati membentuk jaringan, sebaliknya pada gel dengan amilosa yang rendah bertekstur lembut dan tidak memiliki jaringan (Copeland, 2009 dalam Indrasari dan Mardiah).

#### 4.3.1.6. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Sifat amilografi pati yang terkandung dalam tepung ubi jalar fermentasi diamati menggunakan alat *Rapid Visco Analyzer* (RPA). Parameter yang diamati meliputi, waktu dan suhu ketika tercapainya gelatinisasi, waktu dan suhu beserta viskositas puncak, dan viskositas balik.

Analisis sifat amilografi bertujuan untuk mengetahui karakteristik pati dan viskositasnya. Sifat amilografi berkaitan dengan pengukuran viskositas tepung dengan konsentrasi tertentu selama pemanasan dan pengadukan. Perbedaan panjang rantai penyusun molekul amilopektin memberikan perbedaan yang signifikan terhadap sifat fisik, fisikokimia dan fungsional bahan.

Tabel 14. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi dengan Perlakuan Lama Fermentasi dan Konsentrasi Koji yang Bervariasi

No	Sampel	Indikator Pengamatan			
		Suhu Gelatinisasi (°C)	Viskositas Puncak (cP)	Viskositas Dingin 50°C (cP)	Viskositas Balik (cP)
1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> (12 jam 0,5 %)	81.9	-	2660.0	2660.0
2	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> (12 jam 1,0 %)	92.6	-	300.0	300.0
3	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> (12 jam 1,5 %)	83.1	-	2940.0	2940.0
4	a <sub>4</sub> b <sub>1</sub> (12 jam 2,0 %)	82.0	-	2820.0	2820.0
5	a <sub>5</sub> b <sub>1</sub> (12 jam 2,5 %)	81.3	-	2455.0	2455.0
6	a <sub>6</sub> b <sub>1</sub> (12 jam 3,0 %)	94.2	-	45.0	45.0
7	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> (24 jam 0,5 %)	84.9	-	2500.0	2500.0
8	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> (24 jam 1,0 %)	80.8	-	2255.0	2255.0
9	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> (24 jam 1,5 %)	79.3	-	2125.0	2125.0
10	a <sub>4</sub> b <sub>2</sub> (24 jam 2,0 %)	79.8	-	2510.0	2510.0
11	a <sub>5</sub> b <sub>2</sub> (24 jam 2,5 %)	82.1	2575.0	2665.0	90.0
12	a <sub>6</sub> b <sub>2</sub> (24 jam 3,0 %)	81.0	3285.0	3965.0	680
13	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> (36 jam 0,5 %)	88.8	-	3050.0	3050.0
14	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> (36 jam 1,0 %)	88.4	-	2940.0	2940.0
15	a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> (36 jam 1,5 %)	82.0	3565.0	4025.0	460.0
16	a <sub>4</sub> b <sub>3</sub> (36 jam 2,0 %)	83.0	-	4945.0	4945.0
17	a <sub>5</sub> b <sub>3</sub> (36 jam 2,5 %)	88.1	-	2380.0	2380.0
18	a <sub>6</sub> b <sub>3</sub> (36 jam 3,0 %)	85.5	-	3135.0	3135.0
19	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> (48 jam 0,5 %)	88.2	-	1760.0	1760.0
20	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> (48 jam 1,0 %)	83.3	-	2260.0	2260.0
21	a <sub>3</sub> b <sub>4</sub> (48 jam 1,5 %)	87.6	2695.0	3735.0	1040.0
22	a <sub>4</sub> b <sub>4</sub> (48 jam 2,0 %)	86.6	2925.0	3440.0	515.0
23	a <sub>5</sub> b <sub>4</sub> (48 jam 2,5 %)	87.5	-	3070.0	3070.0
24	a <sub>6</sub> b <sub>4</sub> (48 jam 3,0 %)	87.4	2960.0	3940.0	980.0
25	a <sub>1</sub> b <sub>5</sub> (60 jam 0,5 %)	86.8	-	2445.0	2445.0
26	a <sub>2</sub> b <sub>5</sub> (60 jam 1,0 %)	85.6	-	3155.0	3155.0
27	a <sub>3</sub> b <sub>5</sub> (60 jam 1,5 %)	82.8	-	4755.0	4755.0
28	a <sub>4</sub> b <sub>5</sub> (60 jam 2,0 %)	89.1	-	2480.0	2480.0
29	a <sub>5</sub> b <sub>5</sub> (60 jam 2,5 %)	90.2	-	2620.0	2620.0
30	a <sub>6</sub> b <sub>5</sub> (60 jam 3,0 %)	87.1	-	3245.0	3245.0
31	a <sub>1</sub> b <sub>6</sub> (72 jam 0,5 %)	86.9	-	2040.0	2040.0
32	a <sub>2</sub> b <sub>6</sub> (72 jam 1,0 %)	81.2	3305.0	3980.0	675.0
33	a <sub>3</sub> b <sub>6</sub> (72 jam 1,5 %)	87.6	2225.0	2555.0	660.0
34	a <sub>4</sub> b <sub>6</sub> (72 jam 2,0 %)	88.9	2040.0	2375.0	335.0
35	a <sub>5</sub> b <sub>6</sub> (72 jam 2,5 %)	86.2	3105.0	3205.0	100.0
36	a <sub>6</sub> b <sub>6</sub> (72 jam 3,0 %)	85.3	3180.0	3280.0	100.0
37	Kontrol	82.5	55.0	155.0	100.0

Hasil pengujian sifat amilografi dari tepung ubi jalar fermentasi dapat dilihat pada tabel 13. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa tepung ubi jalar tanpa fermentasi memiliki viskositas balik yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung ubi jalar fermentasi dengan perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi koji yang bervariasi. Hal ini disebabkan selama fermentasi terjadi hidrolisis amilopektin yang memiliki rantai  $\alpha$ -1,6 glukosidik menjadi  $\alpha$ -1,4 glukosidik, hal ini menyebabkan granula-granula pati yang banyak mengandung rantai  $\alpha$ -1,4 glukosidik lebih mudah menyerap air dan pecah.

Berdasarkan tabel 14, dapat dilihat bahwa viskositas balik untuk setiap perlakuan berbeda. Menurut Ragae (2006), viskositas balik untuk tepung terigu protein tinggi adalah 842 cp, sedangkan viskositas balik untuk tepung terigu protein rendah adalah 1351 cp, sehingga perlakuan tepung ubi jalar fermentasi yang mendekati karakteristik tepung terigu protein tinggi adalah perlakuan tepung ubi jalar yang difermentasi dengan koji 3% selama 48 jam ( $a_6b_4$ ) dengan viskositas balik 980 cp. Jika dibandingkan dengan viskositas balik untuk tepung jalar yang tidak difermentasi dengan nilai 100 cp, maka terjadi peningkatan viskositas balik ketika ubi jalar difermentasi.

#### 4.3.2. Fermentasi oleh *Bacillus subtilis*

##### 4.3.2.1. Kadar Air Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

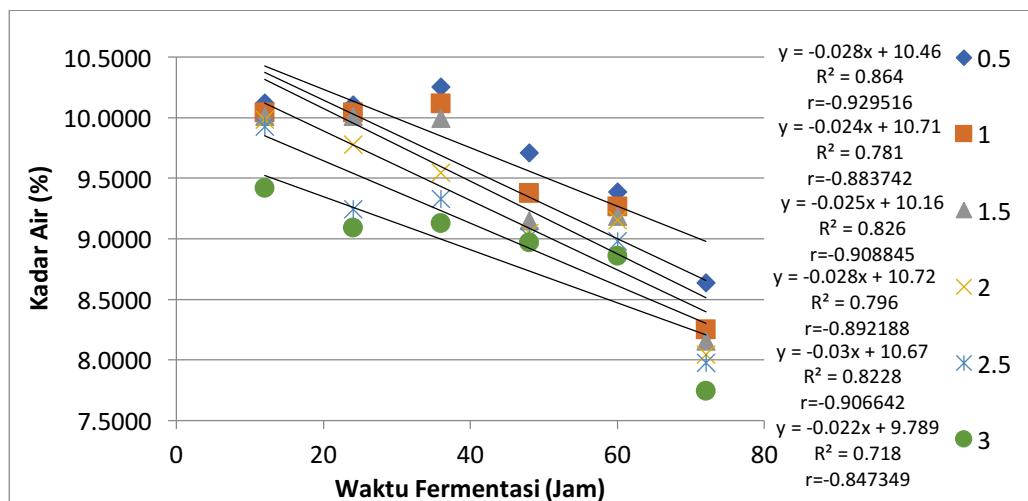
Hasil analisis kadar air tepung ubi jalar setelah difermentasi dapat dilihat pada Tabel 15. Data pada tabel 15 menunjukkan bahwa rata-rata presentase kadar air tepung ubi jalar yang dibuat secara fermentasi mengalami penurunan seiring bertambah lamanya waktu fermentasi yaitu dari 10,1230 % menjadi 7,7444%. Hal yang sama juga yaitu terjadi penurunan kadar air seiring dengan semakin banyaknya konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi. Terjadinya penurunan kadar air disebabkan air yang terdapat didalam ubi jalar yang difermentasi merupakan air bebas yang terdapat dibagian permukaan bahan terletak diantara sel bahan tersebut. Air ini mudah diuapkan pada pengeringan sehingga irisan ubi jalar yang memiliki kadar air yang paling tinggi, pada saat proses pengeringan mengakibatkan penguapan air paling banyak sehingga kadar air tepung

yang dihasilkan semakin berkurang. Ketebalan irisan ubi jalar juga sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar air, semakin tipis ketebalan irisan maka area kontak aliran panas semakin luas serta semakin tipis irisan ubi jalar akan mengakibatkan lebih banyak jaringan yang rusak pada ubi jalar yang tadinya menyimpan air dan airpun keluar dari bahan pangan karena wadah penyimpanan telah rusak.

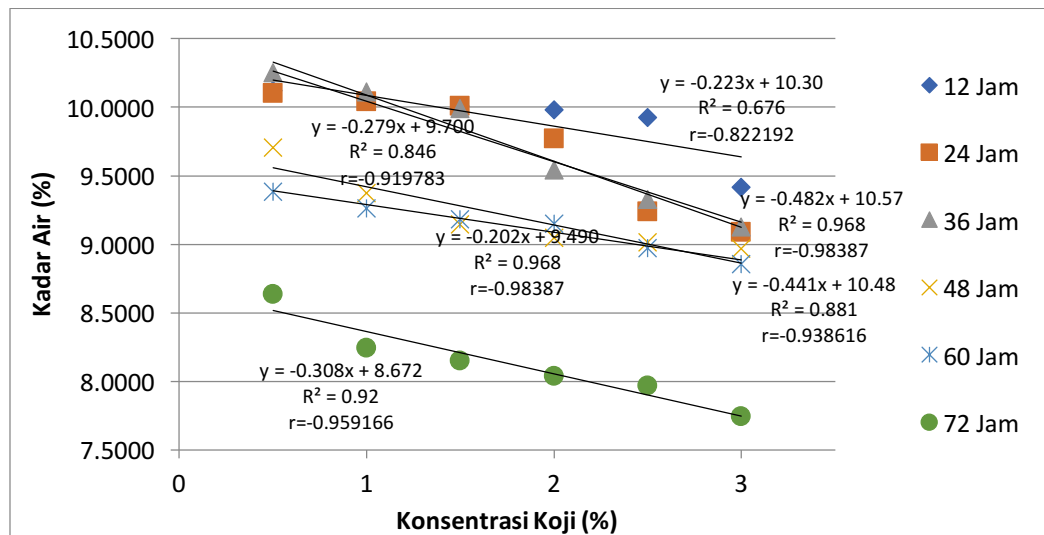
Tabel 15. Kadar Air Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

Waktu Fermentasi	Kadar Air Konsentrasi Koji (%)					
	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
12 Jam	10.1230	10.0441	10.0099	9.9857	9.9267	9.4162
24 Jam	10.1068	10.0441	10.0099	9.7755	9.2424	9.0909
36 Jam	10.2539	10.114	9.9934	9.5425	9.3276	9.1288
48 Jam	9.7097	9.3779	9.1484	9.0478	9.0154	8.9686
60 Jam	9.3841	9.2666	9.1837	9.1535	8.9768	8.8563
72 Jam	8.6368	8.2474	8.1524	8.042	7.9723	7.7444
Non Fermentasi	10.4426					

Hasil analisis korelasi antara waktu fermentasi dan konsentrasi koji terhadap penurunan kadar air tepung ubi jalar dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar



Gambar 10. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Air Tepung Ubi Jalar

Pada gambar 9, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar air tepung ubi jalar baik pada konsentrasi 3% menunjukkan penurunan kadar air yang paling rendah diantara konsentrasi penambahan koji lainnya. Hal yang sama juga terjadi pada konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% yaitu mengalami penurunan kadar air. Kemudian Nilai rata-rata korelasi yang diperoleh masing-masing konsentrasi untuk kadar air adalah mendekati -1, artinya hal ini menunjukkan adanya korelasi negatif yaitu adanya pengaruh perlakuan sehingga diperoleh hasil yang berlawanan.

Pada gambar 10, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi menghasilkan kadar air tepung ubi jalar yang semakin rendah. Nilai korelasi yang diperoleh dari masing-masing konsentrasi untuk kadar air adalah mendekati -1, artinya hal ini menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

Korelasi sempurna tak langsung tersebut dikarenakan kehilangan air pada tepung ubi jalar yang difermentasi merupakan hasil dari proses pengeringan yang dilakukan pada suhu 70°C. Tepung ubi jalar yang dihasilkan pada fermentasi 72 jam dengan konsentrasi koji yang ditambahkan 3% memberikan kadar air tepung ubi jalar yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Hal ini

dipengaruhi oleh waktu fermentasi, semakin lama waktu fermentasi mengakibatkan semakin banyak komponen-komponen ubi jalar yang terurai. Begitu pula dengan konsentrasi koji, semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan maka semakin banyak pula produksi enzim yang dihasilkan oleh *Bacillus subtilis* sehingga semakin banyak komponen-komponen yang terdapat didalam ubi jalar yang diuraikan selain menghasilkan produk utama juga menghasilkan produk samping yaitu berupa air. Keadaan ini mengakibatkan air yang dibebaskan dari metabolisme tersebut juga semakin banyak, sehingga pada saat dikeringkan air di dalam irisan ubi jalar banyak teruapkan.

Air yang diuapkan dalam peristiwa pengeringan adalah air bebas. Laju penguapan air bebas sebanding dengan perbedaan tekanan uap pada permukaan air dengan tekanan uap pada udara pengering. Bila konsentrasi air permukaan cukup besar sehingga permukaan bahan tetap basah maka akan terjadi laju penguapan yang tetap (Henderson and Pabis, 1976).

Menurut Hawa, dkk. (2009), proses penguapan airdari bahan meliputi lima tahap, yaitu (1) pelepasan ikatan air dari bahan, (2) difusi air dan uap air ke permukaan bahan, (3) perubahan fase menjadi uap air, (4) transfer uap air dari permukaan bahan ke udara sekitarnya dan (5) perpindahan uap air ke udara.

#### 4.3.2.2. Kadar Pati dan kadar amilosa Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar pati dan kadar amilosa tepung ubi jalar setelah fermentasi dapat dilihat pada tabel 16 dan tabel 17.

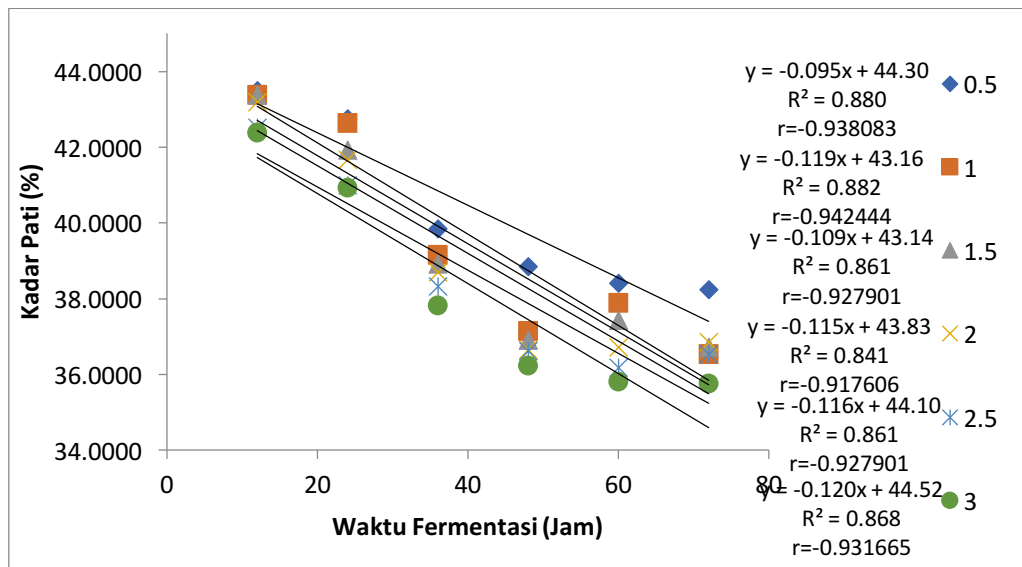
Tabel 16. Kadar Pati Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

Waktu Fermentasi	Kadar Pati Konsentrasi Koji (%)					
	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
12	43.5093	43.3937	43.3937	43.2024	42.5273	42.3802
24	42.759	42.6447	41.9346	41.6789	41.0037	40.931
36	39.8593	39.1667	38.9264	38.7038	38.3267	37.8242
48	38.8583	37.1488	36.9209	36.6571	36.6243	36.2427
60	38.4213	37.8904	37.4316	36.7228	36.1797	35.8221
72	38.2558	36.5366	36.7278	36.854	36.5366	35.7615
Non Fermentasi	45.3001					

Tabel 17. Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

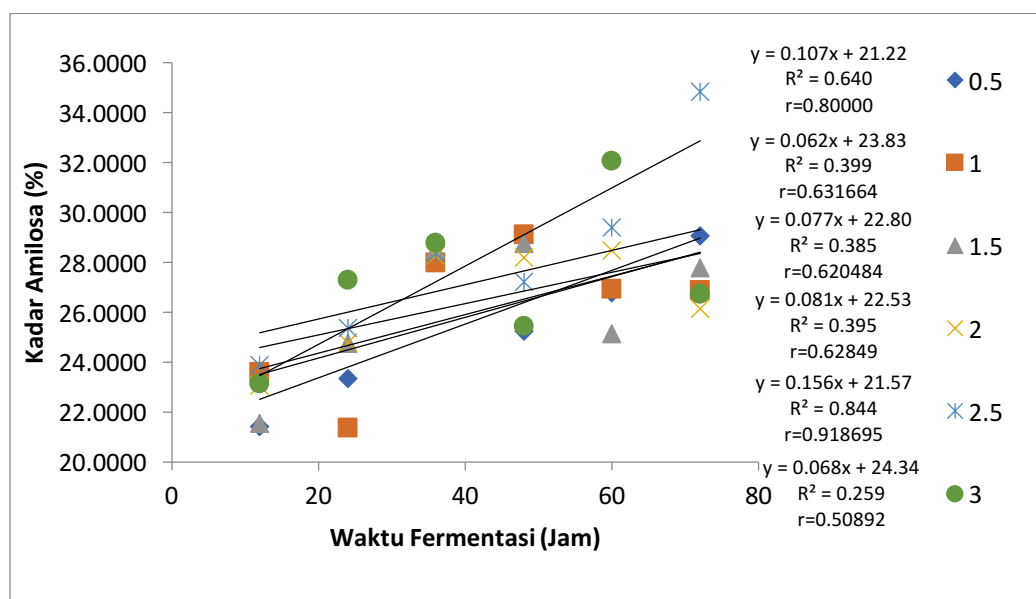
Kadar Amilosa (%)						
Waktu (Jam)	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
12	21.4000	23.5800	21.5200	23.0500	23.8600	23.1300
24	23.3300	21.3600	24.7500	24.7700	25.3500	27.2900
36	28.6600	27.9700	28.5000	28.2600	28.3400	28.7800
48	25.2300	29.1000	28.7400	28.1800	27.2100	25.4300
60	26.7600	26.9200	25.1100	28.4600	29.3900	32.0500
72	29.0600	26.8800	27.7700	26.1200	34.8300	26.7200
Non Fermentasi	20.2700					

Data pada Tabel 16 dan 17 menunjukkan rata-rata presentase kadar pati dan kadar amilosa pada tepung ubi jalar yang telah difermentasi dengan waktu fermentasi dan penambahan koji *Bacillus subtilis* pada konsentrasi yang berbeda mengalami penurunan kadar pati dan peningkatan kadar amilosa pada ubi jalar yang difermentasi. Hal ini dikarenakan pati yang terkandung dalam tepung terurai menjadi senyawa sederhana selama fermentasi berlangsung. Semakin banyak konsentrasi koji yang ditambahkan mengakibatkan sel dari bakteri *Bacillus subtilis* juga semakin meningkat, keadaan ini menyebabkan enzim yang dihasilkan semakin banyak untuk merombak komponen-komponen dalam ubi jalar menjadi senyawa yang lebih sederhana. Menurut Zubaidah, dkk. (2006), peningkatan jumlah amilosa dikarenakan akibat putusnya rantai cabang amilopektin pada ikatan  $\alpha$ -1,6 dan secara otomatis jumlah rantai cabang amilopektin berkurang dan meningkatnya jumlah rantai lurus amilosa sebagai hasil pemutusan ikatan cabang.



Gambar 11. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 11. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5 % dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada konsentrasi koji 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% semakin lama waktu fermentasi kadar pati pada tepung ubi jalar semakin rendah. Nilai korelasi mendekati 1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.



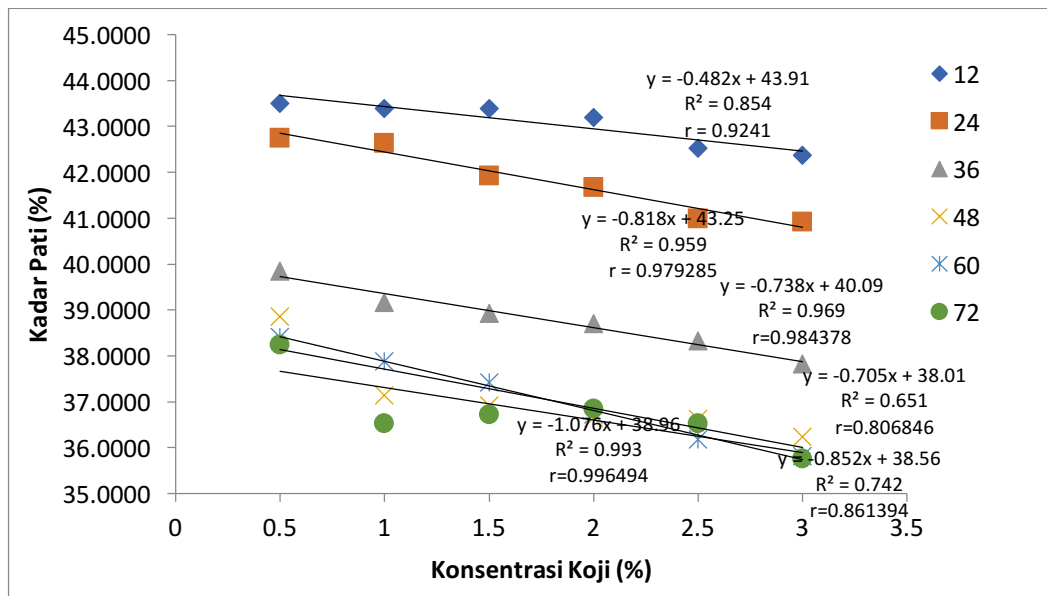
Gambar 12. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar



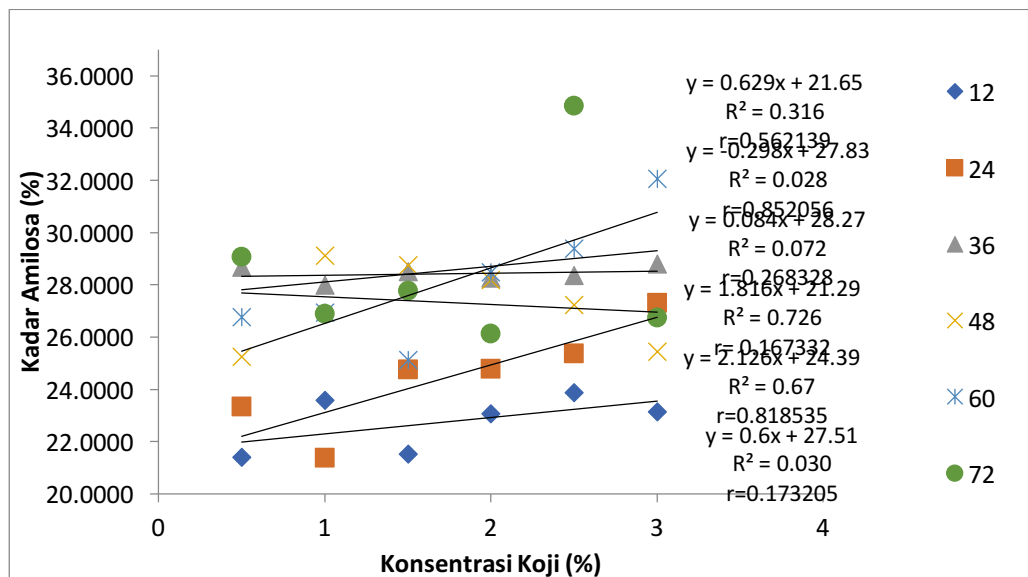
Pada Gambar 12. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 2,5% dan nilai korelasinya mendekati 1 artinya menunjukkan korelasi positif. Begitu pun pada konsentrasi 0,5% menunjukkan bahwa nilai korelasi mendekati 1 sehingga ada korelasi positif antara waktu fermentasi dengan peningkatan kadar amilosa. Namun pada konsentrasi 1%, 1,5%, 2%, dan 3 % menunjukkan korelasi positif rendah karena nilai regresi yang dimiliki menjauhi nilai 1. Jika dibandingkan konsentrasi 0,5% 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% maka konsentrasi 2,5% mendekati nilai sempurna atau yang paling berkorelasi diantara keenamnya.

Pada proses fermentasi yang dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi menunjukkan bahwa ada pengaruh peningkatan kadar amilosa pada tepung ubi jalar namun pengaruhnya tidak signifikan. Hal ini bisa disebabkan oleh kondisi lingkungan sebab proses yang dilaksanakan dengan bantuan mikroorganisme akan sulit diprediksi bahkan terkadang terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti perubahan suhu, kontaminan, ketersediaan nutrisi sehingga proses fermentasi tidak dapat terkontrol secara pasti. Seharusnya dengan meningkat waktu fermentasi, kadar pati semakin menurun seiring dengan meningkatnya kadar amilosa karena kemampuan enzim dalam mendegradasi pati meningkat dengan semakin bertambahnya waktu fermentasi. Kenaikan kadar amilosa karena saat fermentasi enzim yang dihasilkan berperan dalam pemutusan ikatan rantai cabang amilopektin, sehingga jumlah amilosa meningkat. Pendapat lain mengatakan, kadar pati mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya waktu fermentasi, karena kemampuan mikroba amilolitik dalam pemecahan pati semakin besar seiring dengan semakin lama waktu fermentasi. Penurunan kadar pati terjadi karena hidrolisis dari enzim amylase sehingga pati terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana, semakin lama fermentasi semakin banyak komponen-komponen yang terdapat didalam ubi jalar yang diuraikan (Zubaidah dkk,2006).

Hasil analisis konsentrasi koji *Bacillus subtilis* yang berbeda dengan waktu fermentasi yang sama terhadap perubahan kadar pati dan kadar amilosa tepung ubi jalar setelah fermentasi dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 13. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Pati Tepung Ubi Jalar



Gambar 14. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Amilosa Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 13. Terlihat bahwa terjadi hal yang sama dengan pengaruh waktu lama fermentasi dengan penambahan konsentrasi koji yang semakin besar terhadap kadar pati yaitu menunjukkan penurunan kadar pati tepung ubi jalar pada konsentrasi koji 0,5 % dan menunjukkan adanya korelasi negatif. Begitu juga pada konsentrasi koji 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% semakin lama waktu fermentasi

kadar pati pada tepung ubi jalar semakin rendah. Nilai korelasi mendekati 1 yang menunjukkan adanya korelasi sempurna tidak langsung.

Pada Gambar 14. Terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi koji menunjukkan peningkatan kadar amilosa tepung ubi jalar pada waktu fermentasi 24 jam dan 60 jam serta menunjukkan adanya korelasi positif. Pada waktu fermentasi 12 jam menunjukkan korelasi positif sedang yang artinya konsentrasi koji kurang berpengaruh terhadap peningkatan kadar amilosa. Namun pada waktu fermentasi 36 jam, 48 jam, dan 72 jam mendekati nilai 0 artinya konsentrasi hamper tidak berpengaruh terhadap peningkatan kadar amilosa.

Semakin tinggi konsentrasi koji, maka semakin banyak enzim yang dihasilkan oleh mikroba yang dapat merombak pati pada ubi jalar menjadi senyawa-senyawa sederhana sebagai energy untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Menurut Syuhada (2010), secara kimiawi perubahan selama fermentasi disebabkan oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba. Amylase merupakan enzim yang berfungsi pemecah pati. Menurut Ramos et al. (2000), bakteri asam laktat dapat menghasilkan enzim ekstraseluler untuk menghidrolisis pati menjadi dekstrin dan gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan untuk menghasilkan asam laktat, CO<sub>2</sub> dan etanol. Aktivitas enzim amilolitik tersebut menyebabkan granula pati menjadi berlubang-lubang karena terlebih dahulu menyerang bagian yang *amorf* (amilopektin) sehingga nisbah antara amilosa dan amilopektin meningkat dengan menurunnya proporsi amilopektin (Whistler 1984 *dalam* Rosida dan Nurasih 2008).

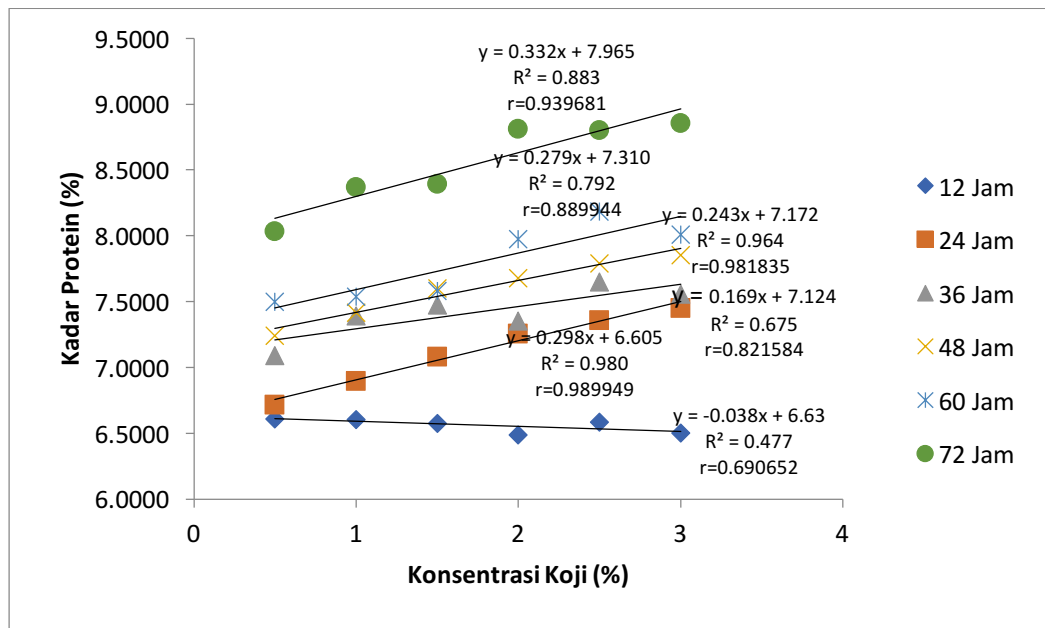
#### 4.3.2.3. Kadar Protein Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Hasil analisis kadar air tepung ubi jalar setelah difermentasi dapat dilihat pada Tabel 18.

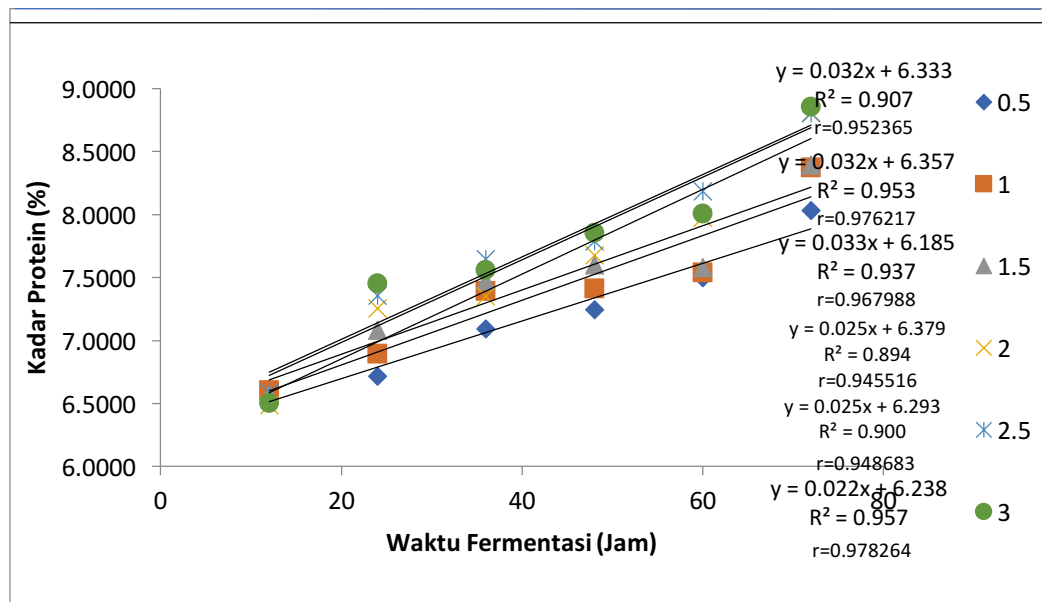
Tabel 18. Kadar Protein Tepung Ubi Jalar dengan Variasi Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Koji

Waktu Fermentasi	Kadar Protein Konsentrasi Koji (%)					
	Konsentrasi Koji (%)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
12 Jam	6.6118	6.6056	6.5745	6.4890	6.5869	6.5041
24 Jam	6.7171	6.8981	7.0841	7.2585	7.3571	7.4526
36 Jam	7.0939	7.395	7.4766	7.3536	7.6493	7.5602
48 Jam	7.2448	7.4158	7.6027	7.6782	7.792	7.8544
60 Jam	7.5008	7.5391	7.5814	7.9765	8.1864	8.0101
72 Jam	8.0364	8.3729	8.3963	8.812	8.8038	8.8574
Non Ferm.	2.0845					

Pada tabel 18 menunjukkan rata-rata presentase kadar protein tepung ubi jalar setelah difermentasi adalah semakin meningkat seiring dengan semakin lama waktu fermentasi dan semakin meningkatnya konsentrasi ubi jalar yang ditambahkan pada proses fermentasi. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi koji maka aktivitas enzim proteolitik dari *Bacillus subtilis* semakin meningkat untuk menguraikan protein menjadi asam-asam amino, sehingga nitrogen terlarutnya akan mengalami peningkatan (Medikasari, 2009).



Gambar 15. Regresi Linier Pengaruh Konsentrasi Koji Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar



Gambar 16. Regresi Linier Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Ubi Jalar

Pada Gambar 15 dan Gambar 16. Terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi koji yang ditambahkan pada proses fermentasi menunjukkan peningkatan kadar protein tepung ubi jalar mulai dari 12

Jam, 24 Jam, 36 Jam, 48 Jam, 60 Jam, hingga 72 Jam terlihat pada gambar 13. Semakin menaik dan condong ke kanan begitu juga yang terjadi pada penambahan konsentrasi 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2%, 2,5%, hingga 3% juga terus mengalami peningkatan kadar protein. Nilai regresi yang ditunjukkan oleh kedua perlakuan tersebutpun mendekati 1 yang artinya menunjukkan adanya korelasi positif antara waktu fermentasi dan peningkatan kadar amilosa terhadap kadar protein tepung ubi jalar.

Peningkatan kadar protein pada tepung ubi jalar ini dapat terjadi akibat dari aktifitas mikroorganisme yang terjadi pada proses fermentasi. Fermentasi dengan teknologi yang sesuai dapat menghasilkan produk protein. Protein mikro ini disebut *Single Cell Protein (SCP)* atau protein sel tunggal. Menurut Tannembaum (1971), protein sel tunggal adalah istilah yang digunakan untuk protein kasar atau murni yang berasal dari mikroorganisme, seperti bakteri, khamir, kapang, ganggang, dan protozoa.

Proses fermentasi dapat meningkatkan kandungan energy dan protein, menurunkan kadar sianida dan kandungan serat kasar, serta meningkatkan daya cerna bahan makanan berkualitas rendah. Mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi dapat menghasilkan enzim yang akan mendegradasi senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana dan mensintesis protein yang merupakan pengkayaan protein bahan (Darmawan, 2006).

#### 4.3.2.4. Konsistensi Gel Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Berdasarkan penelitian Cagampang (1973), konsistensi gel berkorelasi dengan viskositas balik pati pada beras. Beras yang mengandung amilosa tinggi (beras pera), nilai viskositas baliknya di atas 400 B.U memiliki konsistensi gel yang tinggi (27-35 mm), sedangkan beras yang memiliki tekstur nasi yang sedang memiliki nilai viskositas balik antara 0-400 B.U dan memiliki konsistensi gel menengah antara 36-49 mm. Sedangkan tekstur nasi yang lunak memiliki viskositas balik negatif dan konsistensi gel lebih dari 50 mm.

Tabel 19. Konsistensi Gel Tepung Ubi Jalar Fermentasi

No	Konsistensi Gel Dengan Variasi Waktu Fermentasi (mm)						
	Waktu Fermentasi	Konsentrasi Koji (%)					
		0,5	1	1,5	2	2,5	3
1	12 Jam	55,0	59,0	50,5	55,0	58,0	56,5
2	24 Jam	57,0	53,5	50,0	49,5	36,0	34,5
3	36 Jam	32,0	34,0	34,0	34,0	33,0	31,0
4	48 Jam	39,0	34,0	34,5	36,0	36,5	38,5
5	60 Jam	36,0	36,5	38,5	33,5	32,0	30,0
6	72 Jam	32,0	35,5	36,5	35,5	29,5	37,5
<b>Tanpa fermentasi</b>		55					

Hasil penelitian yang dapat dilihat pada tabel 19 menunjukkan selama fermentasi terjadi perubahan konsistensi gel tepung ubi jalar yang dihasilkan. Tepung ubi jalar yang tidak difermentasi memiliki nilai konsistensi gel yaitu 55 mm. Setelah difermentasi dengan konsentrasi koji dan waktu fermentasi yang bervariasi didapatkan hasil yang menunjukkan tekstur pati sedang. Peningkatan konsentrasi koji dan waktu fermentasi yang semakin lama menyebabkan nilai konsistensi gel meningkat (tekstur lunak).

#### 4.3.2.5. Sifat Amilografi Tepung Ubi Jalar Setelah Fermentasi

Sifat amilografi pati yang terkandung dalam tepung ubi jalar fermentasi diamati menggunakan alat *Rapid Visco Analyzer (RPA)*. Parameter yang diamati meliputi, waktu dan suhu ketika tercapainya gelatinisasi, waktu dan suhu beserta viskositas puncak, dan viskositas balik. Berdasarkan penelitian Ragae (2006), *pasting properties* dari setiap bahan akan berbeda dan dari data viskositas balik dapat diperkirakan kecocokan tepung dalam pembuatan produk mie/roti, bolu, biskuit atau *cookies*.

Menurut de Man (1980), viskositas berkaitan dengan gelatinisasi dan tingkat hidrasi. Viskositas yang tinggi menunjukkan sifat alir sistem yang rendah sebab air bebas dalam sistem berkurang. Berkurangnya air bebas dalam sistem karena terperangkap dalam granula yang membesar akibat proses gelatinisasi.

Dengan kata lain, tingginya viskositas tepung dalam air yang dipanaskan menunjukkan kebutuhan air untuk mencapai tingkat gelatinisasi yang dicapai.

Tabel 20. Hasil Analisis Amilografi Tepung Ubi Jalar Fermentasi

Kode	Gelatinisasi		Granular Pati Pecah			Viskositas (cP)	
	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	50°C (cP)	Balik (cP)
X <sub>1</sub> Y <sub>1</sub>	14	80.0	-	-	-	2255.0	3035.0
X <sub>2</sub> Y <sub>1</sub>	14	79.2	-	-	-	1190.0	1190.0
X <sub>3</sub> Y <sub>1</sub>	14	81.0	-	-	-	2680.0	2680.0
X <sub>4</sub> Y <sub>1</sub>	14	83.0	18.0	93.1	2080.0	720.0	720.0
X <sub>5</sub> Y <sub>1</sub>	15	83.0	-	-	-	1455.0	1455.0
X <sub>6</sub> Y <sub>1</sub>	14	82.2	-	-	-	2185.0	2185.0
X <sub>1</sub> Y <sub>2</sub>	14	81.6	19.0	94.0	2115.0	2670.0	590.0
X <sub>2</sub> Y <sub>2</sub>	14	78.7	-	-	-	3160.0	3160.0
X <sub>3</sub> Y <sub>2</sub>	14	81.2	19.0	93.6	2455.0	1745.0	1745.0
X <sub>4</sub> Y <sub>2</sub>	14	79.7	18.0	93.6	2010.0	2385.0	270.0
X <sub>5</sub> Y <sub>2</sub>	14	79.8	17.0	93.0	2530.0	1540.0	1540.0
X <sub>6</sub> Y <sub>2</sub>	14	79.3	16.0	86.4	4130.0	3120.0	665.0
X <sub>1</sub> Y <sub>3</sub>	13	78.4	-	-	-	2360.0	350.0
X <sub>2</sub> Y <sub>3</sub>	13	79.3	-	-	-	2883.0	353.0
X <sub>3</sub> Y <sub>3</sub>	14	79.6	-	-	-	4320.0	190.0
X <sub>4</sub> Y <sub>3</sub>	14	79.4	-	-	-	3025.0	3025.0
X <sub>5</sub> Y <sub>3</sub>	14	81.3	-	-	-	2870.0	2870.0
X <sub>6</sub> Y <sub>3</sub>	14	79.6	-	-	-	1995.0	1995.0
X <sub>1</sub> Y <sub>4</sub>	15	81.3	-	-	-	1170.0	1170.0
X <sub>2</sub> Y <sub>4</sub>	14	78.9	-	-	-	4730.0	4730.0
X <sub>3</sub> Y <sub>4</sub>	14	79.3	-	-	-	3460.0	3460.0
X <sub>4</sub> Y <sub>4</sub>	14	78.4	-	-	-	2790.0	2790.0
X <sub>5</sub> Y <sub>4</sub>	13	78.7	-	-	-	1910.0	1910.0
X <sub>6</sub> Y <sub>4</sub>	14	81.8	-	-	-	920.0	920.0
X <sub>1</sub> Y <sub>5</sub>	14	78.7	-	-	-	3205.0	3205.0
X <sub>2</sub> Y <sub>5</sub>	14	79.5	-	-	-	1810.0	1810.0
X <sub>3</sub> Y <sub>5</sub>	15	81.7	-	-	-	2115.0	2115.0
X <sub>4</sub> Y <sub>5</sub>	14	80.0	-	-	-	2565.0	2565.0
X <sub>5</sub> Y <sub>5</sub>	13	79.1	18.0	93.8	2370.0	2410.0	40.0
X <sub>6</sub> Y <sub>5</sub>	15	80.2	-	-	-	1160.0	1160.0
X <sub>1</sub> Y <sub>6</sub>	15	81.4	-	-	-	1800.0	1800.0
X <sub>2</sub> Y <sub>6</sub>	14	80.0	-	-	-	1445.0	1445.0
X <sub>3</sub> Y <sub>6</sub>	15	79.4	-	-	-	3045.0	3045.0
X <sub>4</sub> Y <sub>6</sub>	14	81.4	-	-	-	1845.0	1845.0
X <sub>5</sub> Y <sub>6</sub>	14	78.9	-	-	-	1930.0	1930.0
X <sub>6</sub> Y <sub>6</sub>	14	81.5	-	-	-	1880.0	1880.0
Non Fer.	14	82.5	17	93.0	55.0	155.0	100.0



Berdasarkan table 20, dapat dilihat bahwa viskositas balik untuk setiap perlakuan berbeda. Menurut Ragaee (2006), viskositas balik untuk tepung terigu protein tinggi adalah 842 cp, sedangkan viskositas balik untuk tepung terigu protein rendah adalah 1351 cp, sehingga perlakuan tepung ubi jalar fermentasi yang mendekati karakteristik tepung terigu protein tinggi adalah perlakuan tepung ubi jalar yang difermentasi dengan koji 3% selama 48 jam (X<sub>6</sub>Y<sub>4</sub>) dengan viskositas balik 920 cp. Jika dibandingkan dengan viskositas balik untuk tepung jalar yang tidak difermentasi dengan nilai 100 cp, maka terjadi peningkatan viskositas balik ketika ubi jalar difermentasi.

Viskositas puncak tepung ubi jalar setelah fermentasi (saat granula pecah) lebih tinggi dibanding dengan tepung ubi jalar setelah fermentasi, hal ini menunjukkan kemudahannya mengembang saat dipanaskan. Begitu pula dengan tepung ubi jalar yang difermentasi (perilaku sebelum, saat dan sesudah gelatinisasi) berbeda dengan tepung ubi jalar tanpa fermentasi yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Dalam penelitian Marcon *et al.*, (2009) pada pati ubi kayu asam, perubahan struktur pati dari  $\alpha$ -1,6 menjadi  $\alpha$ -1,4 glukosidik akibat hidrolisis parsial saat fermentasi menyebabkan granula pati menjadi lebih mudah menyerap air, mengembang dan pecah saat dipanaskan sehingga tidak memerlukan panas atau energi yang sama dengan tepung tanpa modifikasi untuk mengalami gelatinisasi.

Hasil analisis sifat amilografi ubi jalar yang difermentasi, suhu gelatinisasi awal tepung ubi jalar fermentasi dan saat granula pecah relatif lebih rendah dibandingkan dengan tepung ubi jalar tanpa fermentasi, demikian pula waktu gelatinisasinya lebih pendek.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Konsentrasi koji *Aspergillus oryzae* dan waktu fermentasi berkorelasi terhadap kadar air, kadar pati, kadar protein, kadar amilosa dan konsistensi gel tepung ubi jalar fermentasi.
2. Berdasarkan sifat amilografi tepung ubi jalar yang difermentasi oleh *Aspergillus oryzae* didapatkan bahwa perlakuan Fermentasi tepung ubi jalar yang menghasilkan karakteristik mendekati tepung terigu protein tinggi adalah tepung ubi jalar yang difermentasi dengan konsentrasi koji 3% dan lama fermentasi 48 jam (a<sub>6</sub>b<sub>4</sub>) dengan nilai kadar air 7,96%, kadar pati 40,57%, kadar amilosa 23,09%, kadar protein 8,26%, viskositas balik 980 cp dan konsistensi gel 59 mm.
3. Konsentrasi koji *Bacillus subtilis* dan waktu fermentasi berkorelasi terhadap kadar air, kadar pati, kadar protein, kadar amilosa dan konsistensi gel tepung ubi jalar fermentasi.
4. Berdasarkan sifat amilografi tepung ubi jalar yang difermentasi oleh *Bacillus subtilis* didapatkan bahwa perlakuan Fermentasi tepung ubi jalar yang menghasilkan karakteristik mendekati tepung terigu protein tinggi adalah tepung ubi jalar yang difermentasi dengan konsentrasi koji 3% dan lama fermentasi 48 jam (X<sub>6</sub>Y<sub>4</sub>) dengan nilai kadar air 8,97%, kadar pati 36,24%, kadar amilosa 25,43%, kadar protein 7,85%, viskositas balik 920 cp dan konsistensi gel 38,5 mm.

### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemilihan sampel terbaik untuk menentukan perlakuan pembuatan tepung yang tepat dalam pembuatan produk olahan pangan berbasis tepung ubi jalar.
2. Tepung ubi jalar fermentasi terpilih perlu dibuat produk olahan pangan, misalnya roti, mie, biscuit atau *cookies*.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC, (2010). **Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists**, Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C.
- Amaria, Isnawati, Rini, dan Tukiran. (2001). **Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* Dari Limbah Buah dan Sayur Sebagai Sumber Vitamin B**. *Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan*. 138-150.
- Anonimous, (2016). Impor Gandum Indonesia: Ancaman yang Belum Memasyarakat. Diakses 2016 : <http://www.kompasiana.com/kharisrama/impor-gandum-indonesia-ancaman-yang-belum-memasyarakat>.
- Anonimus, (2013). **Kajian Rantai Nilai Ubi Jalar dan Iklim Investasi Jayawijaya**. Program Pembangunan berbasis Masyarakat Fase II: Implementasi Institusionalisasi Pembangunan Mata Pencaharian yang Lestari untuk Masyarakat Papua” ILO – PCdP2 UNDP
- Anwar, F., B. Setiawan dan A. Sulaeman, (1993), **Studi Karakteristik Fisiko Kimia dan Fungsional Pati dan Tepung Ubi Jalar serta Pemanfaatannya dalam Rangka Diversifikasi Pangan**, PAU Pangan dan Gizi, IPB Bogor.
- Apriyantono, A., Fardiaz, D., Puspitasari N.L., (1989), **Analisis Pangan**, PAU Pangan dan Gizi, IPB Bogor.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Papua, (2010). **Kabupaten Jayawijaya Dalam Angka 2010**. Papua Dalam Angka 2012, 2011, 2010. Kabupaten Jayawijaya. Jayawijaya.
- Budijanto, (2004), **Rusnas Sebagai Akselerator Penganekaragaman Pangan Pokok**, Di dalam : Hariyadi P., Puspo EG., Editor, **Penganekaragaman Pangan Konsep, Realitas dan Aplikasi; Prosiding Seri Seminar Pemanfaatan Roadmap Penganekaragaman Pangan di Bogor, Malang, Yogyakarta, Padang, Makassar dan Pontianak**, Jakarta : PT. Indofood Sukses Makmur tbk, Bogasari Flour Mills, halaman 55.
- Budijanto, Slamet, (2008), **Tinggalkan Tepung Impor, Pilihlah Tepung Lokal**, <<http://www.beritaiptek.com/pilihberita.php?id=387>>, accessed 08/09/17.

- Brown, A., (2000), **Understanding Food Principles and Preparation**, Wadsworth, Belmont, California, Di dalam : Giantine, Nanda Mehuli, (2007), **Pemanfaatan Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas L.*) dan Pati Garut (*Marantha arundinacea L.*) Termodifikasi Untuk Produk Bubur Gel Instan dan Roti Manis**, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Caecilia Afra Widyastuti, (2000). **Pengetahuan Perempuan Tentang Ubi Jalar dan Kontribusinya Terhadap Kelestarian Keanekaragaman Ubi Jalar di Lembah Baliyem**. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Chisti, Y., (1999). **Fermentation (Industrial)**. Department of Chemical Engineering. University of Almeria. Spain.
- Damardjati, D.S., dan Harahap, (1983), **Penelitian dan Pengembangan Mutu Beras di Indonesia**, Di dalam : Padi : Masalah dan Penelitiannya, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Darmadjadi, D.S., (2003), **Penelitian dan Potensi Bahan serta Produk untuk Kesehatan dan Kebugaran**, Makalah Seminar, Keseimbangan Flora Usus bagi Kesehatan dan Kebugaran, Bogor.
- de Mann, J.M., (1997), **Kimia Makanan**, Penerjemah Kosasih Padmawinata, Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung.
- Daniel, A.R., 1978, **Bakery Materials and Methods**, Applied Science Publisher, London, Di dalam : Giantine, Nanda Mehuli, (2007), **Pemanfaatan Pati Ubi Jalar Putih (*Ipomoea batatas L.*) dan Pati Garut (*Marantha arundinacea L.*) Termodifikasi Untuk Produk Bubur Gel Instan dan Roti Manis**, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Dewan Standardisasi Nasional, (1995), **Roti**, SNI 01-3840-1995, Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan, Republik Indonesia.
- Dhania, S., (2005), **Eksplorasi Sifat Reologi dan Sifat Fungsional Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea batatas L.*)**, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Dian Kusumanto, 2009, “Apa itu Tepung Mocal” , [www.kebunsingkong.blogspot.com/2009/04/apa-itu-tepung-mocal.html](http://www.kebunsingkong.blogspot.com/2009/04/apa-itu-tepung-mocal.html).
- Fardiaz, S., (1992), **Mikrobiologi Pangan 1**, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- Gasperz V., (1995), **Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan**, Cetakan I, Penerbit Tarsito, Bandung.
- Goeddel, D.V. (1990). **Methods in Enzymology**. New York: Academic Press, Inc.
- Handawi P.S. Rachman, dkk. (2010). Kajian Keterkaitan Produksi, Perdagangan dan Konsumsi Ubi Jalar untuk Meningkatkan 30 % Partisipasi Konsumsi Mendukung Program Keanekaragaman Pangan dan Gizi.
- Hawa, L. C., Sumardi, H.S., dan Elpira, P. S., (2009), **Penentuan Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis Ikan Kembung (*Rastrelliger Sp.*)**, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Hendarson and S. Pabis., (1976), ***Grain Drying Theory Temperature Effect On Drying Coeficien, Jurnal Agricultur Engineering.***
- Jenie, B.S.L. dan W.P. Rahayu. (1993). **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Kasmidjo. (1991). **Bahan Ajaran Penanganan Limbah Pertanian, Perkebunan dan Industri Pangan**. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.
- Kuswardani, I dan A. I. Wijajaseputra. (1998). **Produksi Protein Sel Tunggal *Phanerochaete chrysosporium* Pada Media Limbah Cair Tahu yang Diperkaya: Kajian Optimasi Oaktu Panen**. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Gizi. 604-613.
- Medikasari, (2009), **Produksi Tepung Ubi Kayu Berprotein: Suatu kajian Awal Karakteristik Berdasarkan Lama Fermentasi dan Jumlah Inokulung dengan Menggunakan Ragi Tempe**, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung.
- Muchtar, (1989), **Farmasi Fisika : Bagian Larutan dan Sistem Disperi**, Gadjah Mada University Press, Jakarta.
- Muyassaroh AL Rizah dan Afriyani Dewi Anggita (2010). **Pembuatan Tepung Ketela Yang Dimodifikasi Dengan Proses Fermentasi Sebagai Substitusi Tepung Terigu**. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Nuraida, L., S. H. Sihombing, dan S. Fardiaz, (1996). **Produksi Karotenoid Pada Limbah Cair Tahu, Air Kelapa dan Onggok oleh Kapang *Neurospora sp.*** Buletin Teknologi dan Industri Pangan 7 (1): 67-74.
- Nurhayani H. Muhiddin, Nuryati Juli, dan I Nyoman P. Aryantha, (2001). **Peningkatan Kandungan Protein Kulit Umbi Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi.** JMS Vol. 6 No. 1, hal. 1 – 12.
- Ogunnaike, A. M ., Adepoju, P. A., Longe, A. O., Elemo, G. M and Oke, O. V., (2014). **Effect of Submerged and Anaerobic Fermentations on Cassava Flour (*Lafun*).** African Journal of Biotechnology. Vol. 4 (11). Pp. 961-970.
- Okoro Casmir Chukwuemeka, (2007). **Effect of Process Modification on The Physio-Chemical and Sensory Quality of Fufu-flour and Dough.** African Journal of Biotechnology, Vol. 6 (16), pp. 1949-1953.
- Ramos, C.H., T. Hoffman, M. Marino, H. Nedjari, E Presecan-Siedel, O. Dreesen, P. Glaser, and D. Jahn, (2000). **Fermentive Metabolism of *Bacillus subtilis*: Physiology and regulation of gene expression,** J of Bacteriol 182(11):3072-3080. Rina Yenrina, Fauzan Azima, Aan Saputra, (2015). **Chemical and Microbiological Properties of Mogaf (Modify Garut Flour) from Arrowroot Tuber (*Maranta Arundinaceae* L.) Fermented Spontaneously with Different Time.** American International Journal of Contemporary Research. Vol. 5, No. 2; April 2015.
- Rosida dan A.S. Nurasih, (2008), **Kajian Konsentrasi Bakteri Asam Laktat dan Lama Fermentasi Pada Pembuatan Tepung Pati Singkong Asam,** Agritech.
- Santoso, H.B. (2003). **Air Kelapa Limbah Penuh Khasiat.** <http://www.kompas.com/kesehatan/news/senior/gizi/0310/17/gizi.htm>.
- SO Umeh1 and FJC Odibo, (2010). **Production of High Protein and Low Cyanide Wet Fufu Mash Using Starter Cultures.** Department of Agricultural and Bioresources Engineering, NAU, Awka, Anambra, Nigeria and Department of Applied Microbiology and Brewing, NAU, Awka, Anambra, Nigeria. International Journal of Applied Sciences & Engineering.
- Stephanie dan Purwadaria, (2012). **Fermentasi Substrat Padat Kulit Singkong Sebagai Bahan Pakan Ternak Unggas.** Fakultas Teknobiologi, Prodi

Master Bioteknologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dan Balai Penelitian Ternak. Jakarta.

Tjokroadikoesoemo, P.S. (1986). **HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya**. Jakarta: Penerbit P. T. Gramedia.

Wibowo, D. (1990). **Bahan Ajaran Biokimia Proses Fermentasi**. Yogyakarta: PAU Pangan dan Gizi UGM.

Zubaidah, E dan Noviatul, I., (2006), **Pengaruh Penambahan Kultur (*Aspergillus niger*, *L. Plantanum*) dan Lama Fementasi Terhadap Karakteristik Mocaf**, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

## LAMPIRAN

### 1. LoA Seminar Nasional PATPI



**SEMINAR NASIONAL DAN PERINGATAN TAHUN EMAS  
PERHIMPUNAN AHLI TEKNOLOGI PANGAN INDONESIA**

**Bandar Lampung, 10-12 Oktober 2017**

Sekretariat: Gedung Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung  
Jl. Sunantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung, Phone/fax, 0721700682,  
[semnas.patpi2017@gmail.com](mailto:semnas.patpi2017@gmail.com)

Bandar Lampung, 31 Agustus 2017

Nomor : 050/17/B/SEMNAS-PATPI/VIII/2017  
Perihal : Penerimaan abstrak untuk dipresentasikan

Kepada Yth. Bapak/Ibu Hervelly dan Istiyati Inayah  
Di Universitas Pasundan Bandung

Dengan hormat,

Bersama ini kami beritahukan bahwa abstrak yang Bapak/Ibu kirim, dengan judul :

**“PENGUNAAN KOJI *Bacillus subtilis* DENGAN KONSENTRASI DAN WAKTU  
FERMENTASI YANG BERVARIASI TERHADAP KARAKTERISTIK TEPUNG UBI  
JALAR YANG DIHASILKAN”**

**diterima** untuk dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional dalam rangka Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) dan Perayaan Ulang Tahun PATPI yang ke-50 (Tahun Emas), yang akan diselenggarakan pada tanggal 10-11 Oktober 2017 di Bandar Lampung. Makalah lengkap kami terima paling lambat hari Kamis 28 September 2017.

Bagi Bapak/Ibu yang belum melakukan pelunasan biaya seminar, mohon segera melakukan pembayaran dengan transfer pada No. Rekening 0484752471, Bank BNI Cabang Universitas Lampung, atas nama Dyah Koesoemawardani. Bukti pembayaran dapat di kirim ke email panitia: [semnas.patpi2017@gmail.com](mailto:semnas.patpi2017@gmail.com).

Demikian surat ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

A.n. Ketua Panitia Pelaksana,  
Sekretaris,



Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.  
NIP. 196603141990031009





**SEMINAR NASIONAL DAN PERINGATAN TAHUN EMAS  
PERHIMPUNAN AHLI TEKNOLOGI PANGAN INDONESIA  
Bandar Lampung, 10-12 Oktober 2017**

Sekretariat: Gedung Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung  
Jl. Sumantri Brejonegoro No. 1, Bandar Lampung, Phone/fax, 0721700682,  
[semnas.patpi2017@gmail.com](mailto:semnas.patpi2017@gmail.com)

Bandar Lampung, 31 Agustus 2017

Nomor : 054/17/B/SEMNAS-PATPI/VIII/2017  
Perihal : Penerimaan abstrak untuk dipresentasikan

Kepada Yth. Bapak/Ibu Ira Endah Rohima  
Di Universitas Pasundan Bandung

Dengan hormat,

Bersama ini kami beritahukan bahwa abstrak yang Bapak/Ibu kirim, dengan judul :

**“KARAKTERISTIK TEPUNG UBI JALAR YANG DIHASILKAN SECARA  
FERMENTASI DENGAN WAKTU DAN KONSENTRASI KOJI *Aspergillus oryzae* YANG  
BERBEDA”**

**diterima** untuk dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional dalam rangka Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) dan Perayaan Ulang Tahun PATPI yang ke-50 (Tahun Emas), yang akan diselenggarakan pada tanggal 10-11 Oktober 2017 di Bandar Lampung. Makalah lengkap kami terima paling lambat hari Kamis 28 September 2017.

Bagi Bapak/Ibu yang belum melakukan pelunasan biaya seminar, mohon segera melakukan pembayaran dengan transfer pada No. Rekening 0484752471, Bank BNI Cabang Universitas Lampung, atas nama Dyah Koesoemawardani. Bukti pembayaran dapat di kirim ke email panitia: [semnas.patpi2017@gmail.com](mailto:semnas.patpi2017@gmail.com).

Demikian surat ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

A.n. Ketua Panitia Pelaksana,  
Sekretaris,

Ir. Ribut Sugiharto, M.Sc.  
NIP. 196603141990031009

