

# MODIFIKASI TEPUNG JAGUNG DENGAN FERMENTASI

ANDI SUKAINAH  
EVA JOHANNES  
JASRI JANGI  
RESKI PRAJA PUTRA  
RISKA ANGRANI  
HUSNUL HATIMA



CV. AGUSCORP

### Sanksi Pelanggaran Pasal 72

#### Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. *Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/ atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima milyar rupiah).*
2. *Barangsiapadengansengajamenyiarkan,memamerkan,mengedarkan, ataumenjualkepadaumumsuatuCiptaanataubaranghasil pelanggaranHakCiptaatauHakTerkaitsebagaimanadimaksudpada ayat(1)dipidanadenganpidanapenjarapalinglama5(lima)tahun dan/ ataudendapalingbanyakRp.500.000.000,00(limarusjuta rupiah).*

### **©Hak cipta pada pengarang**

---

Dilarang mengutip sebagian atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun tanpa seizin penerbit, kecuali untuk kepentingan penulisan artikel atau karangan ilmiah.

Judul Buku :MODIFIKASI TEPUNG JAGUNG  
DENGAN FERMENTASI  
Penulis :Andi Sukainah, dkk  
Cetakan  
Pertama :2017

---

Penerbit Agus (CV. AGUS CORP)  
Alamat: Jl. Malengkeri perumahan river side No. 46B Makassar  
No.Tel. 085241251887 email:penerbitaguscorp@gmail.com

---

**ISBN** :978-602-50488-0-7

---

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah yang diberikan sehingga Monogram yang berjudul “MODIFIKASI TEPUNG JAGUNG DENGAN FERMENTASI” sebagai salah satu *out put* dari Penelitian dapat disusun sebagai mana mestinya. Penulis menyadari bahwa di dalam isi Buku Ajar ini tentu saja masih ada bagian yang perlu mendapat koreksi. Sebagai penulis kami berharap adanya saran dan kritik yang konstruktif dari pihak pembaca, agar Monogram ini menjadi lebih sempurna.

Ucapan terimakasih penulis haturkan kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Makassar (UNM) selaku pembina seluruh dosen dan karyawan UNM.
2. Direktur penelitian dan pengabdian kepada masyarakat Dirjen Dikti Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dukungan dana yang disediakan untuk pembinaan dosen di perguruan tinggi dalam melakukan salah satu tri darma perguruan tinggi
3. Ketua dan Sekertaris Lembaga Penelitian UNM selaku penanggung jawab kegiatan penelitian di UNM.
4. Pemerintah Kabupaten Barru beserta jajarannya atas izin yang diberikan untuk melakukan penelitian.
5. Kepada semua pihak yang turut memberi andil dalam penulisan Buku Ajar ini, atas segala dorongan, baik material maupun spiritual. Semoga Buku Ajar ini bermanfaat adanya, Amin.

Makassar, Oktober 2017

**Tim Penulis**



# DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| Kata Pengantar  | iii       |
| Daftar Isi  | v         |
| <b>BAB I</b>  |           |
| <b>MODIFIKASI PATI</b>  | <b>1</b>  |
| Kelemahan Pati Alami  | 1         |
| Modifikasi Pati   | 2         |
| Modifikasi Pati Secara Fisik  | 4         |
| Modifikasi Pati Secara Kimia  | 5         |
| Modifikasi Pati Secara Enzimatis  | 7         |
| <b>BAB II</b>   |           |
| <b>MODIFIKASI TEPUNG JAGUNG SECARA FERMENTASI</b>                                 | <b>9</b>  |
| 1. Tepung Jagung  | 13        |
| 2. Modifikasi Pati  | 16        |
| 3. Bakteri Asam Laktat  | 18        |
| 4. Kapang   | 21        |
| 5. Kadar Air  | 22        |
| 6. Uji pH dan Total Asam Titrasi  | 23        |
| 7. Viskositas   | 23        |
| 8. Rheologi   | 23        |
| <b>BAB III</b>  |           |
| <b>MIKROORGANISME PADA FERMENTASI TEPUNG JAGUNG</b>                               | <b>25</b> |
| 5.2. Perubahan total asam dan pH  | 28        |
| 5.3. Jenis Mikroba yang teridentifikasi   | 30        |
| <b>BAB IV</b>   |           |
| <b>FERMENTASI TEPUNG JAGUNG OLEH BAKTERI ASAM LAKTAT <i>L. fabifermentans</i></b> | <b>37</b> |
| 1. Jumlah Mikroba   | 37        |
| 2. Total Asam   | 39        |
| 3. pH   | 43        |

|              |    |
|--------------|----|
| 4.Kadar Pati | 46 |
| 5.Kadar Air  | 49 |
| 6.Viskositas | 52 |
| 7.Reologi    | 55 |

## **BAB V**

### **FERMENTASI TEPUNG JAGUNG OLEH *Aspergillus Sp*** 61

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1.Jumlah Mikroba     | 61 |
| 2.Total Asam Titrasi | 67 |
| 3.Uji pH             | 70 |
| 4.Kadar Pati         | 72 |
| 5.Kadar Amilosa      | 75 |
| 6.Kadar Air          | 78 |
| 7.Viskositas         | 80 |

|                |    |
|----------------|----|
| Daftar Pustaka | 88 |
|----------------|----|

# BAB I

## MODIFIKASI PATI

Pati termasuk jenis karbohidrat yang merupakan polimer dari glukosa. Pati terdiri dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan gabungan dari glukosa melalui ikatan  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4), sehingga amilosa berupa rantai lurus. Berbeda dengan amilosa, ikatan pada amilopektin adalah ikatan  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) dan  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6), sehingga ada rantai cabang pada amilopektin. Umumnya rasio antara amilosa dan amilopektin pada pati adalah 1:3.

Amilosa dan amilopektin berada dalam suatu granula pati. Bentuk dan ukuran granula pati berbeda-beda. Hal ini tergantung dari jenis tanamannya. Misalnya granula pati beras memiliki ukuran kecil (3-8  $\mu\text{m}$ ) dan berbentuk polygonal. Granula pati jagung cenderung agak lebih besar ( $\pm 15 \mu\text{m}$ ) dan berbentuk bulat.

### Kelemahan Pati Alami

Pati alami (*native starch*) mempunyai beberapa kelemahan. Kelemahan-kelemahan tersebut dapat menjadi hambatan dalam penggunaan pati di Industri pangan.

#### 1. *Ketahanan terhadap panas rendah*

Di industri pangan, pengolahan produk umumnya menggunakan suhu tinggi. Contoh tahapan proses yang menggunakan suhu tinggi adalah pasteurisasi dan sterilisasi. Pati yang tidak tahan terhadap panas cenderung mengalami penurunan viskositas selama proses pengolahan, sehingga produk yang dihasilkan cenderung encer.

#### 2. *Ketahanan terhadap proses pengadukan rendah*

Pengadukan di perlukan selama proses pengolahan pangan agar ingredien yang digunakan tersebar secara homogen di dalam produk. Selain itu, proses pengadukan juga berfungsi untuk mendistribusikan panas, sehingga menghindari produk gosong. Pati alami cenderung tidak tahan terhadap proses pengadukan, hal ini berakibat penurunan viskositas selama proses.

### 3. *Ketahanan terhadap asam rendah*

Produk pangan umumnya mempunyai pH netral dan asam. Pati yang digunakan untuk produk asam harus tahan terhadap hidrolisis asam. Jika pati yang digunakan tidak tahan terhadap asam maka akan terjadi penurunan viskositas dari produk selama proses pengolahan dan penyimpanan. Pati alami cenderung mempunyai ketahanan terhadap asam yang rendah.

### 4. *Suhu gelatinisasi tinggi*

Pada saat pengolahan pangan yang berbasis pati. Pati dipanaskan bersama dengan ingredien lain sampai pati tersebut membentuk pasta. Pasta pati akan terbentuk jika suhu pemanasan melewati suhu gelatinisasi. Suhu gelatinisasi merupakan suhu yang diperlukan agar pati tersebut tergelatinisasi. Makin tinggi suhu gelatinisasi maka panas yang diperlukan akan semakin besar, sehingga energinya juga semakin besar. Produsen makanan cenderung menghendaki pati yang suhu gelatinisasi rendah, sehingga menekan biaya produksi. Pati alami cenderung mempunyai suhu gelatinisasi yang tinggi.

### 5. *Kecenderung sineresis selama penyimpanan tinggi*

Proses penyimpanan produk dapat dilakukan pada suhu ruang atau suhu dingin. Pemilihan metode penyimpanan sangat tergantung dari jenis produknya. Contoh produk yang disimpan pada suhu dingin adalah *ice cream*. Pati yang digunakan untuk produk yang disimpan pada suhu dingin harus tahan terhadap sineresis, sehingga tidak terjadi pemisahan air dari produk. Pati alami cenderung mengalami sineresis pada suhu rendah.

## **Modifikasi Pati**

Pati alami (*native starch*) mempunyai banyak kelemahan sehingga diperlukan modifikasi untuk memperbaiki atau meningkatkan sifat fisik dari pati tersebut. Modifikasi pati merupakan suatu upaya dalam mengubah sifat fisik dan kimia dari pati dengan menggunakan asam, oksidasi atau dengan membentuk ikatan silang.

Modifikasi pati, secara umum dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu modifikasi fisik, kimia dan enzimatis. Pemilihan metode modifikasi sangat tergantung dari jenis sifat fisik yang akan diperbaiki.



## 2. Meningkatkan daya tahan pati terhadap panas dan pengadukan

Pati yang tidak stabil terhadap proses pemanasan dan pengadukan ditandai penurunan viskositas yang tajam pada saat pemanasan dan *holding* pemanasan. Salah satu faktor yang menyebabkan turunnya viskositas adalah terputusnya ikatan hidrogen yang terdapat pada pati. Metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan kestabilan pati terhadap pemanasan dan pengadukan adalah dengan *highly cross linking*.

Metode *cross linking* dilakukan dengan membentuk ikatan silang yang menghubungkan satu molekul pati dengan molekul pati yang lain. Dengan adanya ikatan silang tersebut maka pati akan lebih stabil terhadap proses pemanasan dan pengadukan.

## 3. Meningkatkan daya tahan pati terhadap asam

Saos tomat merupakan contoh produk yang bersifat asam. Senyawa asam dalam air akan terurai menjadi  $H^+$  dan anion.  $H^+$  akan menyerang bagian amorphous dari granula pati sehingga terjadi hidrolisis dan dihasilkan amilosa rantai pendek. Terjadinya hidrolisis akan menyebabkan penurunan viskositas, sehingga produk menjadi encer. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan daya tahan pati terhadap asam adalah *medium cross linking*.

Adanya *cross linking* menyebabkan semakin banyak ikatan antar molekul pati. Ikatan yang terbentuk dari *cross linking* tersebut sulit diputus oleh  $H^+$ . Beberapa contoh senyawa yang dapat digunakan untuk membentuk *cross linking* adalah sodium tri metafosfat, sodium tri polifisfat dan fosforus oksiklorida.

## 4. Mengurangi sifat sineresis pada pati

Sineresis merupakan proses keluarnya air dari gel. Sineresis terjadi karena retrogradasi. Retrogradasi merupakan tahap terbentuknya ikatan hidrogen antara amilosa dengan amilosa, sehingga mengusir air yang ada di produk. Cara yang dapat ditempuh untuk mengurangi sineresis adalah dengan menghambat proses retrogradasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah substitusi.

Substitusi merupakan modifikasi dengan mensubstitusi beberapa gugus -OH pada molekul amilosa atau amilopektin dengan senyawa pensubstitusi. Senyawa-senyawa yang dapat digunakan adalah asetat, hidroksipropil, suksinat, oktenil suksinat dan fosfat. Adanya senyawa pensubstitusi pada amilosa, maka

akan menghalangi pembentukan ikatan hidrogen antar amilosa, sehingga retrogradasi tidak terjadi.

## **Modifikasi Pati Secara Fisik**

### **1. Modifikasi dengan Prigelatinisasi**

Prinsip dari pre gelatinisasi sendiri adalah pati digelatinisasi kemudian dikeringkan. Menghasilkan pati yang dapat terdispersi (larut) dalam air dingin. Biasanya digunakan untuk produk pangan yang instan, misalnya bubur instan, beras instan dll.

Pati prigelatinisasi dibuat dengan cara memasak pati di atas suhu gelatinisasinya dan mengeringkannya dengan cara menggiling lewat rol-rol yang dipanaskan. Pati prigelatinisasi ini jika terkena air maka akan larut dengan mudah tanpa memasaknya kembali. Pati prigelatinisasi telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri dimana fasilitas pemasakan tidak tersedia atau kelarutan yang cepat sangat diharapkan. Prigelatinisasi pati mempunyai sifat umum yaitu terdispersi dalam air dingin. Parameter pengeringan seperti rol dan gap antar rol dapat mempengaruhi sifat dan karakteristik dari pati yang diperoleh seperti, produk yang halus dan lembut memberikan viskositas yang tinggi dari dispersi tetapi cenderung menyerap air terlalu cepat menyebabkan produk menjadi lembek, hal ini dapat dicegah dengan pemberian hidrofobik agent pada partikel. Bentuk dan karakteristik densitas mempengaruhi karena terbentuknya lapisan yang tebal dan padat serta mempunyai tingkat absorpsi air yang rendah, viskositas pasta panas yang tinggi dan viskositas pasta dingin yang rendah.

Pregelatinisasi merupakan teknik modifikasi pati secara fisik yang paling sederhana yang dilakukan dengan cara memasak pati di dalam air sehingga tergelatinisasi sempurna, kemudian mengeringkan pasta pati yang dihasilkan dengan menggunakan *spray dryer* atau *drum dryer*. Karena sudah mengalami gelatinisasi, maka pati prigelatinisasi tidak lagi memiliki penampakan granula pati. Pati prigelatinisasi bersifat instan, dimana dapat larut dalam dalam air dingin (*cold water soluble*). Di samping itu, pati prigelatinisasi memiliki viskositas yang lebih rendah dibanding pati yang tidak dipregelatinisasi.

### **2. Modifikasi dengan Heat Moisture Treatment (HMT)**

Heat Moisture Treatment (HMT) didefinisikan sebagai metode modifikasi pati yang dilakukan secara fisik yang melibatkan perlakuan panas dan pengaturan kadar air.

Pemanasan yang dilakukan pada metode HMT di atas suhu gelatinisasi pati (80-120 °C), namun pada kadar air yang terbatas (<35%b/b) dengan waktu tertentu. Modifikasi HMT dapat merubah karakteristik pati karena selama modifikasi pati terbentuk kristal baru atau terjadi proses rekristalisasi dan penyempurnaan struktur kristalin pada granula pati.

Pati HMT dilaporkan menurunkan viskositas puncak, menurunkan viskositas breakdown, meningkatkan suhu pasting, meningkatkan suhu gelatinisasi dan menurunkan kapasitas pembengkakan granula pati. beberapa parameter lain seperti morfologi granula, tipe kristalit dan kristalinitas, kapasitas pemebengkakan, solubilitas dan tekstur dilaporkan dengan hasil berbeda.

### **Modifikasi Pati Secara Kimia**

Metode ini merupakan perlakuan dengan penambahan zat kimia. Hal ini berfungsi untuk mengubah sifat fungsional pati alami, misalnya reaksi dengan gugus hidroksi, derivatisasi (eter/ester, oksidasi, dan hidrolisis), Hal yang sering dilakukan adalah dengan cara pembentukan suspensi pati dalam air (30-45% b/v) kemudian diberi perlakuan dengan zat kimia pada suhu, kecepatan agitasi, pH tertentu, lalu melalui proses netralisasi, pencucian dengan air dan berakhir dengan proses pengeringan.

#### **1. Pengikatan silang**

Metode ini menghasilkan pati yang toleran terhadap suhu tinggi, pengadukan, dan asam serta kecenderungan retrogradasi yang rendah, perbaikan tekstur pasta, viskositas stabil, dan granula pati yang stabil terhadap pengembangan ketika dimasak. Pemberian zat kimia akan bereaksi dengan gugus hidroksil pada pati.

Pati ikatan silang diperoleh dengan cara mereaksikan pati dengan senyawa bi atau polifungsional yang dapat bereaksi dengan gugus -OH pada struktur amilosa atau amilopektin sehingga dapat membentuk ikatan silang atau jembatan yang menghubungkan satu molekul pati dengan molekul pati lainnya. Dengan adanya ikatan silang ini, ikatan hidrogen pada rantai pati akan lebih kuat. Di antara senyawa yang dapat membentuk ikatan silang dan diperbolehkan dalam makanan (*food grade*)

adalah senyawa polifosfat (seperti sodium tri metafosfat, fosforus oksiklorida dan sodium tri polifisfat) dan gliserol.

## 2. Substitusi

Metode substitusi ini bertujuan untuk mencegah retrogradasi, menurunkan suhu gelatinisasi, stabilisasi pati selama penyimpanan, pasta lebih jernih. Biasanya cocok untuk *refrigerated, frozen food*, dan sebagai penstabil. Akan tetapi, metode ini tidak sesuai untuk pangan dengan kadar protein yang tinggi. Metode yang biasa digunakan adalah dengan cara mensubstitusi gugus OH pati dengan gugus tertentu seperti asetat, oktenilsuksinat (OSA), fosfat, hidroksipropil

Hasil dari produk ini adalah suhu gelatinisasi lebih rendah, meningkatkan viskositas, menurunkan retrogradasi, pati dengan derajat substitusi tinggi sangat stabil pada pembekuan dan *thawing*, pasta yang dihasilkan lebih jernih, struktur dalam granula lebih longgar sehingga pemasakan lebih cepat.

## 3. Hidrolisis Asam

Tujuan dari hidrolisis asam pati ini adalah untuk menurunkan viskositas pasta pati sehingga dapat digunakan dengan konsentrasi pati lebih tinggi, kecenderungan retrogradasi lebih besar, rasio viskositas pasta pati dingin dari pasta pati panas lebih rendah, granula yang mengembang selama gelatinisasi dalam air panas lebih rendah, peningkatan stabilitas dalam air hangat di bawah suhu gelatinisasi dan bilangan alkali lebih tinggi. Aplikasi dari metode ini biasa digunakan pada produk permen dengan tekstur seperti jeli, *coating*.

Pati termodifikasi asam dibuat dengan menghidrolisis pati dengan asam di bawah suhu gelatinisasi, pada suhu sekitar 52°C. Reaksi dasar meliputi pemotongan ikatan  $\alpha$ -1,4-glukosidik dari amilosa dan  $\alpha$ -1,6-D-glukosidik dari amilopektin, sehingga ukuran molekul pati menjadi lebih rendah dan meningkatkan kecenderungan pasta untuk membentuk gel.

## 5. Oksidasi dan *Bleaching*

Metode lain yang sering digunakan adalah oksidasi dan *bleaching*. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan derajat putih, viskositas rendah, pasta jernih, stabil pada suhu rendah, sifat adesi yang baik. Aplikasi pada produk pangan akan menghasilkan tekstur renyah pada makanan yang digoreng,

*coating* berbagai produk makanan. *Bleaching agents*: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, amonium persulfat dll. *Oxidation agents*: klorin, Na-hipoklorit dll

## 5. Dekstrinasi

Metode ini disebut dengan metode dekstrinasi yaitu proses pembentukan desktrin. Metode ini akan menghasilkan dekstrin dengan viskositas rendah, *good film forming*, dan kelarutan tinggi. Proses pembuatannya adalah dengan cara pemanasan pati (penyangraian) yang telah diberi asam. Sifat dari modifikasi pati ini adalah: *film forming* dan mempunyai kelarutan dalam air yang tinggi. Aplikasi pati ini adalah untuk *fat replacer* dalam *bakery* dan *dairy products*, pengganti gum, coating.

### Modifikasi Pati Secara Enzimatis

Metode ini biasanya menggunakan enzim amilase. Modifikasi menggunakan enzim bisa melalui proses gelatinisasi terlebih dahulu atau tidak (untuk kondisi tertentu). Biasanya digunakan untuk maltodekstrin, sirup dan lain-lain. Selain dengan metode langsung menambahkan enzim amilase (enzimnya mahal), metode lain yang digunakan yaitu dengan menambahkan mikroba yang menghasilkan enzim yang diinginkan, Proses ini bisa lebih menghemat biaya karena lebih murah, misalnya menggunakan mikroorganisme khamir, kapang, dan bakteri.

Pati dapat dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil yaitu dengan memotong ikatan- ikatan glikosidiknya. Salah satu enzim yang dapat memotong ikatan tersebut adalah enzim  $\alpha$ -amilase. Enzim  $\alpha$ -amilase ( $\alpha$ -1,4 glukanhidrolase atau EC 3.2.1.1) terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, jaringan mikroba. Enzim  $\alpha$ -amilase murni dapat diperoleh dari berbagai sumber, misalnya dari *malt (barley)*, air berbagai sumber, misalnya dari air liur manusia dan pankreas. Enzi ini juga dapat juga diisolasi dari *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis* dan *B. licheformis*. Enzim  $\alpha$ -amilase adalah endoenzim yang kerjanya memutus ikatan  $\alpha$ -1,4 secara acak di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun pada amilopektin.



## BAB II

# MODIFIKASI TEPUNG JAGUNG SECARA FERMENTASI

Jagung menduduki urutan ketiga setelah gandum dan padi sebagai bahan makanan pokok di dunia, di Indonesia sendiri, jagung merupakan komoditi tanaman pangan kedua terpenting setelah padi, bahkan di beberapa daerah seperti Madura dan Gorontalo, jagung merupakan makanan pokok. Berdasarkan komposisi kimia dan kandungan nutrisi, jagung mempunyai prospek sebagai pangan dan bahan baku industri. Pemanfaatan jagung sebagai bahan baku industri akan memberi nilai tambah bagi usahatani komoditas tersebut. Penanganan dan pengolahan hasil pertanian memang penting untuk meningkatkan nilai tambah, terutama pada saat produksi melimpah dan harga produk rendah, juga untuk produk yang rusak atau bermutu rendah. Diversifikasi pangan olahan jagung menjadi tepung, kerupuk, susu, dan dodol jagung bertujuan untuk meningkatkan nilai tambah dari jagung, di samping mendorong tumbuhnya industri skala rumah tangga guna menyerap tenaga kerja keluarga dalam upaya meningkatkan kesejahteraan penduduk pedesaan dan petani jagung khususnya, sehingga pengembangan diversifikasi olahan jagung menjadi berbagai produk di atas ini diharapkan akan menambah deretan perbendaharaan hasil olahan jagung dan dapat meningkatkan konsumsi jagung untuk pangan.

Berdasarkan warnanya, jagung kering dibedakan menjadi jagung kuning (90% bijinya berwarna kuning), jagung putih (90% bijinya berwarna putih), dan jagung campuran yang tidak memenuhi syarat-syarat tersebut. Jika dibandingkan dengan jagung kuning, penggunaan jagung putih di Indonesia belum berkembang. Padahal, tanaman jagung putih berpotensi

dikembangkan di Indonesia karena lebih tahan terhadap kekeringan dan produktivitasnya lebih tinggi daripada jagung kuning. Keunggulan lain jagung putih adalah mempunyai nilai tambah \$22.1 /ha, lebih tinggi daripada jagung kuning, yaitu \$15.5 /ha. Penelitian tentang sifat-sifat tepung jagung putih sangat diperlukan karena penggunaannya di industri masih terbatas sehingga dengan mengetahui sifatnya akan bermanfaat dalam aplikasinya. Tepung jagung dipilih sebagai langkah awal diversifikasi pengolahan jagung putih karena (i) tepung lebih luas penggunaannya untuk berbagai macam bahan makanan, (ii) penyimpanan tepung lebih mudah dan umur simpannya lebih lama, dan (iii) jika diperlukan, defisiensi beberapa zat gizi dapat lebih mudah diatasi dengan melakukan fortifikasi atau suplementasi.

Tepung jagung merupakan butiran-butiran halus yang berasal dari jagung kering yang dihancurkan. Pengolahan jagung menjadi bentuk tepung lebih dianjurkan dibanding produk setengah jadi lainnya, karena tepung lebih tahan disimpan, mudah dicampur, dapat diperkaya dengan zat gizi (fortifikasi), dan lebih praktis serta mudah digunakan untuk proses pengolahan lanjutan. Jagung kuning maupun putih dapat diolah menjadi tepung jagung, perbedaan produk hanya terletak pada warna tepung yang dihasilkan. Selama proses pengolahan tepung jagung, cara-cara penanganan yang diterapkan oleh pekerja akan berdampak terhadap mutu jagung. Cara-cara yang kasar, tidak bersih dan higienis akan menyebabkan penurunan mutu dan tercemarnya jagung hasil olahan.

Jagung (*Zea mays L.*) sebenarnya merupakan tanaman purba yang berasal dari Amerika latin (Meksiko, Guatemala, dan Honduras). Tanaman jagung didomestikasi sekitar 8.000 tahun yang lampau oleh bangsa indian, merupakan keturunan jagung liar *teosinte* (*Zea mays* spp. *Parviglumis*). Melalui proses evolusi, adaptasi, migrasi, rekombinasi gen-gen dan kegiatan petani menanamnya sambil melakukan seleksi massa, akhirnya menjadi tanaman jagung yang sekarang. Di Indonesia jagung berasal dari Negara-negara Asia, diperkirakan intro produksi pada abad ke-12. Varietas dan strain lokal yang bersifat spesifik terdapat disentra-sentra produksi jagung. Di Indonesia, jagung menjadi komoditas pangan andalan kedua setela padi (Yasin *et al*, 2015).





Gambar 2.1 Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays*) termasuk dalam genus *Zea* (famili Gramineae). Berikut ini merupakan klasifikasi dari jagung menurut Indriyani (2013).

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| Kingdom    | : Plantae (Tumbuh-tumbuhan)        |
| Divisi     | : Spermatophyta (tumbuhan berbiji) |
| Sub Divisi | : Angiospermae (berbiji tertutup)  |
| Kelas      | : Monocotyledone (berkeping satu)  |
| Ordo       | : Graminae (rumput-rumputan)       |
| Famili     | : Gramineae                        |
| Genus      | : <i>Zea</i>                       |
| Species    | : <i>Zea Mays L.</i>               |

Tanaman jagung dapat dibudidayakan didataran rendah maupun dataran tinggi, padalahan sawah. Suhu optimal antara 21-34 °C, pH. Tanah antara 5,6-7,5 dengan ketinggian antara 1000-1800 m dpl. Dengan ketinggian optimum antara 50-600 m dpl. Tanaman jagung membutuhkan air sekitar 100-140 mm/bulan. Oleh karena itu waktu penanaman harus memperhatikan curah hujan penyebarannya. Penanaman dimulai bila curah hujan sudah mencapai 100 mm/bulan. Untuk mengetahui ini perlu dilakukan pengamatan curah hujan dan pola distribusinya selama 10 tahun ke belakang agar waktu tanam dapat ditentukan dengan baik dan tepat (Balai Pengkajian Teknologi NAD, 2009).

Berdasarkan bentuk biji dan kandungan endospermnya, jagung dikelompokkan menjadi tujuh jenis. Jenis atau tipe jagung di Amerika Serikat adalah: (1) Jagung gigi kuda (*Zea mays indentata*), (2) Jagung mutiara (*Zea mays indurata*), (3) Jagung bertepung (*Zea mays amylacia*), (4) jagung brondong (*Zea mays everta*), (5) Jagung manis (*Zea mays sachrata*), (6) Jagung

berlilin (*Zea mays ceratina*) dan (7) Jagung polong (*Zea mays aunicula*). Jagung (*Zea mays L.*) merupakan tanaman yang berasal dari daratan Amerika kemudian menyebar ke daerah subtropik dan tropik termasuk Indonesia. Jagung merupakan tanaman berumah satu (*monoecioes*) dan termasuk famili rumput-rumputan (*Gramineae*) (Koswara, 2009).

Menurut Sukainah, dkk (2016) Jagung Bisi-18 adalah turunan dari jagung hibrida Bisi-2 dan memiliki karakteristik fisikokimia yang menyerupai jagung hibrida Bisi-2. Jagung Hibrida Bisi 2 merupakan tanaman semusim (*annual*). Satu siklus hidupnya diselesaikan dengan 120 hari setelah tanam (HST). Paruh pertama siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi berkisar antara 1-3 meter. Tinggi tanaman bisa diukur dari permukaan tanah hingga teratas sebelum bunga jantan. Pada umumnya tanaman Jagung Hibrida Bisi 2 tidak memiliki kemampuan untuk membentuk anakan. Batang beruas-ruas, ruas terbungkus pelepah daun yang muncul dari buku. Batang jagung cukup kokoh namun tidak banyak mengandung lignin (Purwono dan Hartono, 2007).

Jagung merupakan sumber karbohidrat yang sangat penting setelah padi dan gandum, digunakan sebagai bahan pokok, pakan, bioetanol bahan baku industri. Kandungan karbohidrat jagung 73-75% lebih tinggi dibandingkan dengan gandum dan millet yang hanya 64% dan beras 76,2%. Dalam endosperm biji jagung terdapat kalsium, besi, fosfor, natrium dan kalium. Menurut Yasin, *et al* (2007) melaporkan bahwa biji jagung yang telah masak fisiologis terdiri atas perikarp 6%, endosperm 82% dan embrio/lembaga 12%. Komposisi gizi ini menjadi penting bagi penderita diabetes dan merupakan bahan makanan alternative utama (Yasin *et al*, 2015).

Tabel 2.1 Komposisi kimia dan gizi jagung dalam 100 g

| Zat Kimia dan Gizi | Jenis Jagung  |              |             |
|--------------------|---------------|--------------|-------------|
|                    | Jagung Kuning | Jagung Putih | Jagung Muda |
| Kalori (kal)       | 355           | 355          | 33          |
| Protein (g)        | 9.2           | 9.2          | 9.2         |
| Lemak (g)          | 73.7          | 73.7         | 7.4         |
| Karbohidrat (g)    | 73.7          | 73.7         | 7.4         |
| Kalsium (g)        | 10            | 10           | 7           |
| Fosfor (mg)        | 256           | 256          | 100         |
| Besi (mg)          | 2.4           | 2.4          | 0.5         |
| Vitamin A (SI)     | 510.0         | -            | 200         |
| Vitamin B1 (mg)    | 0.38          | 0.38         | 0.08        |
| Vitamin C (mg)     | -             | -            | 0.08        |
| Air (%)            | 12            | 12           | 89.5        |

Sumber : Daftar komposisi bahan makanan, Departemen Kesehatan RI (1996)

## 9. Tepung Jagung

Jagung dapat diolah menjadi berbagai macam jenis olahan pangan, baik dengan maupun tanpa proses penepungan. Sebagian masyarakat pedesaan telah mengenal dan menggunakan tepung jagung dalam pembuatan berbagai produk makanan. Tepung jagung adalah tepung yang berasal dari hasil penggilingan kasar biji jagung kering membentuk berasan, setelah kulit dan lembaga dipisahkan berasan jagung kemudian digiling halus sehingga berukuran 80 mesh (Deptan

RI, 2007). Bahan baku tepung jagung adalah jagung pipilan kering (*Zea mays* spp. *Mays*) tanpa tambahan bahan lain. Tepung jagung yang dihasilkan dari penggilingan berwarna kuning, hal ini karena adanya karoten yang terkandung dalam biji jagung. Kandungan karoten total pada jagung sekitar 641 mg/100g (Koswara, 2009).

Tepung jagung memiliki kandungan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan tepung terigu, tetapi memiliki kandungan serat yang lebih tinggi. Rendahnya lemak pada tepung jagung dapat membuat tepung jagung menjadi lebih awet karena tidak mudah tengik akibat oksidasi lemak. Namun tingginya serat pada jagung menyebabkan tepung jagung memiliki tekstur yang lebih kasar dibandingkan dengan tepung terigu. Untuk memperoleh tepung sehalus terigu maka dibutuhkan pengayakan dengan mesh yang lebih besar namun rendemen yang dihasilkan akan semakin berkurang (Koswara, 2009). Komposisi kimia tepung jagung disajikan pada tabel berikut :

**Tabel 2.2**  
**Komposisi Kimia Tepung Jagung Dan**  
**Terigu Per 100 Gram (%)**

| Komponen                         | Tepung Jagung | Tepung Terigu |
|----------------------------------|---------------|---------------|
| Air                              | 10.9          | 12            |
| Abu                              | 0.4           | 0.5           |
| Protein                          | 5.8           | 8.9           |
| Lemak                            | 0.9           | 1.3           |
| Karbohidrat <i>by difference</i> | 82.0          | 77.3          |
| Pati                             | 68.2          | -             |
| Serat Makanan                    | 7.8           | -             |
| Jumlah                           | 100%          | 100 %         |

Sumber : Koswara (2009).

Menurut SNI 01-3727-1995, tepung jagung adalah tepung yang diperoleh dengan cara menggiling biji jagung (*Zea mays. L*) yang bersih dan baik. Syarat mutu jagung meliputi keadaan bau, ras warna, cemaran, benda asing, kehalusan, kadar air, abu, serat kasar, derajat asam, kandungan logam dan mikroba. Berikut syarat mutu jagung menurut SNI 01-3727-1995.

**Tabel 2.3**  
**Syarat Mutu Tepung Jagung**  
**Berdasarkan SNI 01-3727-1995**

| Kriteria Uji                                     | Satuan | Persyaratan     |
|--|--------|-----------------|
| Keadaan  |        |                 |
| ▪ Bau  | -      | Normal          |
| ▪ Rasa   | -      | Normal          |
| ▪ Warna  | -      | Normal          |
| Benda-benda asing                                | -      | Normal          |
| Serangga dalam bentuk stadia dan potong-potongan | -      | Tidak boleh ada |
| Jenis pati selain pati jagung                    | -      | Tidak boleh ada |
| Kehalusan  |        |                 |
| ▪ Lolos ayakan 80 mesh                           |        |                 |
| ▪ Lolos ayakan 60 mesh                           | %      | Min. 70         |
| Air  | %      | Min. 99         |
| Abu  | %b/b   | Maks. 10        |
| Silikat  | %b/b   | Maks. 1.5       |
| Serat kasar                                      | %b/b   | Maks. 0.1       |

|                     |                 |                       |
|---------------------|-----------------|-----------------------|
| Derajat asam        | %b/b            | Maks. 1.5             |
| Cemaran logam       | MI N NaOH/100 g | Maks. 4.0             |
| Timbal (Pb)         |                 |                       |
| Tembaga (Cu)        |                 | Maks. 1.0             |
| Seng (Zn)           | mg/kg           | Maks. 10.0            |
| Raksa (Hg)          | mg/kg           | Maks. 40.0            |
| Cemaran Arsen (As)  | mg/kg           | Maks. 0.05            |
| Cemaran mikroba     | mg/kg           | Maks. 0.5             |
| Angka lempeng total | Koloni/g        | Maks. $5 \times 10^6$ |
| <i>E.coli</i>       | APM/G           | Maks. 10              |
| Kapang              | Koloni/g        | Maks. $10^4$          |

Sumber : SNI 01-3727-1995.

Tepung jagung dapat diolah menjadi berbagai makanan atau mensubstitusi sebagian terigu pada produk pangan berbahan dasar terigu. Tepung jagung bersifat fleksibel karena dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai produk pangan. Juga relatif mudah diterima masyarakat karena tepung jagung telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai produk pangan, seperti halnya tepung beras dan terigu.

## 10. Modifikasi Pati

Pati atau amilum adalah salah satu bahan penyusun yang paling banyak dan luas terdapat di alam, yang merupakan karbohidrat cadangan pangan pada tanaman. Pati atau amilum merupakan karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau. Sebagian besar pati disimpan dalam umbi (ubi kayu, ubi jalar, kentang, dll), biji (jagung, padi, gandum), batang (sagu) dan buah. Disamping itu

pati merupakan zat gizi penting dalam kehidupan sehari-hari, dimana dalam tubuh manusia kebutuhan energi hampir 80 % dipenuhi dari karbohidrat. Pati dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu pati alami yang belum mengalami modifikasi (*Native Starch*) dan pati yang telah termodifikasi (*Modified Starch*). Pati alami diperoleh dari pemisahan sari pati yang terdapat pada tanaman baik yang dari umbi, biji maupun batang. Dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula (Zulaidah, 2015). Pati alami jika dimasak pati membutuhkan waktu yang lama (hingga butuh energi tinggi), juga pasta yang terbentuk keras dan tidak bening. Disamping itu sifatnya terlalu lengket dan tidak tahan perlakuan dengan asam. Kendala-kendala tersebut menyebabkan pati alami terbatas penggunaannya dalam industri (Koswara, 2009).

Dilain pihak, industri pengguna pati menginginkan pati yang mempunyai kekentalan yang stabil baik pada suhu tinggi maupun rendah, mempunyai ketahanan yang baik terhadap perlakuan mekanis, dan daya pengentalannya tahan pada kondisi asam dan suhu tinggi. Sifat-sifat penting yang diinginkan dari pati termodifikasi (yang tidak dimiliki oleh pati alami) di antaranya adalah:

1. Kecerahannya lebih tinggi (pati lebih putih),
2. Retrogradasi yang rendah, kekentalannya lebih rendah,
3. Gel yang terbentuk lebih jernih serta tekstur gel yang dibentuk lebih lembek,
4. Kekuatan regang yang rendah,
5. Granula pati lebih mudah pecah,
6. Waktu dan suhu gelatinisasi yang lebih tinggi, serta
7. Waktu dan suhu granula pati untuk pecah lebih rendah.

Masalah utama yang dihadapi pada komoditas jagung terletak pada kandungan asam amino serta gula sebagai sumber energi yang masih rendah. Berdasarkan hal itu, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kandungan asam aminonya adalah melalui proses fermentasi tepung jagung dengan menggunakan mikroba (kapang) tertentu, karena aktifitas kapang selama fermentasi mampu menghasilkan enzim ekstraseluler alfa amilase dan enzim protease yang diharapkan bisa menghidrolisis pati menjadi gula fruktosa dan mensubstitusi kekurangan akan asam amino pada tepung jagung, dan berpengaruh pada kualitas produk akhir baik dari segi rasa

maupun gizi. Hasil fermentasi juga sangat tergantung pada tepung jagung sebagai bahan dasar (substrat), macam mikroba atau inokulum, dan kondisi lingkungan yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroba tersebut.

Proses fermentasi menyebabkan perubahan pada tepung jagung yang dihasilkan. Fermentasi menyebabkan terjadinya perubahan kandungan nutrisi pada jagung (karbohidrat, protein, lemak, serat pangan, vitamin, dan mineral). Selain itu, proses fermentasi juga menyebabkan perubahan kandungan antinutrisi jagung, yaitu menurunkan kadar asam pitat, inhibitor tripsin, dan inhibitor alfa amylase. Proses fermentasi juga menyebabkan terjadinya reduksi mikotoksin, khususnya aflatoksin, sitrinin, asam siklopiazonik, fumonisin, dan zearalenon.

Modifikasi yang dimaksudkan sebagai perubahan struktur molekul dari yang dapat dilakukan secara kimia, fisik maupun enzimatik. Pati termodifikasi banyak digunakan dalam pembuatan *salad cream*, *mayonaise*, saus kental, jeli marmable, produk-produk konfeksioneri (permen, coklat dan lain-lain), *breaded food*, *lemon curd*, pengganti gum arab dan lain-lain (Kusworo, 2006).

Modifikasi enzimatik dilakukan menggunakan enzim alfa-amilase. Hal-hal yang mempengaruhi hidrolisa enzim antara lain konsentrasi asam, temperatur, dan waktu pemasakan. Hidrolisis disini adalah dengan memecah rantai pada pati baik amilosa maupun amilopektin. Enzim yang memecah yaitu  $\alpha$  - amilase. terdapat pada tanaman, jaringan mamalia, jaringan mikroba. Laju hidrolisis akan meningkat bila tingkat polimerisasi menurun, dan laju hidrolisis akan lebih cepat pada rantai lurus. Hidrolisis amilosa lebih cepat dibanding hidrolisis terhadap amilopektin (Niba *et al*, 2002).

Cara kerja enzim  $\alpha$  - amilase terjadi melalui dua tahap, yaitu : pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan amiltrotiosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas yang cepat pula. Kedua, relatif sangat lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir dan caranya tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim  $\alpha$ -amilase pada molekul amilosa (Koswara, 2006).

## **11. Bakteri Asam Laktat**

Bakteri asam laktat (BAL) adalah kelompok bakteri gram positif yang tidak membentuk spora dan dapat



memfermentasikan karbohidrat untuk menghasilkan asam laktat. Efek bakterisidal dari asam laktat berkaitan dengan penurunan pH lingkungan menjadi 3 sampai 4,5 sehingga pertumbuhan bakteri lain termasuk bakteri pembusuk akan terhambat (Puspitojati, 2014). Beberapa ciri yang dimiliki oleh BAL adalah tergolong dalam Gram positif, tidak membentuk spora, berbentuk *coccus* atau *basil* dan pada umumnya katalase negative (Nudyanto dan zubaidah, 2015). Contoh produk makanan yang dibuat menggunakan bantuan BAL adalah yogurt, keju, mentega, *sourcream* (susu asam), dan produk fermentasi lainnya. Dalam pengolahan makanan, BAL dapat melindungi dari pencemaran bakteri patogen, meningkatkan nutrisi, dan berpotensi memberikan dampak positif bagi kesehatan manusia.

Bakteri asam laktat adalah kelompok bakteri yang mampu mengubah karbohidrat (glukosa) menjadi asam laktat dengan cara memfermentasi karbohidrat. BAL yang memiliki kemampuan memanfaatkan pati sebagai substrat dikenal sebagai BAL penghasil amilase. Enzim alfa amilase adalah enzim yang menghidrolisis ikatan linear  $\alpha$ -1,4 glikosidik pada amilosa secara acak sehingga menghasilkan campuran dekstrin, maltosa, dan glukosa. Mikroba yang tumbuh menghasilkan enzim-enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel, sehingga terjadi pembebasan granula pati. Hal ini yang akan menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan (Hidayati dalam Darti, *et al.*, 2013). Beberapa BAL yang sering digunakan dalam pengolahan pangan adalah *Aerococcus*, *Bifidobacterium*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, dan *Vagococcus*, menurut Alariya *et al* (2013) mampu menghasilkan enzim amilase untuk mendegradasi pati. (Setiarto dan Widhyastuti. 2016).

*Lactobacillus* sp merupakan salah satu genus dari bakteri asam laktat yang termaksud dalam kelompok gram-positif yang menghasilkan asam laktat sebagai produk utama pada akhir fermentasi. *Lactobacillus* sp sering terlibat dalam makanan fermentasi. *Lactobacillus fabifermentans* salah satu BAL yang diusulkan sebagai spesies baru dan dikaitkan dengan spontan fermentasi biji kakao. Beberapa strain spesies ini (termasuk *L. fabifermentans* T30PCM01) diisolasi di timur laut Italia dari anggur marc dikumpulkan setelah periode penyimpanan lama untuk memungkinkan fermentasi alkohol spontan. Kemampuan *L. Fabifermentans* tumbuh dalam fermentasi oleh produk yang

ditandai dengan kondisi lingkungan yang ekstrim (Treu *et al*, 2014).

*Lactobacillus fabifermentans* merupakan Sel Gram-positif, katalase-negatif, fakultatif anaerobik dan sel-sel yang non-motil. Sel berbentuk batang panjang (lebar 1.0-3.0  $\mu$ m dan panjang 10,0  $\mu$ m) yang muncul sendiri-sendiri atau berpasangan di dalam rantai pendek. Koloni yang putih keabuan, buram, halus dan melingkar dengan ketinggian cembung dan seluruh margin (diameter kira-kira. 1.0 mm). Pertumbuhan diamati pada suhu dari 10 °C (dari hari 8 dari inkubasi) hingga 37 °C (pertumbuhan cepat dari hari 1 dari inkubasi). Pada 37 °C, pertumbuhan diamati pada MRS broth (pH 3.9). Pertumbuhan terjadi di MRS broth dilengkapi dengan 6% NaCl. MRS broth adalah jenis media selektif yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri *Lactobacillus*. Media selektif adalah media yang dapat digunakan untuk mengisolasi mikroorganisme dari alam baik dengan isolasi langsung maupun dengan kultur pengayaan. Medium yang digunakan untuk menghitung total mikroorganisme pembentuk asam di dalam bahan pangan mengandung indikator, dimana pembentukan asam oleh koloni mikroorganisme akan mengubah pH medium disekitarnya sehingga akan terjadi perubahan warna (Danial, 2006).

*Lactobacillus fabifermentans* menghasilkan laktat Asam hanya sebagai metabolit dari glukosa. Rasio produksi D- dan isomer asam L-laktat adalah 80: 20. Tidak ada gas produksi diamati. Arginin deaminasi. Asam dihasilkan dari L-arabinosa, ribosa, D-xylose, galaktosa, glukosa, fruktosa, manosa, manitol, N-asetilglukosamin, amygdalin, arbutin, Aesculin, salisin, selobiosa, maltosa, sukrosa, trehalosa dan gentiobiose. Asam tidak diproduksi dari gliserol, eritritol, D-arabinosa, L-xylose, adonitol, metil b-D-xylopyranoside, sorbose, rhamnose, dulcitol, inositol, sorbitol, metil aD-mannopyranoside, metil aD-glucopyranoside, laktosa, melibiose, inulin, melezitosa, raffinose, pati, glikogen, xylitol, turanose, D-lyxose, Dtagatose, D- atau L-fucose, D- atau L-arabitol, glukonat atau 2 atau 5-ketogluconate. Jenis regangan LMG 24284T (5DSM 21115T), terisolasi dari tumpukan fermentasi biji kakao di Ghana. DNA G + C isi jenis galur adalah 44,9mol% (Bruyne *et al.*, 2009).

## 12. Kapang

Kapang adalah fungi multiselluler yang mempunyai filamen, dan pertumbuhannya pada substrat mudah dilihat karena penampaknya yang berserabut seperti kapas. Pertumbuhannya mula-mula berwarna putih, tetapi jika spora telah timbul akan terbentuk berbagai warna tergantung dari jenis kapang. Berbeda halnya dengan sel khamir yang uniseluler, kapang tampak jelas kelihatannya walau dengan perbesaran rendah. Bila dilihat dengan perbesaran kuat, maka kapang tampak menyerupai struktur hutan kecil. (Ali, 2005: 64 ). Kapang itu sendiri dapat dianggap sebagai “pabrik” penghasil zat-zat gizi sebab proses fermentasi oleh kapang dapat meningkatkan nilai dan mutu gizi produk akhir beberapa kali lipat lebih banyak dibandingkan bahan aslinya. Mikroorganisme dari kelompok kapang akan menghasilkan enzim-enzim amilolitik yang akan memecah pati menjadi gula sederhana terutama dalam bentuk glukosa. Kebanyakan mikroorganisme amilolitik tumbuh subur pada bahan pangan yang banyak mengandung karbohidrat.

Menurut (Suprihatin, 2010 : 5) kapang jenis-jenis tertentu digunakan dalam persiapan pembuatan beberapa macam keju dan beberapa fermentasi bahan pangan Asia seperti kecap dan tempe. Jenis-jenis yang termasuk golongan *Aspergillus*, *Rhizopus*, dan *Penicillium* sangat penting dalam kegiatan tersebut. Dalam proses fermentasi, mikroorganisme harus mempunyai 3 (tiga) karakteristik penting yaitu:

- a. Mikroorganisme harus mampu tumbuh dengan cepat dalam suatu substrat dan lingkungan yang cocok untuk memperbanyak diri.
- b. Mikroorganisme harus memiliki kemampuan untuk mengatur ketahanan fisiologi dan memiliki enzim-enzim esensial yang mudah dan banyak supaya perubahan-perubahan kimia yang dikehendaki dapat terjadi.
- c. Kondisi lingkungan yang diperlukan bagi pertumbuhan harus sesuai supaya produksi maksimum.

Menurut (Suprihatin, 2010 : 6) Berdasarkan sumber mikroorganisme, proses fermentasi dibagi 2 (dua) yaitu:

- a. Fermentasi spontan, adalah fermentasi bahan pangan dimana dalam pembuatannya tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi, tetapi mikroorganisme yang berperan aktif dalam proses

fermentasi berkembang baik secara spontan karena lingkungan hidupnya dibuat sesuai untuk pertumbuhannya, dimana aktivitas dan pertumbuhan bakteri asam laktat dirangsang karena adanya garam, contohnya pada pembuatan sayur asin.

- b. Fermentasi tidak spontan adalah fermentasi yang terjadi dalam bahan pangan yang dalam pembuatannya ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi, dimana mikroorganisme tersebut akan tumbuh dan berkembang biak secara aktif merubah bahan yang difermentasi menjadi produk yang diinginkan, contohnya pembuatan tempe dan tepung jagung.

Menurut Dwidjoseputro (1978) dalam Noviyanthi 2003 kapang *Aspergillus sp* termasuk dalam divisi *Mycota*, subdivisi *Eumycotina*, kelas *Ascomycetes*, subkelas *Euasomycetidae*, ordo *Eurotiales*, famili *Eurotiaceae*, dan genus *Aspergillus*.

Mikroba yang diisolasi dari sumber kaya pati umumnya mempunyai potensimenghasilkan enzim amilase yang lebih baik. Hal ini disebabkan mikrobaakanmenghasilkan amilase untuk memecah pati yang ada supaya dapat dimanfaatkan nutrisinya. Sejauh ini enzim Amilosa Pemecah Pati Alami (APPM) masih dihasilkan oleh sejumlah kecil mikroba saja. Beberapa peneliti telah berupaya melakukan isolasi mikroba penghasil enzim APPM dari berbagai sumber. Beberapa contoh sumber mikroba yang pernah digunakan antara lain tanah sekitarpenggilingan tepung. Beberapa mikroba penghasil enzim APPM yang berhasil diketahui *Aspergillus niger*, *Bacillus amyloliquifaciens* ABBD, *Streptomyces sp*, *Bacillus aquamaris* MKSC 6.2, *Saccharomycopsis filbugera*, *Bacillus subtilis* 65, *Penicillium sp. X-1*, *Bacillus licheniformis* ATCC 9945a, *Geobacillus thermodenitrificans*, *Klebsiela pneumoniae*, *Saccaromyces serevisiae*. (Nangin, 2015).

### 13. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu sifat fisik dari bahan yang menunjukkan banyaknya air yang terkandung di dalam bahan. Kadarair biasanya dinyatakan dengan persentase berat air terhadap bahan basah atau dalam gram air untuk setiap 100 gram bahan yang disebut dengankadar air basis basah (bb). Berat bahan kering atau padatan adalah berat bahan setelah

mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap atau konstan (Safrizal, 2010 dalam Hani 2012).

#### **14. Uji pH dan Total Asam Titrasi**

Pengukuran derajat keasaman dilakukan dengan menggunakan alat pH-meter. Total asam tertitrasi (TAT) ditentukan dengan prinsip titrasi asam basa. Pengukuran nilai pH dan TAT, kedua parameter tersebut merupakan parameter yang penting dan menentukan mutu produk fermentasi yang dihasilkan. Nilai pH menunjukkan konsentrasi ion  $H^+$  yang berada dalam larutan. Jika nilai pH semakin tinggi, maka semakin banyak ion  $H^+$  yang berada dalam larutan (Saputera, 2004 dalam Sitompul, 2012).

#### **15. Viskositas**

Viskositas merupakan resistensi/ketidakmauan bahan mengalir biladikenai gaya (mengalami penegangan) atau gesekan internal dalam cairan merupakan suatu ukuran terhadap kecepatan aliran. Makin lambataliran berarti viskositasnya tinggi, sebaliknya makin cepat aliran berarti viskositasnya makin rendah (Aprilianti, 2010).

Viskositas sangat berhubungan dengan gelatinisasi. Pati yang telah mengalami gelatinisasi dapat menyerap air kembali dengan mudah. Kemampuan penyerapan air tepung merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi viskositas bahan pangan, sebab semakin besar air yang diserap maka akan meningkatkan viskositas. Hal tersebut dikarenakan air yang terserap akan meningkatkan gaya perlawanan dari bahan pangan jika diberikan suatu gaya.

#### **16. Rheologi**

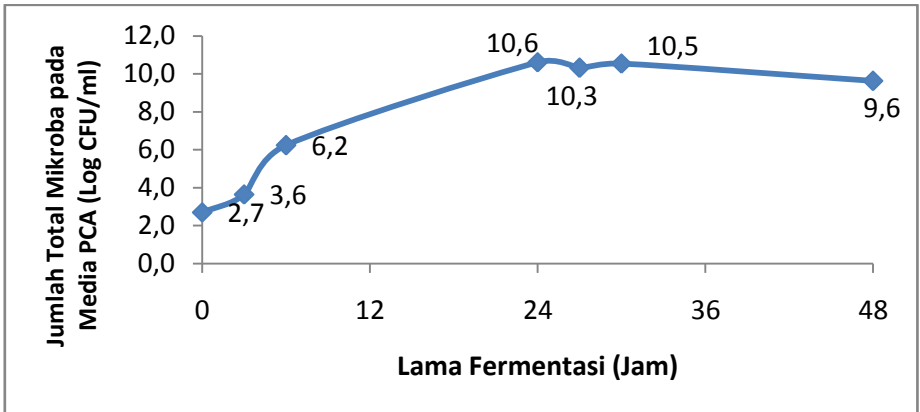
Reologi adalah ilmu yang mempelajari deformasi dan aliran dari suatu bahan. Deformasi berkaitan dengan bahan padat seperti keju, sedangkan aliran berkaitan dengan cairan seperti susu cair. Bahan yang tidak termasuk padat ataupun cair tetapi memiliki sifat kedua bahan tersebut dikelompokkan sebagai bahan viskoelastik seperti es krim (Mohsenin dalam Zakir, 2008).

Dari sudut aplikasi, karakterisasi sifat reologis produk makanan merupakan hal penting terhadap tekstur, stabilitas dan

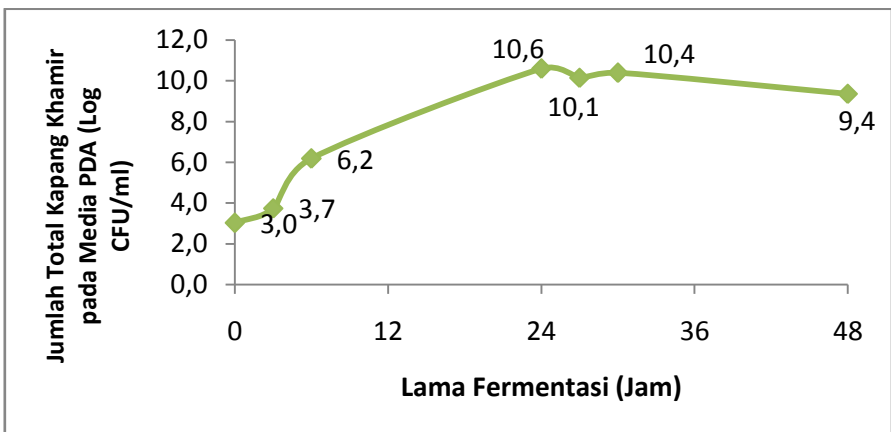
rancangan proses industri. Tekstur dianggap sebagai satu dari empat faktor kualitas produk makanan; yang lainnya adalah aroma, penampakan dan nilai nutrisi. Kesadaran terhadap faktor tekstur kadang terabaikan. Jika tekstur makanan diinginkan hanya seperti kebanyakan anggapan orang, faktor tersebut menjadi tidak penting. Jika tidak, tekstur menjadi hal penting karena kritik dan penolakan terhadap produk makanan akan muncul. Pemeliharaan stabilitas atau struktur produk selama penyimpanan juga terkait dengan informasi reologis, khususnya untuk system emulsi dan dispersi. Rancangan proses yang layak dari suatu produk makanan membutuhkan pengetahuan kuantitatif tentang karakteristik reologi dari bahan yang digunakan (Zakir, 2008).

# MIKROORGANISME PADA FERMENTASI TEPUNG JAGUNG

Perubahan jumlah mikroba indigenus selama proses fermentasi spontan jagung Bisi 18 disajikan pada Gambar 2-6. Pada awal fermentasi, jumlah mikroba tertinggi dihasilkan pada media PDA dengan jumlah total kapang khamir, yaitu 3.0 log CFU/ml dan jumlah mikroba terendah dihasilkan pada media MRSA dengan jumlah bakteri asam laktat 1.9 log CFU/ml. Hasil ini menunjukkan bahwa awal fermentasi, kapang dan khamir sangat berperan di dalam proses fermentasi. Peranan kapang selama proses awal fermentasi diduga sebagai mikroba yang berperan untuk menguraikan senyawa karbohidrat kompleks dari jagung Bisi-18 menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga senyawa tersebut dapat dimanfaatkan oleh mikroba indigenus lain untuk pertumbuhan. Pada fase adaptasi, yaitu 0 hingga 3 jam, pertumbuhan kapang mengalami peningkatan, namun pertumbuhan ini mengalami penurunan ketika proses fermentasi memasuki fase eksponensial, yaitu 6 hingga 24 jam, dan fase stasioner, yaitu 24 hingga 48 jam.

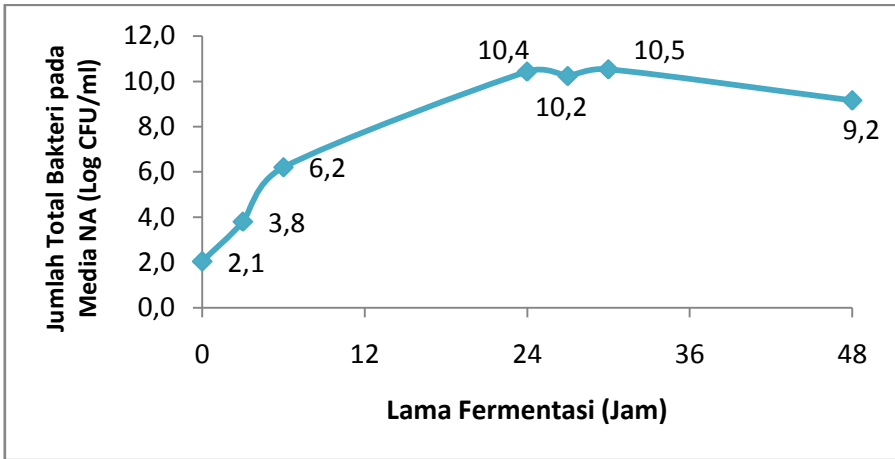


Gambar 1. Jumlah Total Mikroba pada Media PCA (Log CFU/ml)

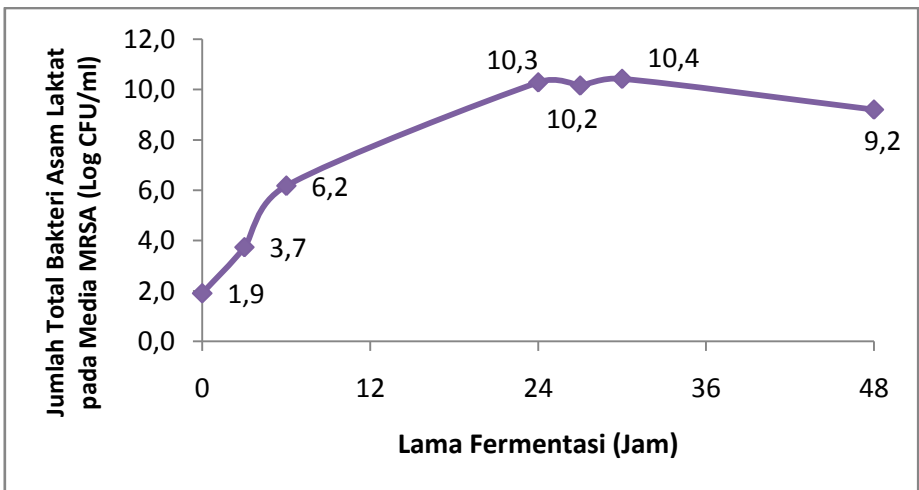


Gambar 2. Jumlah Total Kapang Khamir pada Media PDA (Log CFU/ml)





Gambar 3. Jumlah Total Bakteri pada Media NA (Log CFU/ml)



Gambar 4. Jumlah Total Bakteri Asam Laktat pada Media MRSA (Log CFU/ml)

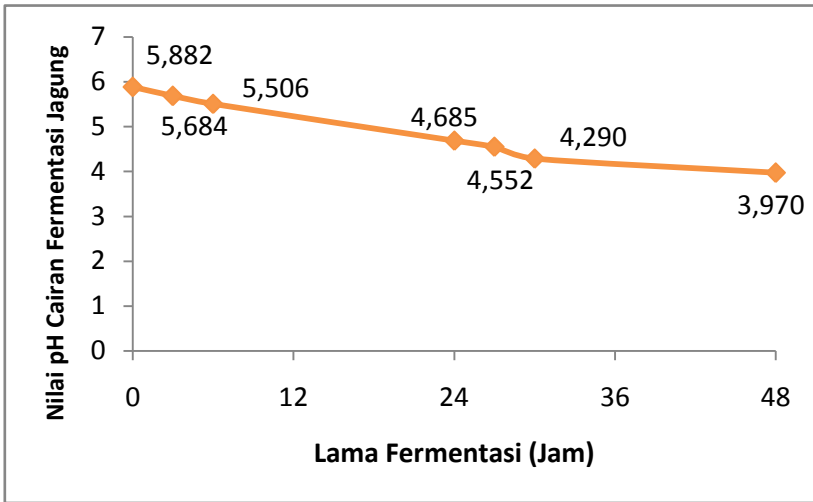
Pertumbuhan total mikroba mesofilik (PCA), khamir (PDA), total bakteri (NA), dan total bakteri asam laktat (MRSA) mengalami peningkatan pada fermentasi 6 jam hingga akhir fermentasi, 48 jam. Jumlah mikroba yang terlibat selama proses

fermentasi spontan jagung Bisi 18 di akhir fermentasi berkisar  $\pm$  9.2-9.6 log CFU/ml. Tren pertumbuhan mikroba dari ketiga jenis media pertumbuhan mikroba (PDA, NA, dan MRSA) yang digunakan memiliki kemiripan dengan tren pertumbuhan mikroba pada media PCA. Hasil ini menunjukkan bahwa khamir, bakteri, dan bakteri asam laktat yang terlibat dalam proses fermentasi bersifat mesofilik. Mikroorganisme mesofilik adalah mikroorganisme yang memiliki suhu optimum pertumbuhan antara 20-40 °C (Fardiaz, 1992).

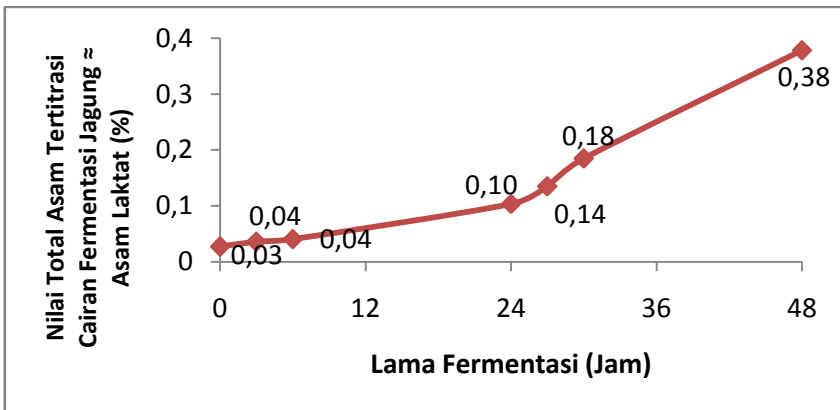
## **5.2. Perubahan total asam dan pH**

Kadar total asam tertitiasi cairan jagung Bisi 18 selama fermentasi spontan mengalami peningkatan (Gambar 2). Total asam mulai mengalami peningkatan pada fermentasi 6 jam hingga akhir fermentasi, yaitu 0.04 hingga 0.38%. Pada awal fermentasi, yaitu 0 hingga 3 jam, total asam belum mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan jumlah bakteri asam laktat hanya berkisar 1.9-3.7 log CFU/ml (fase adaptasi).

Sedangkan nilai pH (keasaman) cairan jagung Bisi 18 mengalami penurunan selama proses fermentasi spontan (Gambar 3). Pada awal fermentasi, cairan jagung Bisi 18 memiliki pH 5.882. Nilai pH mengalami penurunan signifikan setelah fermentasi 6 jam, yaitu nilai pH dari 5.506 menjadi 4.685. Penurunan pH cairan mengalami penurunan hingga akhir fermentasi.



Gambar 5. Perubahan Nilai pH Cairan Fermentasi Jagung



Gambar 6. Nilai Total Asam Titrasi Cairan Fermentasi Jagung

Gambar 7 menunjukkan Peningkatan total asam mulai mengalami peningkatan pada fermentasi 24 jam, yaitu 0.10%. Fase eksponensial bakteri asam laktat dimulai sejak fermentasi 6

jam. Pertumbuhan bakteri asam laktat yang mengalami peningkatan signifikan setelah fermentasi 6 jam, yaitu dari 6.2 hingga 10.3 log CFU/ml, menyebabkan kadar total asam tertitrasi juga mengalami peningkatan. Bakteri asam laktat merupakan bakteri yang menghasilkan asam laktat sebagai produk metabolit utama. Menurut Axelsson (2004) metabolisme bakteri asam laktat selama fermentasi mengakibatkan perubahan karbohidrat (gula-gula sederhana) menjadi substrat fosforilasi. Kelompok bakteri ini memiliki kapasitas untuk mendegradasi karbohidrat (gula-gula sederhana), hasil metabolisme tergantung pada substrat gula yang tersedia, tetapi umumnya produk akhir yang dihasilkan adalah asam laktat..

Gambar 8 Perubahan Nilai pH Cairan Jagung Bisi 18 selama Fermentasi Spontan Penurunan nilai pH berkorelasi positif dengan peningkatan kadar total asam tertitrasi yang merupakan produk metabolisme utama yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat selama fermentasi spontan jagung Bisi 18. Selain itu, waktu fermentasi juga berpengaruh terhadap nilai pH. Waktu fermentasi yang semakin lama menyebabkan semakin banyak jumlah mikroorganisme yang akan tumbuh menghasilkan asam, sehingga nilai pH akan semakin menurun dengan meningkatnya konsentrasi asam terlarut (Silins, 2014; Arroyo-López, 2009)

### **5.3. Jenis Mikroba yang teridentifikasi**

Hasil isolasi mikroba indigenus yang terlibat dalam proses fermentasi spontan jagung Bisi 18 dapat dilihat pada Tabel 1. Mikroba indigenus yang terlibat selama fermentasi spontan jagung Bisi 18 terdiri dari kapang, khamir, bakteri, dan bakteri asam laktat. Hasil isolasi mikroba pada media PDA menunjukkan pada awal fermentasi hingga fermentasi 6 jam ditemukan 7 isolat kapang yang selanjutnya diidentifikasi menggunakan teknik kultur slide.



Tabel 1. Hasil Identifikasi Mikroorganisme pada Fermentasi Spontan Jagung Bisi 16

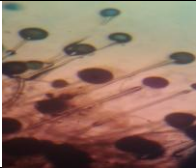
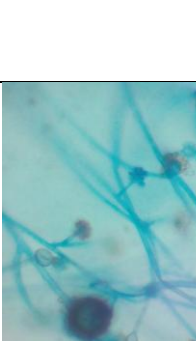
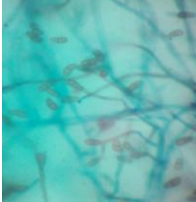
| Kode Isolat | Jenis Media | Jam ke- | Karakteristik Koloni  | Jenis Mikroorganisme |
|-------------|-------------|---------|---|----------------------|
| E           | PDA         | 6       | Koloni berwarna putih, memiliki miselia berwarna hijau kehitaman                | Kapang               |
| F           |             |         | Koloni bulat, putih, dan berlendir  | Khamir               |
| H           |             | 27      | Koloni berwarna putih dan memiliki bentuk yang tidak beraturan                  | Khamir               |
| I           |             |         | Koloni bulat dan berwarna putih   | Khamir               |
| J           |             |         | Koloni bulat dan berwarna krem  | Khamir               |
| M           |             |         | Koloni bulat, berlendir, dan membentuk lapisan transparan pada permukaan koloni | Khamir               |
| C           | NA          | 24      | Koloni berwarna putih, kecil, bulat, dan berlendir                              | Bakteri              |
| G           |             | 6       | Koloni bulat, berlendir, disekeliling (permukaan) koloni transparan             | Bakteri              |
| H           |             |         | Koloni bulat, bagian dalam koloni dan tidak transparan                          | Bakteri              |
| E           | MRSA        | 30      | Koloni berbentuk bulat, berwarna krem, dan tidak menghasilkan lendir            | Bakteri              |
| I           | MRSA        | 27      | Koloni berbentuk bulat dengan ukuran besar dan tidak menghasilkan lendir        | Bakteri              |
| K           | MRSA        | 27      | Koloni berbentuk bulat dengan ukuran besar dan menghasilkan lendir              | Bakteri              |

Hasil identifikasi sederhana isolat bakteri dari media NA dan MRSA berupa pewarnaan Gram, uji katalase, dan pewarnaan endospora menunjukkan bakteri yang terlibat dalam fermentasi spontan jagung Bisi 18 tidak hanya berasal dari kelompok bakteri asam laktat, akan tetapi bakteri selain kelompok bakteri asam laktat juga terlibat (data pengujian tidak ditampilkan). Isolat khamir, bakteri, dan bakteri asam laktat yang memiliki morfologi koloni berbeda banyak ditemukan pada fermentasi 24-48 jam. Hal ini menunjukkan pada fermentasi jam 24 hingga 48 jam (akhir fermentasi), mikroba dominan yang berperan dalam fermentasi spontan berasal dari khamir, bakteri, dan bakteri asam laktat.

Hasil identifikasi isolat kapang indigenus yang ditemukan disajikan pada Tabel 2. Hasil identifikasi menunjukkan kapang yang terlibat dalam fermentasi spontan jagung Bisi 18 didominasi dari genus *Aspergillus*, 7 isolat kapang yang dihasilkan, 5 diantaranya berasal dari genus *Aspergillus*. Hasil teknik kultur slide menunjukkan bahwa 3 dari 5 isolat *Apergillus* belum teridentifikasi spesiesnya, sehingga dilaporkan sebagai *Aspergillus sp.*

Tabel 2. Hasil Identifikasi Fungi indegenus pada Fermentasi Spontan Tepung Jagung Bisi 16

| No | Gambar  | Deskripsi   | Fungi Hasil identifikasi     |
|----|---|---|------------------------------|
| 1  |  | Konidia atas berbentuk kolumner (memanjang) berwarna hijau sampai hijau tua. Vesikel berbentuk piala, konidiofora berdinding halus umumnya berwarna hijau, Konidia glubusa, ekinulat berwarna hijau. Koloni berwarna hijau berkabut dengan tekstur seperti beludru. | <i>Aspergillus fumigatus</i> |
| 2  |  | Jamur tumbuh membentuk koloni mold berserabut, smoth, cembung serta koloni yang kompak. warna koloni dipengaruhi oleh warna spora. Miselium berwarna putih sedangkan spora berwarna hijau kehitaman.  | <i>Aspergillus sp</i>        |

|   |   |  |                               |
|---|---|--|-------------------------------|
| 3 |    | Jamur tumbuh membentuk koloni mold berserabut, smooth, cembung serta koloni yang kompak. Warna koloni berwarna putih dengan tekstur menyerupai beludru rapat dan datar.  | <i>Aspergillus sp</i>         |
| 4 |    | Membentuk filamen-filamen panjang bercabang, menghasilkan konidiofora yang bersepta atau tidak yang menghasilkan konidium-konidium yang berwarna krem dan memberi warna pada jamur. Koloni berwarna krem dengan miselia berwarna putih, tekstur menyerupai beludru.  | <i>Aspergillus sp</i>         |
| 5 |    | Jamur dalam grup ini sering menyebabkan kerusakan makanan. Konidia grup ini berwarna kuning sampai hijau dan mungkin membentuk sklerotia. (Srikandi, F., 1989). Konidiofora tidak berwarna, kasar bagian atas agak bulat sampai kolumnar, vesikel agak bulat sampai berbentuk batang pada kepala yang kecil, sedangkan pada kepala yang besar bentuk globosa. Koloni berwarna hijau tua dengan tekstur rata berbutir | <i>Aspergillus flavus</i>     |
| 6 |   | Miselium berwarna putih, menyebar dalam kultur, tidak bersekat, konidifor tunggal, dengan enlarge tips bearing heads of konidia, bentuk globosa, umumnya bersifat saprofit di tanah. Koloni berwarna abu-abu gelap dengan tekstur menyerupai kapas menggunung.   | <i>Cunninghamella elegans</i> |
| 7 |  | Konidiofor gelap, stout, upright, dendritically branched, branches producing solitary conidia, 4 atau lebih sel, berbentuk silindris, lurus atau melengkung; saprofit pada kayu. Koloni berwarna hitam dengan tekstur rata seperti beludru.  | <i>Dendryphiopsis atra</i>    |

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat beberapa jenis fungi yang teridentifikasi tumbuh pada fermentasi spontan tersebut. Umumnya yang teridentifikasi adalah *Aspergillus sp*,

oleh karena itu, pemanfaatan *Aspergillus* pada fermentasi terkontrol sangat memungkinkan karena *Aspergillus* dapat menghasilkan enzim endoglukanase, eksoglukanase, dan  $\beta$ -glikosidase. Dengan demikian, enzim-enzim tersebut memiliki peranan yang penting pada perombakan pati menjadi lebih sederhana sehingga struktur pati jagung akan berubah, sehingga akan berpengaruh terhadap sifat fisikokimia tepung jagung.

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa genus *Aspergillus* merupakan kapang indigenus pada jagung diantaranya *Aspergillus* sp yang diisolasi dari kernel jagung di Nigeria (Atehnkeng *et al.*, 2008), isolasi *A. niger* dari makanan fermentasi Maza (Adegbehingbe, 2014) dan Ogi dari jagung (Adegbehingbe, 2013; Ojokoh, 2009), isolasi *A. parasiticus* dan *A. tamarii* sebagai kapang indigenus dari jagung dan kacang di Kenya (Okun *et al.*, 2015)

*Aspergillus fumigatus* ditemukan sebagai salah satu kapang indigenus yang terdapat pada jagung Bisi 18. *A. fumigatus* merupakan salah satu kapang bersifat patogen pada manusia karena dapat menyebabkan terjadinya alergi aspergilosis. Koloni kapang ini berwarna hijau berkabut dengan tekstur seperti beludru. Hal ini juga telah dilaporkan oleh Nyogesa *et al.* (2015) bahwa warna koloni *A. fumigatus* berwarna hijau berkabut pada media PDA, konidia berbentuk batang dan miselia kurang berwarna. Kapang ini juga dilaporkan telah diisolasi dari jagung di Perancis (Seung-Beom *et al.* 2005) dan Kenya (Odhiambo *et al.* 2013).

*Aspergillus flavus* juga ditemukan sebagai kapang indigenus jagung Bisi 18 selama fermentasi spontan. Kapang ini merupakan patogen karena mampu menghasilkan aflatoksin yang bersifat karsinogen, teratogen, dan mutagen bagi manusia. *A. flavus* juga telah dilaporkan sebagai kapang indigenus pada fermentasi spontan jagung oleh Rahmawati *et al.* (2013). Penelitian lain juga telah melaporkan isolasi *A. flavus* dari jagung di Iran (Houshyar-Fard *et al.* 2014) dan kernel jagung di Italia (Mauro *et al.* 2013).

*Cunninghamella elegans* ditemukan sebagai salah satu kapang indigenus jagung Bisi 18. Beberapa penelitian telah



melaporkan bahwa *C. elegans* telah diisolasi dari bahan mentah produk makanan di Lithuania (Lugauskas *et al.* 2006) dan sorgum (Soliman, 2003). *Dendryphiopsis atra* juga ditemukan sebagai salah satu isolat kapang indigenus. Koloni kapang *D. atra* berwarna hitam dan konidiofora soliter (Prasher dan Verma, 2016). Kedua jenis kapang ini (*C. elegans* dan *D. atra*) belum dilaporkan sebagai kapang indigenus pada jagung. Hal ini mungkin disebabkan jagung Bisi 18 merupakan jagung yang telah mengalami proses rekayasa genetic yang terus dikembangkan, sehingga potensi perbedaan mikroflora indigenus pada jagung berpotensi mengalami perubahan.

# BAB IV

## FERMENTASI TEPUNG JAGUNG OLEH BAKTERI ASAM LAKTAT *L. fabifermentans*

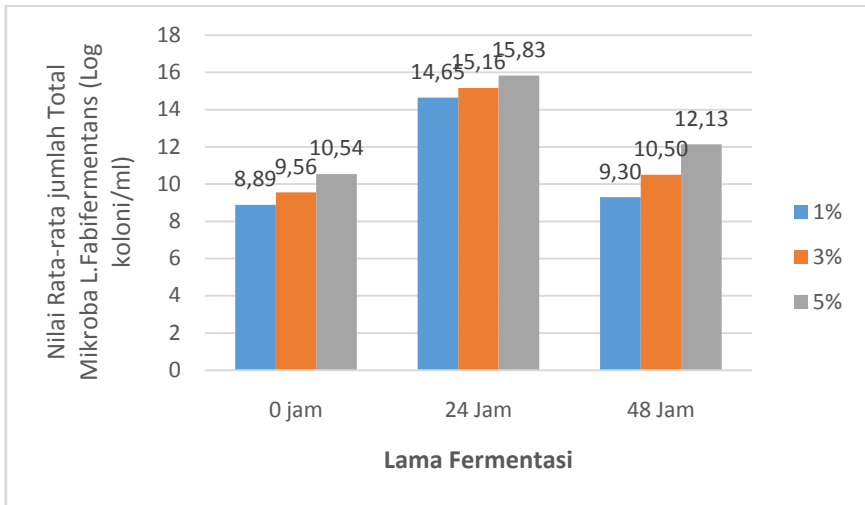
Tepung jagung hasil fermentasi oleh bakteri asam laktat *L. fabifermentans*, telah diteliti dan diuji secara fisikokimia. Pengujian sifat fisik dan kimia pada tepung jagung dilakukan untuk mengetahui karakteristik tepung jagung yang telah di fermentasi dengan penambahan starter kultur *Lactobacillus fabifermentans* dengan variasi lama fermentasi. Pada proses fermentasi dilakukan pengujian pH, total asam dan jumlah mikroba dengan cairan fermentasi tepung jagung untuk mengetahui aktivitas mikroba yang terjadi. Setelah tepung jagung fermentasi di keringkan dilakukan pengujian sifat fisik dan kimia tepung jagung, dimana sifat fisik meliputi viskositas dan reologi; dan sifat kimia meliputi kadar pati serta kadar air.

### 1. Jumlah Mikroba

Analisis jumlah mikroba dilakukan untuk mengetahui jumlah pertumbuhan mikroorganisme selama kegiatan fermentasi berlangsung. Total jumlah bakteri merupakan jumlah relatif dari beberapa perhitungan dengan menggunakan suatu metode baik metode larutan ataupun perhitungan *plate*.

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan terjadinya peningkatan pertumbuhan mikroba dari fermentasi 0 sampai 24 jam dengan nilai rata-rata peningkatannya sebesar 23,08%. Namun, pada lama fermentasi 24 jam sampai 48 jam pertumbuhan mikroba mengalami penurunan dengan nilai rata-rata sebesar 17,6%. Selama kegiatan fermentasi berlangsung pertumbuhan mikroba tertinggi terjadi pada konsentrasi 5% dengan lama fermentasi 24 jam sedangkan pertumbuhan

mikroba terendah pada konsentrasi 1% dengan lama fermentasi 0 jam dengan Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4.1

Nilai Rata-rata Total Mikroba Cairan Fermentasi Tepung Jagung

Hasil analisis sidik ragam terhadap total mikroba cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata. Berdasarkan Tabel 3.1 menunjukkan bahwa F hitung faktor konsentrasi BAL adalah 570.345, F hitung lama fermentasi sebesar 1235.44, dan F hitung interaksi kedua faktor sebesar 92.651 sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor konsentrasi *L. fabifermentans*, lama fermentasi dan interaksi kedua faktor memberikan pengaruh sangat nyata terhadap total jumlah mikroba yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut.

Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 menunjukkan bahwa dalam penelitian ini tingkat perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi BAL 5% menunjukkan nilai sebesar 12.8322 dan yang terendah adalah 1% dengan nilai sebesar 10.9456. sedangkan perlakuan lama fermentasi perlakuan terbaik ditunjukkan pada lama fermentasi 24 jam sebesar 15.2122 dan terendah 0 jam sebesar 9.6644.

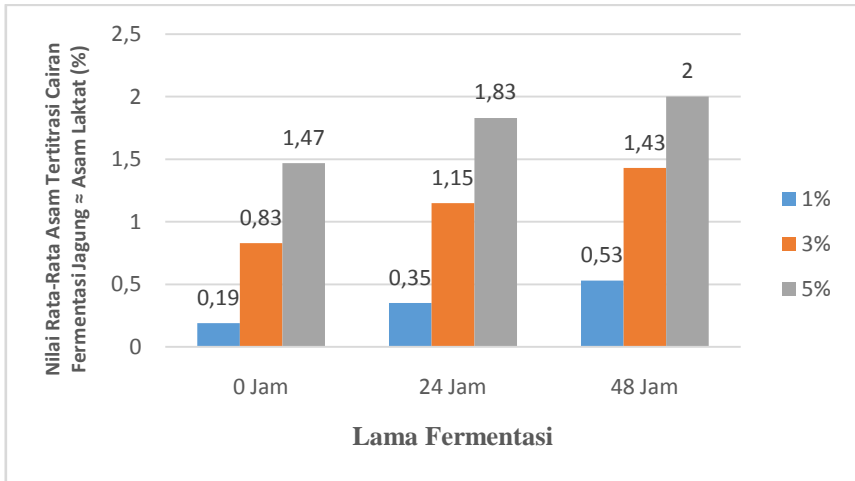
Data uji normalitas terhadap total mikroba berdasarkan Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 output pada tabel tersebut menunjukkan uji normalitas data terhadap pH cairan fermentasi tepung jagung disetiap taraf faktor yaitu tampak pada pada tabel Shapiro-Wil, menunjukkan bahwa konsentrasi 1% *L. fabifermentans* memiliki signifikan 0.005, konsentrasi 3% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.006, konsentrasi 5% *L. fabifermentans* memiliki signifikan 0.092, lama fermentasi 0 jam memiliki signifikan 0.515, lama fermentasi 24 jam memiliki signifikan 0.974, lama fermentasi 48 jam memiliki signifikan 0.520. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada faktor konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap total asam cairan fermentasi tepung jagung pada Tabel 2.3, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa F hitung adalah 2.871 dengan nilai signifikan 0.080 karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa varian setiap sampel sama (homogen). Dengan demikian, asumsi keragaman varian untuk uji anova telah terpenuhi.

## **2. Total Asam**

Total asam adalah jumlah asam laktat yang terbentuk selama proses fermentasi, Total asam merupakan parameter untuk daya awet suatu produk pangan, terutama pada produk yang diolah dengan asam. Pengujian total asam untuk mengetahui jumlah kadar asam yang dihasilkan oleh bakteri selama proses fermentasi.

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan terjadinya peningkatan kadar asam dari fermentasi 0 sampai 48 jam dengan nilai rata-rata peningkatannya sebesar 10,27%. Selama kegiatan fermentasi berlangsung kadar asam tertinggi terjadi pada konsentrasi 5% dengan lama fermentasi 48 jam, sedangkan kadar asam terendah terdapat pada konsentrasi 1% dengan lama fermentasi 0 jam. Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2  
 Nilai Rata-rata Total Asam Tertitrasi Cairan Fermentasi Jagung

Data uji normalitas terhadap total asam berdasarkan Tabel 2.4 dan Tabel 2.5, output pada tabel tersebut menunjukkan uji normalitas data terhadap total asam cairan fermentasi tepung jagung disetiap taraf faktor yaitu tampak pada pada tabel Shapiro-Wil, menunjukkan bahwa konsentrasi 1% *L. fabifermentans* memiliki signifikan 0.126, konsentrasi 3% *L. fabifermentans* memiliki signifikan 0.240, konsentrasi 1% *L. fabifermentans* memiliki signifikan 0.190, lama fermentasi 0 jam memiliki signifikan 0.080, lama fermentasi 24 jam memiliki signifikan 0.076, lama fermentasi 48 jam memiliki signifikan 0.056. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada faktor konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap total asam cairan fermentasi tepung jagung pada Tabel 2.6 menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa F hitung adalah 1.632 dengan nilai signifikan 0.185 karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa varian setiap sampel sama (homogen).

Dengan demikian, asumsi keragaman varian untuk uji anova telah terpenuhi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap total asam cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata. Berdasarkan Tabel 3.4 menunjukkan bahwa F hitung faktor konsentrasi BAL adalah 946.617, F hitung lama fermentasi sebesar 3351.701, dan F hitung interaksi kedua faktor sebesar 12.842 sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap total asam yang dihasilkan, namun interaksi kedua faktor perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut.

Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 menunjukkan bahwa dalam penelitian ini tingkat perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi BAL 5% menunjukkan nilai sebesar 1.7678 dan yang terendah adalah 5% dengan nilai sebesar 0.3589. sedangkan perlakuan lama fermentasi perlakuan terbaik ditunjukkan pada lama fermentasi 48 jam sebesar 1.3200 dan terendah 0 jam sebesar 0.8289.

Pertumbuhan populasi bakteri ditentukan melalui perubahan dalam jumlah atau berat massa sel. Total jumlah bakteri merupakan jumlah relatif dari hasil beberapa perhitungan dengan metode yang sama.

Berdasarkan hasil pengujian jumlah mikroba yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 diketahui jumlah BAL *Lactobacillus fabifermentans* pada semua konsentrasi pada lama fermentasi 0 sampai 24 jam mengalami peningkatan, jumlah mikroba terbanyak pada perlakuan 5% dengan nilai 14,83. Jumlah bakteri yang banyak karena didukung oleh substrat berupa pati dan kondisi lingkungan yang sesuai sehingga bakteri tersebut semakin aktif tumbuh dan berkembangbiak, sehingga kemampuan memecah substrak semakin baik (Machmud, 2011). Peningkatan bakteri pada lama fermentasi 24 jam mempengaruhi penurunan jumlah mikroorganisme fermentasi 48 jam. Mikroorganisme yang tumbuh akan melakukan reaksi metabolisme seiring dengan banyaknya jumlah mikroorganisme maka reaksi metabolisme pun akan meningkat sehingga akan bersifat racun bagi mikroorganisme yang lain hal ini juga ditandai dengan semakin tingginya kadar asam yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sugiarto (1991) dalam

octaviana (2015), menyatakan bahwa perubahan pH dalam fermentasi disebabkan karena dalam aktivitasnya sel khamir selain menghasilkan etanol sebagai metabolit primer juga menghasilkan asam-asam seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam butirrat sebagai hasil sampingan.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 5% pada fermentasi 48 jam. Peningkatan jumlah mikroba tersebut disebabkan mikroba mengalami pertumbuhan berupa penambahan jumlah sel. Mikroba memanfaatkan nutrisi (karbohidrat) yang telah dipecah menjadi gula sederhana untuk melakukan aktifitas pertumbuhan sehingga pertumbuhan mikroba meningkat. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil analisis kadar gula pereduksi yang semakin lama fermentasi semakin menurun. Tetapi peningkatan total mikroba tidak terjadi secara terus-menerus. Semakin lama fermentasi, peningkatan total mikroba yang terjadi tidak signifikan seperti pada awal fermentasi. Hal ini disebabkan adanya suksesi mikroba. Mikroba yang telah lama tumbuh akan mengalami kematian dan digantikan dengan mikroba yang baru. Kematian dari mikroba dikarenakan nutrisi di dalam medium sudah habis, dan energi cadangan di dalam sel habis (Andarti *et al.*, 2017). Penurunan jumlah BAL dan khamir setelah hari kedua fermentasi disebabkan karena semakin berkurangnya jumlah nutrisi yang tersedia pada medium fermentasi, serta adanya komponen antimikroba yang dihasilkan oleh BAL (Paiki, 2013).

Fermentasi bahan dengan mikroorganisma penghasil asam laktat seperti bakteri asam laktat dan khamir akan meningkatkan kadar asam laktat produk hasil fermentasinya. Bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri gram positif yang memfermentasi karbohidrat menjadi energi dan asam laktat.

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi terhadap total asam tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan (5% konsentrasi *L. fabifermentans* dan 48 jam lama fermentasi) dengan nilai rata-rata 2,0. Berdasarkan data yang diperoleh, terjadi peningkatan total asam pada konsentrasi 5% disebabkan karena perbedaan jumlah mikroba pada pati,

penambahan mikroba yang semakin tinggi akan menghasilkan kadar asam yang tinggi pula. Anggraeni (2014) menyatakan bahwa BAL adalah mikroba yang mendominasi selama proses fermentasi. Bakteri ini akan menggunakan gula-gula sederhana pada cairan fermentasi yang akan digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan asam-asam organik, terutama asam laktat.

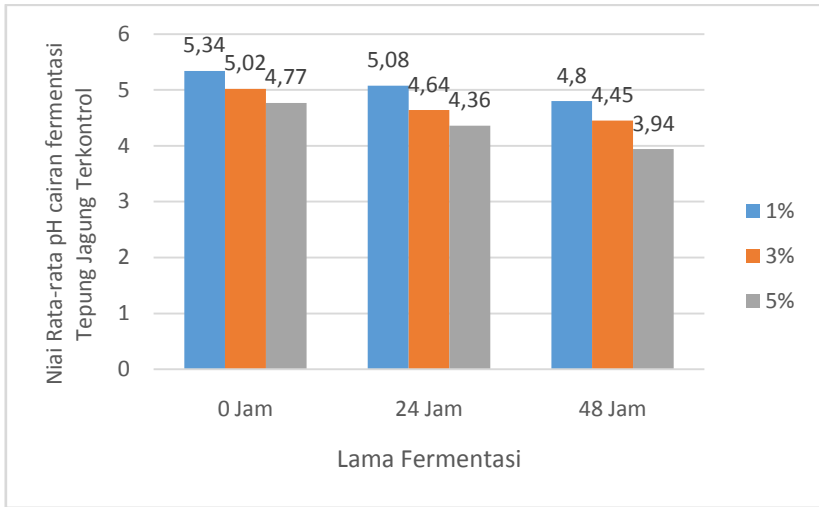
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 5% pada fermentasi 48 jam. Peningkatan total asam disebabkan semakin banyaknya jumlah mikroorganisme yang merombak gula dalam tepung menjadi asam laktat yang kemudian terakumulasi dalam produk yang dihasilkan. Hal tersebut juga terjadi dalam penelitian Sefa-Dedeh, *et al* (2001), Putri dkk., (2009) yaitu terjadi penurunan kadar sukrosa, rafinosa, stakiosa pada adonan campuran tepung jagung dengan tepung kedelai, yang disertai dengan peningkatan total asam hasil fermentasinya. Selain itu, BAL memproduksi sejumlah kecil senyawa organik yang memberikan aroma dan flavor pada produk hasil fermentasinya.

### 3. pH

pH adalah derajat [keasaman](#) yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau [kebasaan](#) yang dimiliki oleh suatu [larutan](#). Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui kadar keasaman yang terkandung pada tepung jagung.

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan terjadinya penurunan kadar pH dari fermentasi 0 sampai 48 jam dengan nilai rata-rata peningkatannya sebesar 3,06%. Selama kegiatan fermentasi berlangsung kadar pH tertinggi terjadi pada konsentrasi 1% dengan lama fermentasi 0 jam, sedangkan kadar pH terendah terdapat pada konsentrasi 5% dengan lama fermentasi 48 jam. Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 4.3 sebagai berikut:





Gambar 4.3  
 Nilai Rata-rata pH Cairan Fermentasi Tepung Jagung

Data uji normalitas terhadap pH berdasarkan Tabel 2.7 dan Tabel 2.8, output pada tabel tersebut menunjukkan uji normalitas data terhadap pH cairan fermentasi tepung jagung disetiap taraf faktor yaitu tampak pada pada tabel Shapiro-Wil, menunjukkan bahwa konsentrasi 1% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.666, konsentrasi 3% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.559, konsentrasi 5% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.502, lama fermentasi 0 jam memiliki signifikan 0.955, lama fermentasi 24 jam memiliki signifikan 0.259, lama fermentasi 48 jam memiliki signifikan 0.255. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada faktor konsentrasi *L.fabifermentans* dan lama fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap total asam cairan fermentasi tepung jagung pada Tabel 2.9, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa F hitung adalah 0.660 dengan nilai signifikan 0.719 karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa varian setiap sampel sama (homogen).

Dengan demikian, asumsi keragaman varian untuk uji anova telah terpenuhi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap pH cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata. Berdasarkan Tabel 3.7 menunjukkan bahwa F hitung faktor konsentrasi BAL adalah 69.673, F hitung lama fermentasi sebesar 77991.663, dan F hitung interaksi kedua faktor sebesar 2.844 sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap pH yang dihasilkan, namun interaksi kedua faktor perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi.

Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 menunjukkan bahwa dalam penelitian ini tingkat perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi BAL 1% menunjukkan nilai sebesar 5.0727 dan yang terendah adalah 5% dengan nilai sebesar 4.3582. Sedangkan perlakuan lama fermentasi perlakuan terbaik ditunjukkan pada lama fermentasi 0 jam sebesar 5.0446 dan terendah 48 jam sebesar 4.3582.

Setiap mikroba memiliki ketahanan yang berbeda-beda terhadap asam dan basa. Misalnya bakteri tumbuh pada pH sekitar 7, meskipun kisaran pHnya adalah 5-8, walaupun demikian bakteri masih dapat tumbuh pada pH rendah. Tepung fermentasi cenderung memiliki pH yang lebih rendah dari pada tepung kontrol (Ali, 2005).

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *L.fabifermentans* dan lama fermentasi terhadap pH tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan (1% konsentrasi *L.fabifermentans* dan 0 jam lama fermentasi) dengan nilai rata-rata 5,34. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah mikroba yang memanfaatkan asam laktat menyebabkan pH akan semakin menurun. Penambahan Bakteri asam laktat yang menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel pati, sehingga terjadi liberasi granula pati. Proses liberasi ini akan menyebabkan perubahan karakteristik dari pati yang dihasilkan. Selanjutnya, granula pati tersebut oleh mikroba akan dihidrolisis menghasilkan monosakarida yang digunakan sebagai bahan baku untuk

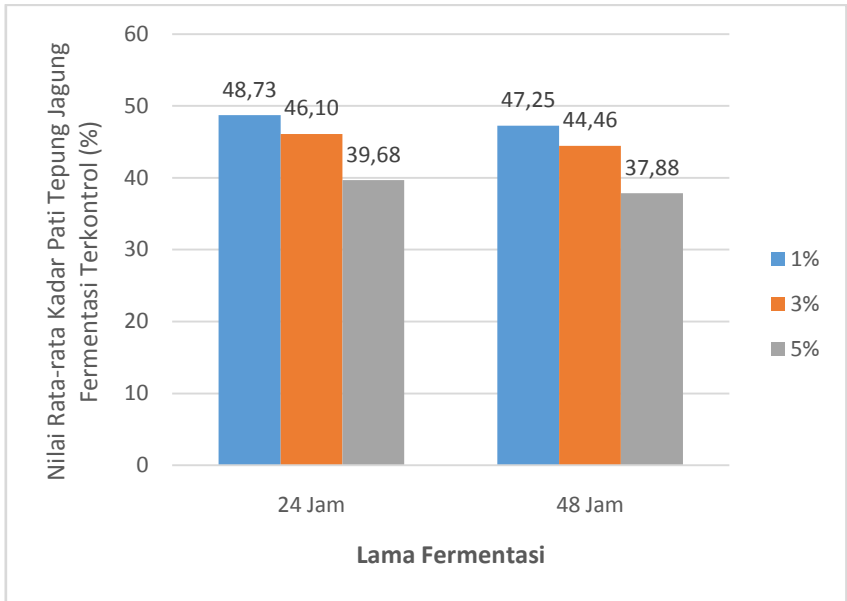
menghasilkan asam - asam organik, terutama asam laktat (Pusparani, 2014).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 0 jam. Menurunnya nilai pH ini diakibatkan adanya proses fermentasi oleh mikroba yang mendegradasi pati menjadi asam organik, sehingga nilai pH tepung fermentasi mengalami penurunan. hal ini sesuai dengan teori yang diungkapkan Widodo (2002) dalam Machmud (2011) bahwa semakin banyak mikroorganisme yang aktif dan berkembangbiak pada fermentasi maka kemampuan memecah substrat semakin baik, sehingga menghasilkan asam laktat dalam jumlah banyak. Asam laktat yang dihasilkan selama proses fermentasi dapat meningkatkan cita rasa dan keasaman atau menurunkan pH. Akibat terbentuknya asam laktat akan berpengaruh terhadap sifat fisik tepung (Octaviana, 2015).

#### **4.Kadar Pati**

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan á-glikosidik. Sifat pada pati tergantung panjang rantai karbonnya, serta lurus atau bercabang rantaimolekulnya. Pengamatan kadar pati dilakukan untuk mengetahui total kadar pati yang terkandung dalam tepung jagung setelah fermentasi.

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan terjadinya penurunan kadar pati dari fermentasi 24 sampai 48 jam dengan nilai rata-rata penurunan sebesar 1,89%. Selama kegiatan fermentasi berlangsung kadar pati tertinggi terjadi pada konsentrasi 1% dengan lama fermentasi 24 jam, sedangkan kadar pati terendah terdapat pada konsentrasi 5% dengan lama fermentasi 48 jam. Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut:



Gambar 4.4

Nilai Rata-rata Kadar Pati Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Data uji normalitas terhadap kadar pati berdasarkan Tabel 2.10 dan Tabel 2.11, output pada tabel tersebut menunjukkan uji normalitas data terhadap kadar air tepung jagung fermentasi disetiap taraf faktor yaitu tampak pada pada tabel Shapiro-Wil, menunjukkan bahwa konsentrasi 1% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.286, konsentrasi 3% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.304, konsentrasi 5% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.979, lama fermentasi 24 jam memiliki signifikan 0.080, lama fermentasi 48 jam memiliki signifikan 0.103. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada faktor konsentrasi *L.fabifermentans* dan lama fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap kadar pati tepung jagung fermentasi pada Tabel 2.12, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa F hitung adalah 0.389 dengan nilai signifikan 0.847 karena nilai

signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa varian setiap sampel sama (homogen). Dengan demikian, asumsi keragaman varian untuk uji anova telah terpenuhi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap kadar pati tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata. Berdasarkan Tabel 3.10 menunjukkan bahwa F hitung faktor konsentrasi BAL adalah 115.262, F hitung lama fermentasi sebesar 257.584, dan F hitung interaksi kedua faktor sebesar 0.079 sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar pati yang dihasilkan, namun interaksi kedua faktor perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung  $> F$  tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi .

Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3.11 (Lampiran 3) menunjukkan bahwa dalam penelitian ini tingkat perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi BAL 1% menunjukkan nilai sebesar 47.9900 dan yang terendah adalah 5% dengan nilai sebesar 38.7800.

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -glikosidik. Sifat pada pati tergantung panjang rantai karbonnya, serta lurus atau bercabang rantai molekulnya. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas, fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin (Hee-Joung An, 2005).

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi terhadap kadar pati tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan (1% konsentrasi *L. fabifermentans* dan 24 jam lama fermentasi) dengan nilai rata-rata 48,73. Terjadinya penurunan kadar pati dengan semakin lama fermentasi karena semakin lama fermentasi mikroba akan memecah pati menjadi gula yang semakin sederhana sebagai sumber energi. Hofvendahl (1998) dalam putri *et al.*, (2009) juga menyatakan bahwa bakteri asam laktat adalah salah satu jenis mikroba yang juga dapat memanfaatkan pati sebagai substrat. Peningkatan total gula yang tidak sebesar penurunan pati menunjukkan pula bahwa mikroba didalam kultur yang digunakan memanfaatkan pula gula

sebagai substrat pertumbuhannya. Hal ini didukung oleh Correia *et al.*, (2010) dalam Setiarto *et al.*, (2016) menyatakan bahwa BAL memanfaatkan hasil degradasi pati oleh fungi berupa gula sederhana seperti glukosa, maltose dan dekstrin untuk pertumbuhannya sehingga menghasilkan asam-asam organik (terutama asam laktat).

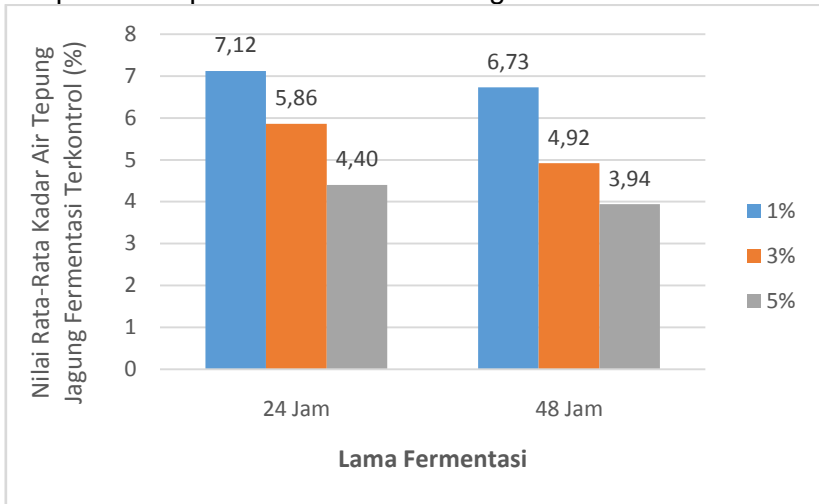
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar pati, hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 24 jam. Terjadinya penurunan kadar pati dengan semakin lama fermentasi karena semakin lama fermentasi mikroba akan memecah pati menjadi gula-gula yang semakin sederhana sebagai hasil akhir dari fermentasi. Menurut Akbar dan Yuniarta (2014) mengatakan bahwa semakin lama fermentasi berlangsung, maka waktu yang digunakan mikroba dari starter kultur murni memecah pati menjadi gula-gula sederhana akan semakin banyak dan semakin mudah tergeradasi sehingga kadar pati dalam bahan akan mengalami penurunan. Hal sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukainah (2014) yang menyatakan bahwa kombinasi perlakuan fermentasi dengan prigelatinisasi menurunkan kadar pati, penurunan kadar pati yang diakibatkan oleh mikroorganisme amilolitik saat fermentasi memecah ikatan polimer pati menjadi pendek. Proses pemecahan pati oleh enzim amilase yang dihasilkan oleh BAL yang mengikat 4-10 molekul substrak sehingga proses hidrolisis pati lebih cepat.

## **5.Kadar Air**

Kadar air digunakan untuk mengetahui banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air merupakan salah satu karakteristik yang sangat penting dalam menentukan daya awet atau daya simpan pada suatu bahan pangan.

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan terjadinya penurunan kadar air dari fermentasi 24 sampai 48 jam dengan nilai rata-rata penurunan sebesar 5,68. Selama kegiatan fermentasi berlangsung kadar air tertinggi terjadi pada

konsentrasi 1% dengan lama fermentasi 24 jam, sedangkan kadar air terendah terdapat pada konsentrasi 5% dengan lama fermentasi 48 jam. Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5

Data uji normalitas terhadap kadar air berdasarkan Tabel 2.13 dan Tabel 2.14, output pada tabel tersebut menunjukkan uji normalitas data terhadap kadar air tepung jagung fermentasi disetiap taraf faktor yaitu tampak pada pada tabel Shapiro-Wil, menunjukkan bahwa konsentrasi 1% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.668, konsentrasi 3% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.194, konsentrasi 5% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.456, lama fermentasi 24 jam memiliki signifikan 0.149, lama fermentasi 48 jam memiliki signifikan 0.057. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada faktor konsentrasi *L.fabifermentans* dan lama fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap kadar air tepung jagung fermentasi pada Tabel 2.15, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa F hitung adalah 1.617 dengan nilai signifikan 0.229 karena nilai

signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa varian setiap sampel sama (homogen). Dengan demikian, asumsi keragaman varian untuk uji anova telah terpenuhi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap total asam cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata. Berdasarkan Tabel 3.12 (Lampiran 3) menunjukkan bahwa F hitung faktor konsentrasi BAL adalah 270.1, F hitung lama fermentasi sebesar 624.422, dan F hitung interaksi kedua faktor sebesar 7.335 sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar air yang dihasilkan, namun interaksi kedua faktor perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung  $> F$  tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut.

Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3.13 (Lampiran 3) menunjukkan bahwa dalam penelitian ini tingkat perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi BAL 1% menunjukkan nilai sebesar 4.1717 dan yang terendah adalah 5% dengan nilai sebesar 6.9250.

Kadar air merupakan salah satu syarat mutu penting pada tepung-tepungan dan bahan pangan lainnya karena berhubungan dengan daya awet tepung. Menurut Fennema (1996) dalam kurniadi (2013) menyebutkan air yang terdapat dalam bentuk bebas dapat menyebabkan kerusakan bahan makanan misalnya proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatis maupun penunjang aktivitas serangga perusak. Semakin rendah kadar airnya, maka produk tepung tersebut semakin baik mutunya karena dapat memperkecil media untuk tumbuhnya mikroba yang dapat menurunkan mutu pada produk tepung (Mutmainnah, 2013).

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi terhadap kadar air tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan (1% konsentrasi *L. fabifermentans* dan 24 jam lama fermentasi) dengan nilai rata-rata 7,12. Penurunan kadar air disebabkan karena penguapan air terikat, sebelum fermentasi sebagian molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom oksigen, nitrogen, karbohidrat, protein, garam-garam dan senyawa-senyawa organik lainnya



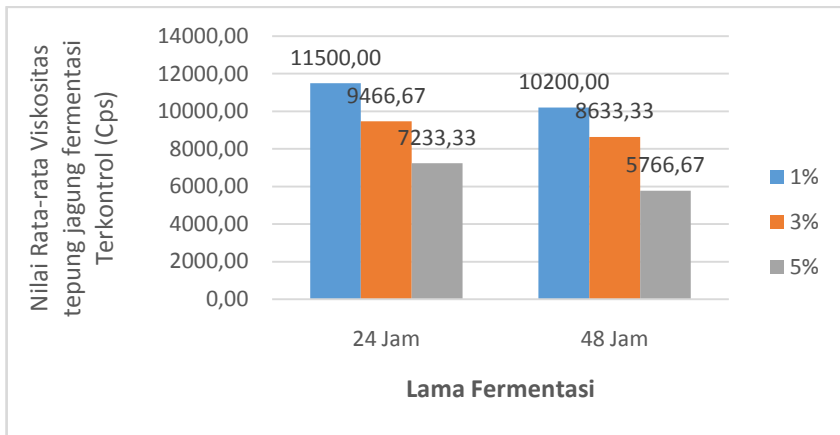
sehingga sukar diupkan dan selama proses fermentasi berlangsung enzim-enzim mikroba memecahkan karbohidrat dan senyawa-senyawa tersebut, sehingga air yang terikat berubah menjadi air bebas (Akbar dan Yuniarta, 2014). Kadar air yang dihasilkan memenuhi standar kadar air untuk tepung jagung (maksimal 10%). Semakin rendah kadar air maka semakin bagus mutunya karena kadar air yang rendah tidak mempercepat kerusakan tepung (Ginting *et al*, 2015).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar air. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 24 jam. Penurunan kadar air disebabkan oleh lama fermentasi yang semakin lama menyebabkan aktivitas mikroba akan meningkat sehingga akan menyebabkan menurun. Hal ini sejalan dengan pendapat Sofyan (2005) dalam Gusti (2010) menyatakan bahwa pada fermentasi lebih dari 24 jam terjadi penguraian senyawa organik oleh adanya aktivitas enzim yang menghasilkan senyawa sederhana juga hasil lain dari proses metabolisme yaitu H<sub>2</sub>O, energi dalam bentuk panas dan bahan-bahan lainnya. Dengan terbentuknya panas selama proses fermentasi maka suhu bahan akan meningkat dan air yang dihasilkan selama proses fermentasi akan menguap sehingga terjadi penurunan kadar air. Sehingga diduga dengan semakin lama fermentasi maka panas sebagai hasil metabolisme meningkat dan menyebabkan kadar air semakin menurun.

## **6. Viskositas**

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu fluida. Semakin besar nilai koefisien viskositasnya, maka semakin kental pula aliran fluida tersebut.

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan terjadinya penurunan viskositas dari fermentasi 24 sampai 48 jam dengan nilai rata-rata penurunan sebesar 7,29%. Selama kegiatan fermentasi berlangsung viskositas tertinggi terjadi pada konsentrasi 1% dengan lama fermentasi 24 jam, sedangkan viskositas terendah terdapat pada konsentrasi 5% dengan lama fermentasi 48 jam. Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 4.6 sebagai berikut:



Gambar 4.6

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Data uji normalitas terhadap kadar air berdasarkan Tabel 2.16 dan Tabel 2.17 (Lampiran 2), output pada tabel tersebut menunjukkan uji normalitas data terhadap viskositas tepung jagung fermentasi disetiap taraf faktor yaitu tampak pada pada tabel Shapiro-Wil, menunjukkan bahwa konsentrasi 1% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.267, konsentrasi 3% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.571, konsentrasi 5% *L.fabifermentans* memiliki signifikan 0.230, lama fermentasi 24 jammemiliki signifikan 0.212, lama fermentasi 48 jam memiliki signifikan 0.105. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada faktor konsentrasi *L.fabifermentans* dan lama fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap kadar air tepung jagung fermentasi pada Tabel 2.18, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa F hitung adalah 0.905 dengan nilai signifikan 0.509 karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa varian setiap sampel sama (homogen). Dengan demikian, asumsi keragaman varian untuk uji anova telah terpenuhi.

Hasil analisis sidik ragam terhadap total asam cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh sangat nyata. Berdasarkan Tabel 3.17 menunjukkan bahwa F hitung faktor konsentrasi BAL adalah 177.6, F hitung lama fermentasi sebesar 396.9, dan F hitung interaksi kedua faktor sebesar 2.238 sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor konsentrasi BAL *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap viskositas yang dihasilkan, namun interaksi kedua faktor perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut.

Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 3.15 menunjukkan bahwa dalam penelitian ini tingkat perlakuan terbaik ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi BAL 1% menunjukkan nilai sebesar 10850.0000 dan yang terendah adalah 5% dengan nilai sebesar 6500.0000.

Pengukuran viskositas suatu emulsi atau suspensi biasanya dilakukan dengan membandingkannya dengan larutan murni. Viskositas digunakan untuk melarutkan tepung dalam air sehingga dapat diukur kekentalan tepung. Air pada tepung berpengaruh pada penampakan, tekstur dan cita rasa, sehingga dengan mengetahui nilai viskositas dapat diketahui pengolahan lanjutan yang cocok.

Penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *L.fabifermentans* dan lama fermentasi terhadap viskositas tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> (1% konsentrasi *L.fabifermentans* dan 24 jam lama fermentasi) dengan nilai rata-rata 11500,00. Berdasarkan hasil penelitian nilai viskositas yang diperoleh menunjukkan penurunan seiring dengan tingginya konsentrasi BAL *Lactobacillus fabifermentans* dan lama fermentasi. Menurut Rahmawati (2010) menyatakan bahwa rendahnya viskositas seiring dengan menurunnya kadar pati dalam tepung. Hal ini disebabkan semakin besar kadar pati, maka semakin banyak pati yang terlarut, mengakibatkan gesekan antar partikel semakin tinggi sehingga nilai viskositasnya juga semakin tinggi. Viskositas adonan yang terlalu tinggi kurang baik karena akan membutuhkan energy yang besar untuk pengadukan (marshal (2000) dalam Harianto *et al.*, (2013)).

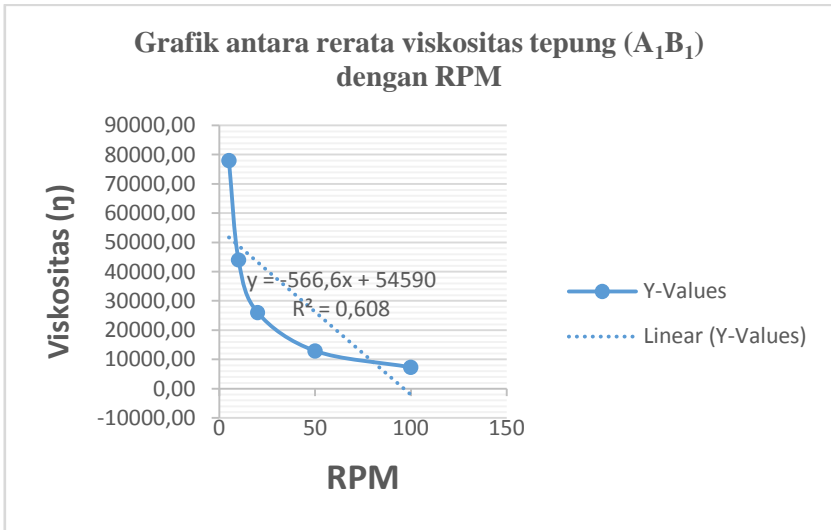
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara

perlakuan konsentrasi *L. fabifermentans* dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap viskositas. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 24 jam. Viskositas tepung semakin menurun hal ini menunjukkan bahwa kekentalan dari tepung semakin menurun. Penurunan viskositas disebabkan karena saat proses fermentasi pati akan terhidrolisis menjadi dekstrin. Hal ini sesuai dengan pendapat Tjokroadikoesoemo (1986) dalam Armanto (2008) menyatakan bahwa sebagian pati yang terhidrolisis menjadi dekstrin akan membuat viskositas larutan menjadi lebih rendah.

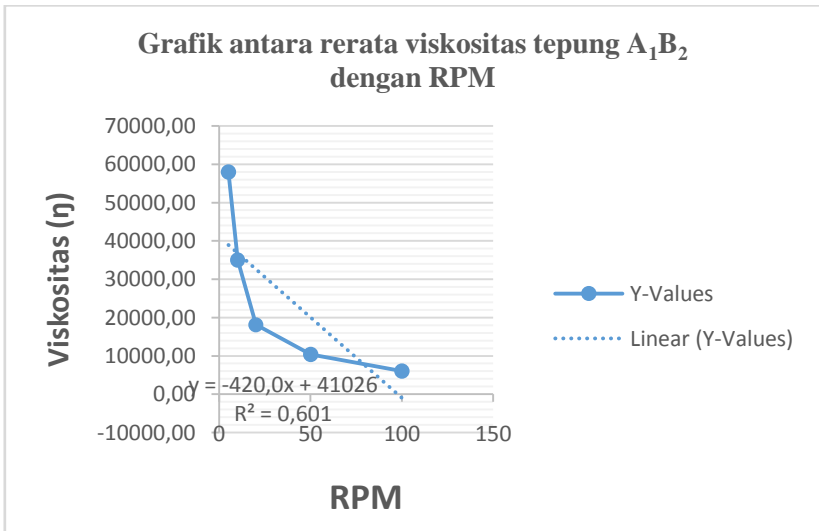
Pati yang tinggi kandungan amilosa umumnya memiliki viskositas akhir yang lebih tinggi dan umumnya dapat dijadikan sebagai bahan baku pembentuk gel dan film serta digunakan untuk bahan baku pembuatan bihun dan mie. Sementara itu, pati yang tinggi kandungan amilopektinnya akan memiliki viskositas akhir yang lebih rendah, sehingga cocok untuk dijadikan bahan pengental (*thickening agent*) (Setiarto, 2016).

## **7. Rheologi**

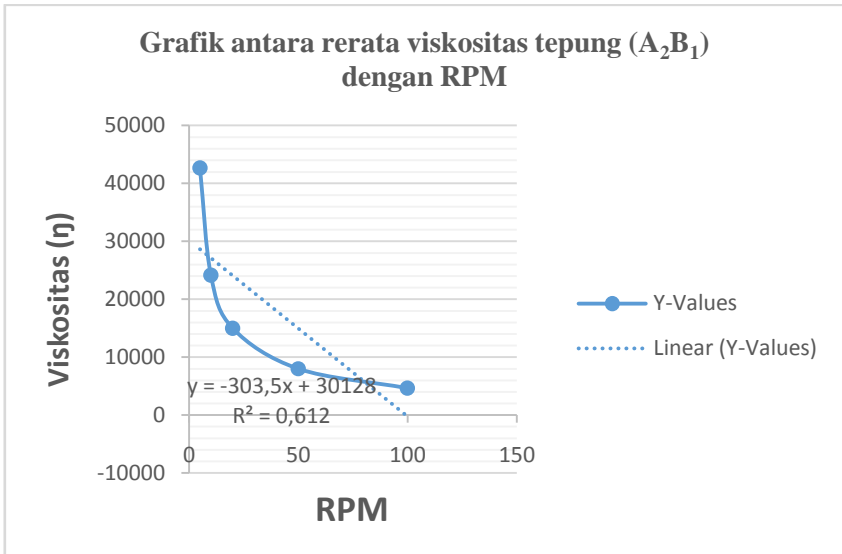
Rheologi adalah ilmu yang mempelajari aliran suatu bahan yang membandingkan antara viskositas dengan RPM. Hasil pengujian rheologi pada tepung jagung fermentasi dengan menggunakan berbagai konsentrasi *L. fabifermentans* dan variasi lama fermentasi pada Gambar 4.7 sampai Gambar 4.12, dapat diketahui bahwa peningkatan kecepatan putaran (rpm) yang digunakan berpengaruh terhadap viskositas bahan. Semakin kecil nilai kecepatan geser yang digunakan membuktikan bahwa semakin kental atau viskositas bahan tersebut. Tingginya viskositas tepung akan menghambat kecepatan putaran spindle pada alat yang digunakan untuk mengukur sifat rheologi tepung.



**Gambar 4.7**  
 Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

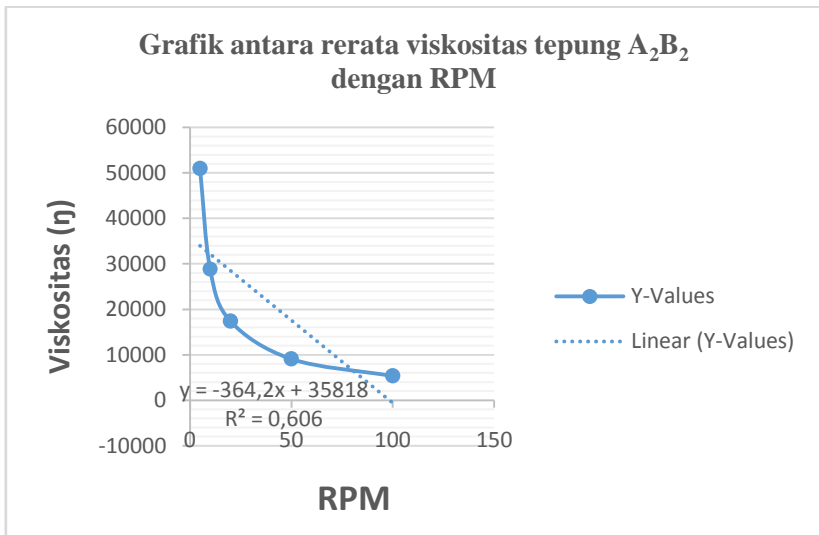


**Gambar 4.8**  
 Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



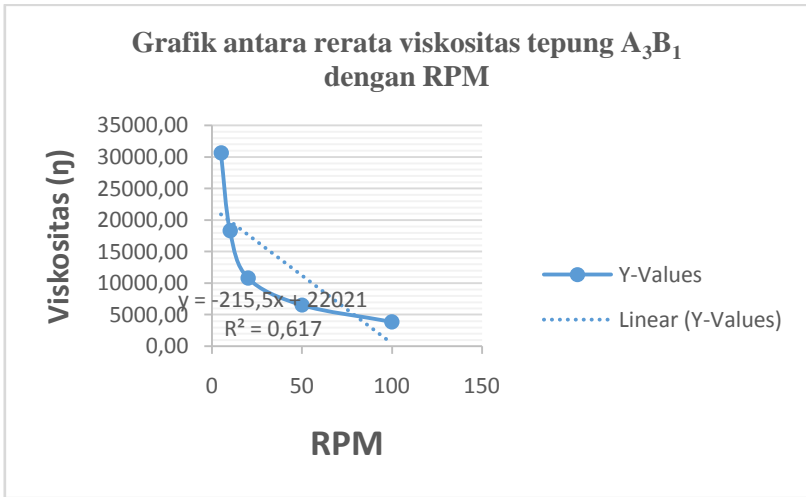
Gambar 4.9

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



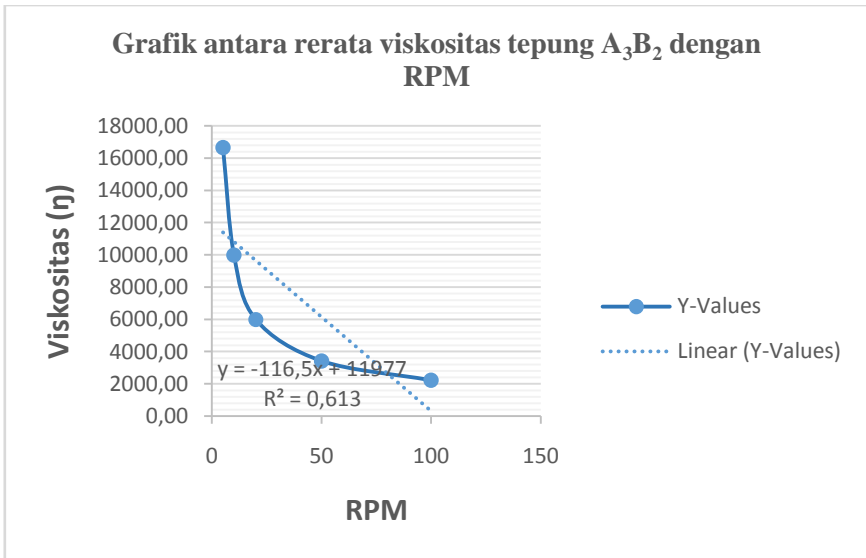
Gambar 4.10

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



Gambar 4.11

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



Gambar 4.12

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Rheologi adalah suatu ilmu yang memusatkan perhatiannya untuk mempelajari deformasi atau perubahan bentuk dan aliran. Sehingga aksi yang menghasilkan gaya-gaya dalam deformasi dan aliran bahan dan sifat – sifat mekanik

lainnya dapat dikatakan sebagai sifat rheologi. Sifat – sifat mekanik lainnya dari sifat rheologi biasanya berhubungan dengan gerak bahan yang dikenai gaya (Sulastrri, 2016).

Berdasarkan hasil pengujian rheology tepung jagung fermentasi pada Gambar 4.7 sampai Gambar 4.12 menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan (rpm) mempengaruhi viskositas. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa tepung jagung fermentasi yang dihasilkan termaksud dalam aliran Non-Newtonian pseudoplastis bila kekentalannya menurun jika gaya untuk mengalirkannya meningkat. Semakin besar gaya yang dikenakan, maka aliran cairan semakin lancar atau semakin encer. Menurut putri (2015) menyatakan bahwa perubahan sifat rheology dipengaruhi oleh pH, saat proses fermentasi bakteri asam laktat memproduksi asam laktat dalam jumlah besar sehingga menurunkan kadar pH dengan cepat sehingga mempengaruhi kadar pati tepung. Maulani *et al* (2013) juga menyatakan bahwa lemahnya ikatan hidrogen akibat hidrolisis asam mengakibatkan pasta akan lebih cepat mengembang. Bahan pangan dengan sifat aliran *Pseudoplastic* sangat cocok digunakan pada produk pengental dan bahan tambahan dalam pembuatan cream, pembuatan roti serta pastries (Chaplin, 2007).





# BAB V

# FERMENTASI TEPUNG JAGUNG

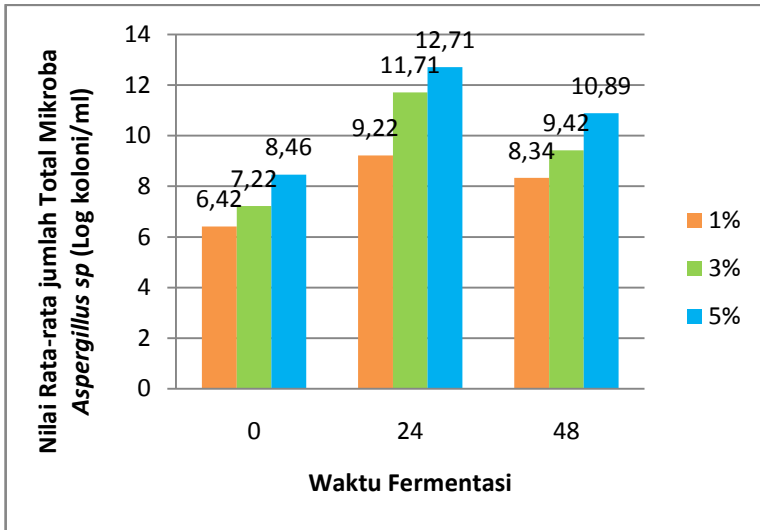
## OLEH *Aspergillus Sp*

Tepung jagung hasil fermentasi oleh *Aspergillus Sp* diteliti dengan mengamati jumlah mikroba, total asam tertitrisasi, pengujian pH untuk cairan tepung fermentasi. Selanjutnya setelah dilakukan fermentasi, tepung dikeringkan dan dilakukan analisa sifat fisiko-kimia dari tepung jagung fermentasi yang dihasilkan. Adapun sifat fisiko kimia meliputi viskositas dan rheologi, Adapun analisa karakteristik kimia tepung meliputi kadar air, kadar pati dan kadar amilosa.

### 1. Jumlah Mikroba

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengamati jumlah mikroba dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan yang ditampilkan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % dengan waktu fermentasi 24 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil analisis jumlah mikroba dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1

Nilai Rata-rata Total Mikroba Cairan Fermentasi Tepung Jagung

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengamati jumlah mikroba Bakteri Asam Laktat (BAL) dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % dengan waktu fermentasi 24 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil analisis jumlah mikroba dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.2.

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data jumlah mikroba pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,152, perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,295, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,281. Pada tabel 2.3 (terlampir) uji normalitas data jumlah mikroba pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 0 jam sebesar 0,246, waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,280 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,619 . Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi

*Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan  $0.05$ . Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 1,971 dengan nilai signifikan  $0.111$ , karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam terlihat bahwa masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 85,27, waktu fermentasi 174,790 dan interaksi kedua faktor sebesar 3,66 sehingga perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan yang terbaik. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa perlakuan konsentrasi, waktu dan interaksi kedua faktor selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap jumlah mikroba yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung  $> F$  tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) jumlah mikroba pada cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 10,6856 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 7,9922. Pada tabel 3.5 (terlampir) waktu fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan terbaik berdasarkan hasil uji duncan yaitu 24 jam sebesar 11,2144 dan yang terendah adalah waktu fermentasi 0 jam sebesar 7,3656.

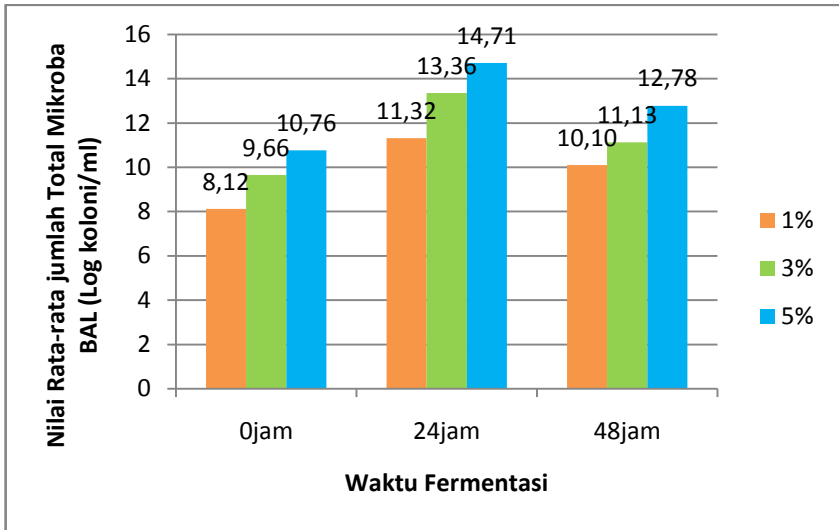
Pertumbuhan populasi mikroorganisme lebih mudah dilakukan daripada pertumbuhan bukan individu sel mikroorganisme, hal ini karena ukuran sel mikroorganisme yang sangat kecil. Laju pertumbuhan sel mikroorganisme yang berbiak dengan pembelahan biner bersifat logaritmik atau eksponensial.

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi terhadap jumlah mikroba tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan  $A_1B_1$  (5% konsentrasi *Aspergillus sp* dan 24 jam

waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 12,71. Jumlah bakteri yang banyak disebabkan karena pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti kandungan nutrisi dan kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Pada fase ini mikroba membutuhkan energi lebih banyak daripada fase lainnya dan kultur paling sensitif terhadap lingkungan (Fardiaz, 1988 dalam Khoir, 2013). Peningkatan bakteri pada lama fermentasi 24 jam mempengaruhi penurunan jumlah mikroorganisme fermentasi 48 jam. Kecepatan pertumbuhan populasi menurun dikarenakan nutrisi didalam medium sudah berkurang, adanya hasil metabolisme yang beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba (Khoir, 2013).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah mikroba hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 5% pada fermentasi 24 jam dengan nilai rata-rata 10,6856. Jumlah kapang mengalami peningkatan karena kondisi asam meningkat. Selama proses fermentasi, terdapat pula kemungkinan adanya enzim protease yang dihasilkan oleh kapang. Semakin lama waktu fermentasi menyebabkan total mikroorganisme menurun namun berbeda dengan total asam meningkat. Hal ini disebabkan semakin banyaknya pati yang terkonversi menjadi asam. Peningkatan total asam merupakan salah satu penyebab menurunnya mikroorganisme yang sensitif terhadap asam (Dewi, 2014).

Menurut (Khoir, 2013), pada waktu fermentasi 48 jam mengalami fase stationer karena pertumbuhan populasi mikroba tidak terlalu jauh dan pada fase ini jumlah populasi masih tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. *Aspergillus niger* dapat menghasilkan lipase dengan adanya fase stationer dimana pada fase ini lipase sebagai metabolit sekunder dihasilkan.



Gambar 5.2

Nilai Rata-rata Total Mikroba Cairan Fermentasi Tepung Jagung

Sebagaimana hasil pengolahan data uji normalitas data jumlah mikroba pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,203, perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,458, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,483. Pada tabel 2.4 (terlampir) uji normalitas data jumlah mikroba pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 0 jam sebesar 0,448, waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,322 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,529 . Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data terhadap jumlah mikroba, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 2,475 dengan nilai signifikan 0.053, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam bahwa konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 59,87, dan waktu fermentasi 97,14. Namun, interaksi kedua faktor sebesar 0,76 artinya tidak berpengaruh nyata. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi dan waktu selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap jumlah mikroba yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi dan waktu fermentasi.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) jumlah mikroba pada cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 12,7522 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 9,8489. Pada tabel 3.5 (terlampir) waktu fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan terbaik berdasarkan hasil uji duncan yaitu 24 jam sebesar 13,1311 dan yang terendah adalah waktu fermentasi 0 jam sebesar 9,4333.

Pertumbuhan populasi bakteri ditentukan melalui perubahan dalam jumlah atau berat massa sel. Total jumlah bakteri merupakan jumlah relatif dari hasil beberapa perhitungan dengan metode yang sama.

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi terhadap jumlah mikroba tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (5% konsentrasi *Aspergillus sp* dan 24 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 14,71. Jumlah bakteri yang banyak menurut Triantarti (2000) aktivitas metabolisme yang tinggi akan mengakibatkan proses perbanyakan sel dan produksi metabolit yang tinggi juga seiring dengan meningkatnya ketersediaan nutrisi/faktor tumbuh dan sumber karbon dalam media pertumbuhannya. Semakin lama waktu fermentasi maka penurunan jumlah mikroorganisme secara drastis terjadi akibat kenaikan total asam yang tinggi. Dominasi dan komposisi BAL pada awal dan akhir fermentasi menunjukkan adanya perbedaan. Kondisi ini sama dengan kondisi pada fermentasi yogurt, pickel, sauerkraut dan produk fermentasi lainnya. Komposisi BAL pada tahap awal fermentasi akan sangat mempengaruhi komposisi BAL pada tahap fermentasi lanjutan dan karakteristik produk fermentasi yang dihasilkan (Holzafel, dkk. 2003).

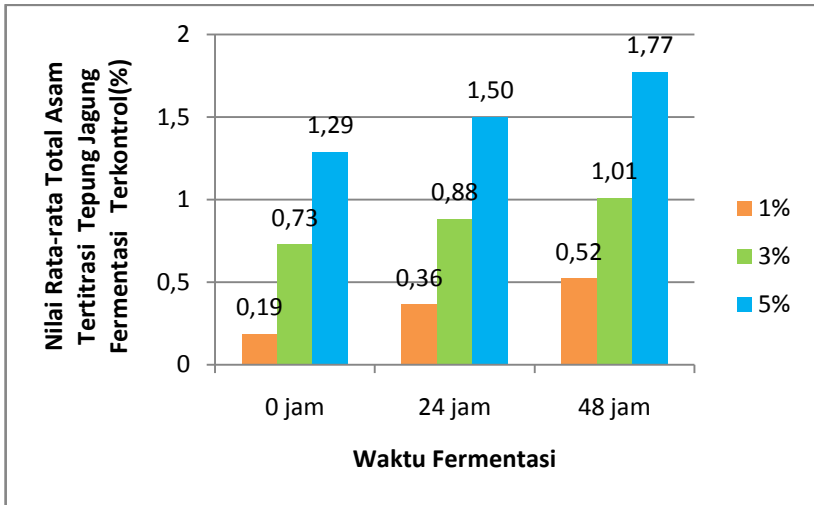
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah mikroba hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 5% pada fermentasi 24 jam dengan nilai rata-rata 12,7522. Peningkatan jumlah mikroorganisme menyebabkan semakin banyak bakteri probiotik saling mendukung dan bersinergi dalam perbanyakan sel. Menurut (Surono, 2004) Bakteri Asam Laktat menghasilkan asam piruvat, asam format dan CO<sub>2</sub>, serta asam folat yang menstimulir pertumbuhan Bakteri Asam Laktat yang akan melepas asam amino valin, glisin dan histidin ya. Pada waktu fermentasi 24 jam ke 48 jam bakteri memasuki fase stasioner yang dimana terjadi pada saat laju pertumbuhan bakteri sama dengan laju kematiannya, sehingga jumlah bakteri keseluruhan bakteri akan tetap. Keseimbangan jumlah keseluruhan bakteri ini terjadi karena adanya pengurangan derajat pembelahan sel. Hal ini disebabkan oleh kadar nutrisi yang berkurang dan terjadi akumulasi produk toksik sehingga mengganggu pembelahan sel (Pramono, dkk dalam Zarkasie dan Prihandini, 2016).

## **2.Total Asam Tertitrasi**

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengamati Total Asam Tertitrasi dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus* sp 5 % dengan waktu fermentasi 48 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil analisis Total Asam Tertitrasi dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.3.





Gambar 5.3

### Nilai Rata-rata Total Asam Tertitiasi Cairan Fermentasi Jagung

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data total asam tertitiasi pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,146, perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,600, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,220. Pada tabel 2.8 (terlampir) uji normalitas data total asam tertitiasi pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 0 jam sebesar 0,069, waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,070 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,054. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 2,108 dengan nilai signifikan 0,090, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 3617,031, waktu fermentasi 341,083 dan interaksi kedua faktor sebesar 11,708 sehingga perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan yang terbaik. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa perlakuan konsentrasi, waktu dan interaksi kedua faktor selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap total asam tertitrisasi yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) total asam tertitrisasi pada cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 1,5178 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 0,3556. Pada tabel 3.9 (terlampir) waktu fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan terbaik berdasarkan hasil uji duncan yaitu 84 jam sebesar 1,0911 dan yang terendah adalah waktu fermentasi 0 jam sebesar 0,7333.

Pengukuran Total Asam Tertitrisasi (TAT) merupakan penentuan konsentrasi total asam. Total Asam Tertitrisasi (TAT) berhubungan dengan pengukuran total asam yang terkandung dalam makanan. TAT merupakan penduga pengaruh keasaman terhadap rasa dan aroma yang lebih baik.

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi terhadap uji pH. tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (5% konsentrasi *Aspergillus sp* dan 48 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 1,77. Peningkatan total asam selama fermentasi disebabkan karena adanya pertumbuhan dan aktivitas mikroba yang terdapat pada ragi tape. Ragi tape terdiri dari campuran mikroorganisme dari genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenula*, dan bakteri *Acetobacter*, mikroba tersebut hidup secara sinergis dan melalui berbagai tahapan merubah pati menjadi asam asetat. Sesuai dengan mikroba yang terdapat pada ragi tape, maka proses fermentasi terjadinya penguraian pati menjadi glukosa yang melibatkan enzimaamilase yang dihasilkan oleh kapang *Aspergillus oryzae* (Dwidjoseputro 1978 dalam Arief dkk, 2008).

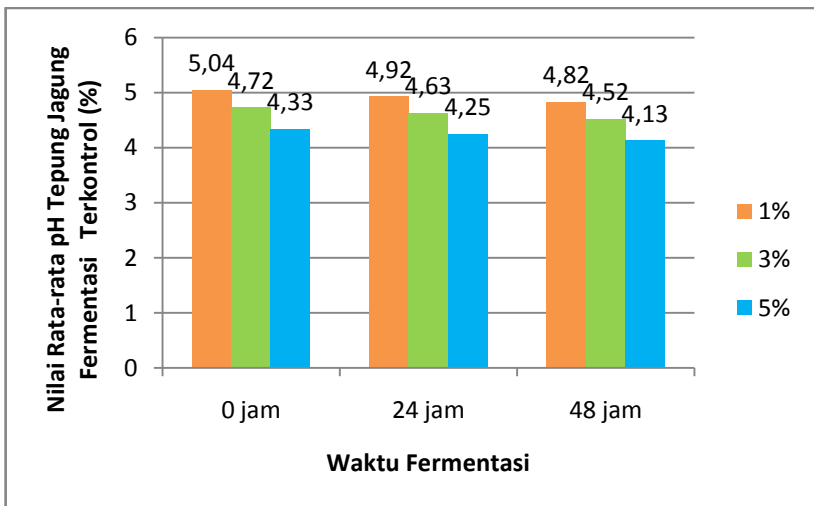
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara

perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp*, waktu fermentasi, dan interaksi antar dua faktor sangat berpengaruh nyata terhadap total asam tertitiasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 5% pada fermentasi 48 jam. Menurut, (Simbolon 1988 dalam Zuhri, 2015) menyatakan semakin tinggi konsentrasi ragi maka semakin banyak jumlah asam yang diproduksi. Proses fermentasi akan menghasilkan asam-asam yang mudah menguap diantaranya asam laktat, asam asetat, asam formiat, asam butirat dan asam propionate. Asam-asam tersebut dihasilkan dari perombakan glukosa dan alkohol.

### 3.Uji pH

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan mengamati derajat keasaman (pH) dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % dengan waktu fermentasi 0 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil analisis uji pH dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5.4  
Nilai Rata-rata pH Cairan Fermentasi Tepung Jagung

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data uji pH pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,757, perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,939, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,576. Pada tabel 2.11 (terlampir) uji normalitas data uji pH pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 0 jam sebesar 0,244 waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,282 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,213. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 0,259 dengan nilai signifikan 0,972, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik menunjukkan bahwa terlihat masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 418,754, dan waktu fermentasi 38,712. Namun, interaksi kedua faktor sebesar 0,104 artinya tidak berpengaruh nyata. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi dan waktu selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap uji pH yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung  $> F$  tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi dan waktu fermentasi.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) jumlah mikroba pada cairan tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 4,9269 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 4,2359. Pada tabel 3.12 (terlampir) waktu fermentasi menunjukkan bahwa perlakuan terbaik berdasarkan hasil uji duncan yaitu 0 jam sebesar 4,6980 dan yang terendah adalah waktu fermentasi 48 jam sebesar 4,4876.

Nilai pH merupakan suatu simbol untuk derajat keasaman atau alkalinitas suatu larutan. Nilai pH sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganisme, karena kerja enzim sangat dipengaruhi oleh pH.

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi terhadap uji pH. tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (1% konsentrasi *Aspergillus* sp dan 0 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 5,04. Selama fermentasi perubahan pH dapat disebabkan oleh hasil fermentasi yang merupakan asam atau basa yang dihasilkan selama pertumbuhan mikroorganisme dan komponen organik dalam medium (Keenan dkk 1990 dalam Rahmawati, 2010). Menurut Yasmeeen dkk (2002), *Aspergillus Niger* memiliki pH optimum untuk pertumbuhan 4,0-6,0, sehingga penurunan pH sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan *Aspergillus niger*. Cendawan ini menghasilkan enzim  $\alpha$ -amilase dan glukamilase yang berperan mengurai pati menjadi glukosa karbohidrat yang lebih sederhana.

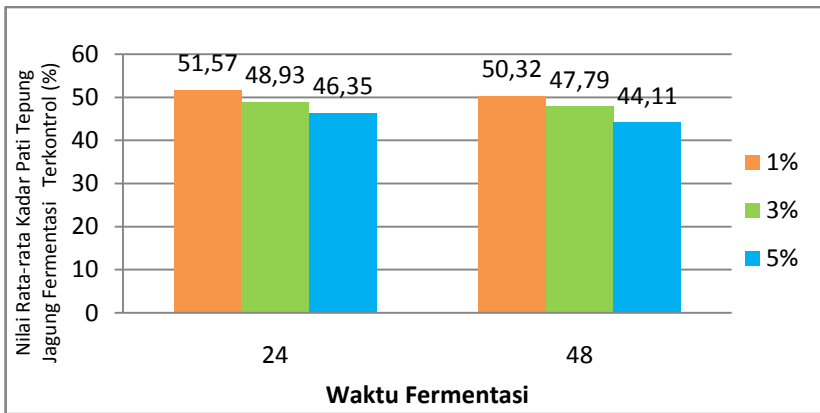
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap uji pH, hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 0 jam. Menurut Stewart (1984 dalam Rahmawati, 2010), enzim  $\alpha$ -amilase mampu memutuskan ikatan  $\alpha$ -1,4 secara acak di bagian dalam dari pati, baik dalam amilosa maupun amilopektin. Akibat dari aktivitas tersebut rantai pati terputus-putus menjadi maltosa, maltotriosa, glukosa dan dekstrin.

#### **4.Kadar Pati**

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menganalisis kadar pati dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus* sp dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus* sp 1 % dengan waktu fermentasi 24 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil

analisis jumlah mikroba dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5.5

Nilai Rata-rata Kadar Pati Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data kadar pati pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,645 perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,267, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,704. Pada tabel 2.14 (terlampir) uji normalitas data kadar pati pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,340 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,364. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 0,096 dengan nilai signifikan 0,991, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 165,079, dan waktu fermentasi 35,923. Namun, interaksi kedua faktor sebesar 1,846 artinya tidak berpengaruh nyata. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi dan waktu selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar pati yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung > F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi dan waktu fermentasi.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) kadar pati pada tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 50,9450 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 45,2317.

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan  $\alpha$ -oleh unit D-glukopiranososa. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa memiliki struktur lurus yang dominan (1,4)-D-glukosa, sedangkan amilopektin mempunyai cabang (1,6)-D-glukosa (Winarno, 2004).

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi terhadap kadar pati tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (1% konsentrasi *Aspergillus sp* dan 24 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 51,57. Terjadinya penurunan kadar pati disebabkan karena pati mudah terhidrolisis oleh enzim maupun asam. Enzim-enzim yang dapat menghidrolisis pati menjadi gula-gula sederhana berupa glukosa yaitu enzim amylase (Lakoro, 2014).

*Aspergillus sp* dapat menghasilkan enzim amylase. Enzim amylase merupakan salah satu enzim yang berperan dalam menghidrolisis pati menjadi glukosa. Berdasarkan kemampuan hidrolitiknya, enzim amylase dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu  $\alpha$ -amilase yang mampu menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,4-glikosidik dan glukamilase yang mampu menghidrolisis ikatan  $\alpha$ -1,6-glikosidik (Pandey et al, dalam Saidin 2008). Aktivitas  $\alpha$ -amilase menyebabkan pengurangan kadar pati dan menghasilkan gula pereduksi berupa maltose, maltotriosa dan dekstrin sedangkan aktifitas glukamilase menghasilkan gula pereduksi berupa glukosa (Melliawati dkk., dalam Saidin 2008).

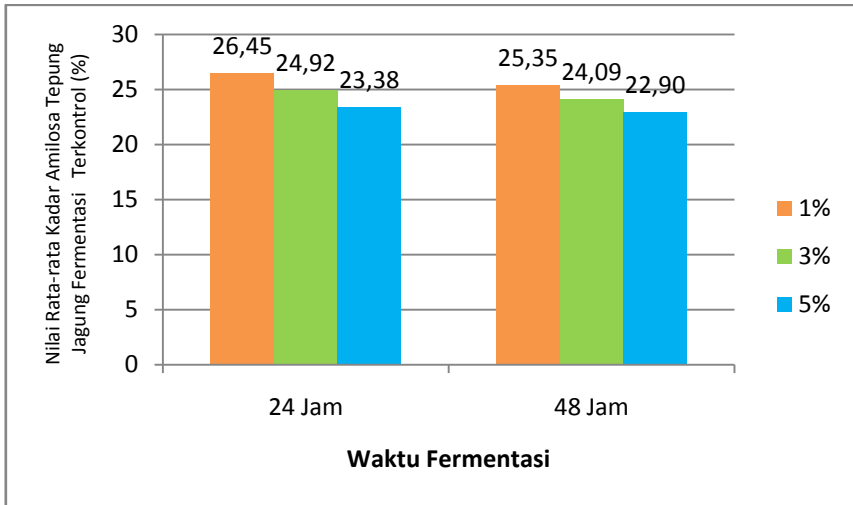
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar pati, hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 24 jam. Menurut Maria dalam Zubaidah (2012) bahwa kadar pati mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya lama fermentasi. Kadar pati pada tepung jagung setelah difermentasi mengalami penurunan, karena semakin lama fermentasi semakin banyak mikroorganisme yang tumbuh sehingga semakin banyak enzim yang aktif dan semakin cepat pula pati terhidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana.

## **5.Kadar Amilosa**

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menganalisis kadar pati dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % dengan waktu fermentasi 24 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil analisis kadar pati dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.6.





Gambar 4.6

Nilai Rata-rata Kadar Pati Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data kadar amilosa pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,873 perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,270, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0, 899. Pada tabel 2.17 (terlampir) uji normalitas data kadar amilosa pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,640 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,722. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 0,335 dengan nilai signifikan 0,882, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 88,622, dan waktu fermentasi 22,628. Namun, interaksi kedua faktor sebesar 1,131 artinya tidak berpengaruh nyata. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi dan waktu selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar amilosa yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai F hitung  $>$  F tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi dan waktu fermentasi.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) kadar amilosa pada tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 25,9033 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 23,1383.

Amilosa merupakan polimer linier dari  $\alpha$ -D glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\alpha$ -(1-4)-D-glukosa. Pada saat aplikasi ke dalam produk pangan, amilosa terutama berperan terhadap tekstur produk (Aini, dkk. 2016).

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi terhadap kadar amilosa. tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (1% konsentrasi *Aspergillus sp* dan 24 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 26,45. Penurunan kadar amilosa disebabkan karena lamanya fermentasi dan enzim  $\alpha$ -amylase didalam pati melakukan amilolisis yaitu degradasi pati sempurna dan menjadi maltosa dan maltotriosa. Tahap amilolisis ini merupakan hasil kerja enzim secara acak memotong ikatan-ikatan glikosidik 1,4-glikosida, akibatnya rantai lurus glikosidik amilosa menjadi rantai pendek. Kadar amilosa didalam pati mempengaruhi sifat amilografnya. Dilain pihak, kandungan amilopektin yang menurun ditandai dengan nilai kekentalan yang rendah dan kemampuan menyerap iodium sangat cepat, pati dengan karakteristik demikian mempunyai sifat kelarutan tinggi. (Kustyawati, dkk. 2013).

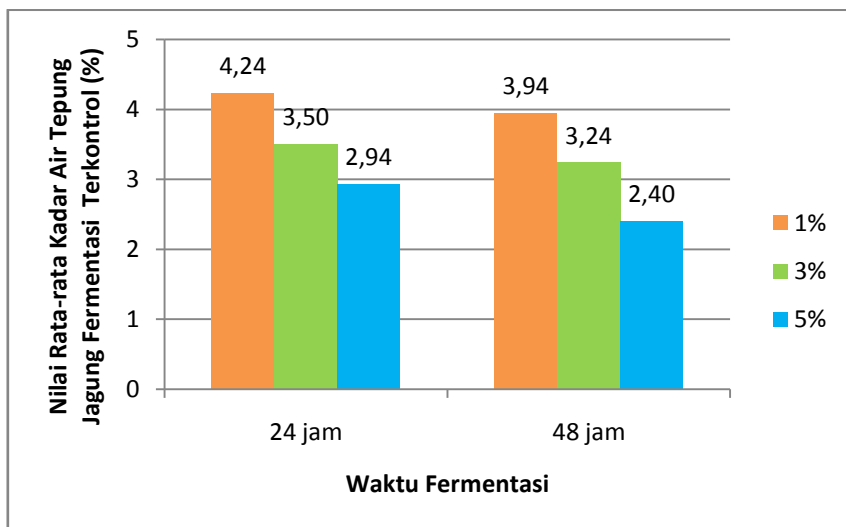
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar amilosa, hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *Aspergillus sp* dan

waktu fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada waktu fermentasi 24 jam. Penurunan amilosa berkaitan dengan terhidrolisisnya amilosa oleh enzim. Semakin lama waktu fermentasi maka jumlah amilosa menurun. Penurunan ini diduga karena rantai lurus yang diperoleh telah terhidrolisis menjadi gula sederhana yang dapat menurunkan kadar amilosa tepung (Rahmawati,2013)

### 6.Kadar Air

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menganalisis kadar air dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % dengan waktu fermentasi 24 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil analisis kadar air dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7

Nilai Rata-rata Kadar Air Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data kadar air pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,323 perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,394,

perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,395. Pada tabel 2.20 (terlampir) uji normalitas data kadar air pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,190 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,182. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas data, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 2,420 dengan nilai signifikan 0,097, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 480,691, waktu fermentasi 95,788 dan interaksi kedua faktor sebesar 5,098 artinya berpengaruh nyata karena F Hitung  $> F$  Tabel 1%. Maka dari itu diperoleh kesimpulan bahwa perlakuan konsentrasi dan waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air yang dihasilkan.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) kadar air pada tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 4,0983 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 2,5500.

Air merupakan salah satu komponen dalam bahan pangan yang mempengaruhi daya simpan serta sifat fisik bahan pangan. Mutu dari suatu produk ditentukan oleh kadar airnya, semakin tinggi kadar air suatu bahan pangan maka semakin rendah mutu bahan pangan tersebut.

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi terhadap kadar air tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (1% konsentrasi *Aspergillus sp* dan 24 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 4,24. Proses fermentasi dapat

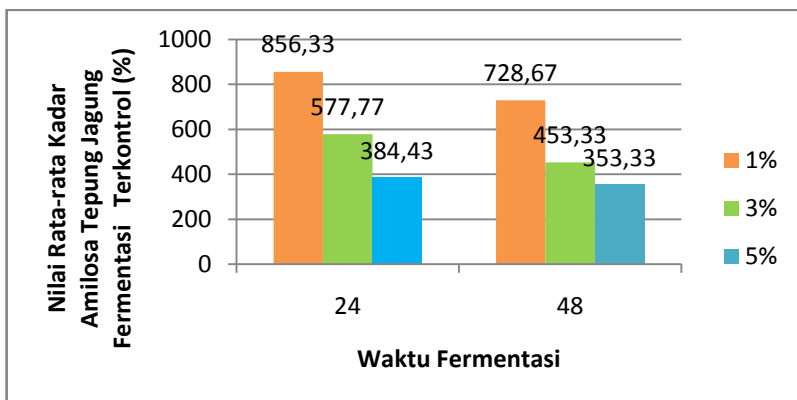
menyebabkan penurunan kadar air tepung jagung. Selama proses fermentasi berlangsung terjadi perombakan pati yang disertai pelepasan air. Sebelum fermentasi, sebagian molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom oksigen dan nitrogen seperti karbohidrat, protein, garam-garam dan senyawa-senyawa organik lainnya sehingga air sukar untuk teruapkan. Selama proses fermentasi berlangsung, enzim-enzim mikroba memecahkan karbohidrat, sehingga air menjadi bebas dan lebih mudah menguapkan (Meyer, 1982 dalam Murniati, 2005).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air, sedangkan konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 24 jam. Herawati (2002) mengatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka pemecahan komponen-komponen bahan semakin meningkat yang berakibat jumlah air terikat yang terbebas semakin banyak. Akibatnya tekstur bahan semakin lunak dan berpori sehingga menyebabkan penguapan air selama proses pengeringan semakin mudah dan kadar air akan semakin rendah.

## **7. Viskositas**

Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan melakukan pengujian viskositas dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa untuk penambahan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % dengan waktu fermentasi 24 jam adalah perlakuan terbaik. Hasil pengujian viskositas dari berbagai perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5.8

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Sebagaimana hasil pengolahan data, uji normalitas data viskositas pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 1 % memiliki signifikansi sebesar 0,349 perlakuan konsentrasi *Aspergillus sp* 3 % sebesar 0,424, perlakuan dengan konsentrasi *Aspergillus sp* 5 % sebesar 0,691. Pada tabel 2.23 (terlampir) uji normalitas data viskositas pada tabel Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa waktu fermentasi 24 jam sebesar 0,226 dan waktu fermentasi 48 jam sebesar 0,069. Berdasarkan hasil keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa signifikan seluruh taraf perlakuan pada konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi yaitu diperoleh  $> 0.05$ , dengan demikian data berdistribusi normal pada taraf signifikan 0.05. Data yang diperoleh dinyatakan tidak menyimpang dan layak untuk dilakukan analisis sidik ragam ANOVA (analisis varian).

Berdasarkan hasil pengujian homogenitas, menunjukkan nilai probabilitas atau signifikan data. Terlihat bahwa Nilai F adalah 2,963 dengan nilai signifikan 0,057, karena nilai signifikan  $> 0.05$  maka sesuai dengan kriteria pengujian dapat disimpulkan bahwa data bersifat homogen dan dapat diterima untuk dilakukan uji anova.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan masing-masing perlakuan yaitu F hitung konsentrasi *Aspergillus sp* sebesar 123,800, dan waktu fermentasi 17,880. Namun, interaksi kedua faktor sebesar 2,012 artinya tidak berpengaruh nyata. Maka dari

itu diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi dan waktu selama proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap viskositas yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada nilai  $F$  hitung  $>$   $F$  tabel sehingga layak untuk dilaksanakan uji lanjut untuk perlakuan konsentrasi dan waktu fermentasi.

Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) kadar amilosa pada tepung jagung fermentasi menunjukkan konsentrasi perlakuan terbaik yaitu perlakuan konsentrasi 1 % sebesar 957,5000 dan yang terendah yaitu perlakuan konsentrasi 5 % sebesar 368,8833.

Viskositas merupakan resistensi/ketidakmauan bahan mengalir bila dikenai gaya (mengalami penegangan) atau gesekan internal dalam cairan dan merupakan suatu ukuran terhadap kecepatan aliran. Makin lambat aliran berarti viskositasnya tinggi, sebaliknya makin cepat aliran berarti viskositasnya makin rendah (Aprilianti, 2010).

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Aspergillus spdan* waktu fermentasi terhadap uji pH. tepung jagung fermentasi tertinggi pada perlakuan  $A_1B_1$  (1% konsentrasi *Aspergillus spdan* 24 jam waktu fermentasi) dengan nilai rata-rata 856,33. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan dan semakin lama waktu fermentasi maka semakin rendah viskositas tepung jagung termodifikasi. Pada tepung jagung termodifikasi, peningkatan konsentrasi asam laktat yang digunakan berpengaruh terhadap penurunan viskositas. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh pH rendah dan suhu yang mampu mendegradasi amilosa yang menyebabkan menurunnya viskositas. Semakin rendah pHnya maka akan menghasilkan viskositas yang semakin rendah (Hartanti, 2013).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa interaksi antara perlakuan konsentrasi *Aspergillus spdan* waktu fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap uji pH, hanya dipengaruhi oleh variabel konsentrasi *Aspergillus spdan* waktu fermentasi. Hasil uji Duncan menunjukkan perlakuan terbaik pada konsentrasi 1% pada fermentasi 24 jam. Menurut Kesselmans, dkk(2004) menyatakan semakin asam berarti pH nya semakin rendah, sedangkan pengaruh pH pada pati terdapat pada penambahan gugus karbonil (C=O) dan gugus karboksil (C-O-OH). Kedua gugus tersebut sangat berpengaruh pada

viskositas pasta yang terbentuk, karena gugus karbonil sangat berpengaruh pada proses degradasi amilosa, sehingga semakin meningkatnya degradasi amilosa maka pasta yang terbentuk akan semakin sedikit.

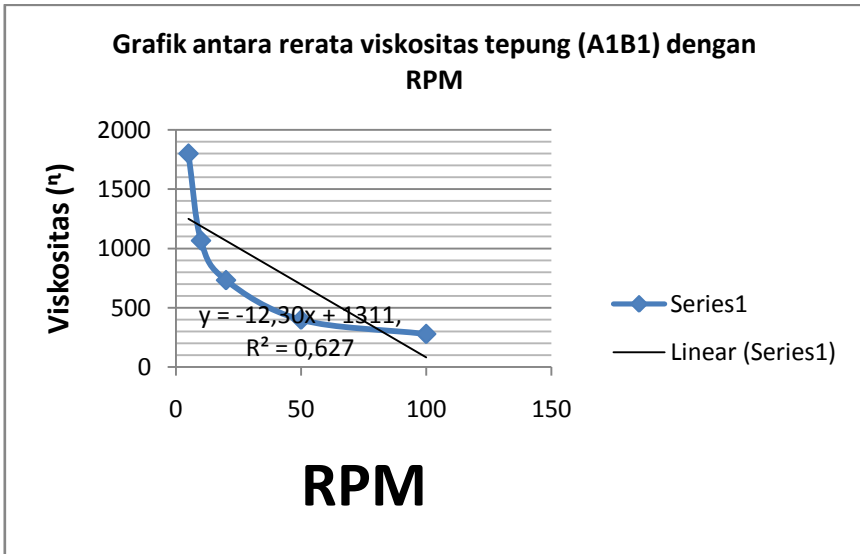
Pengaruh pH dan suhu menyebabkan sebagian pati terhidrolisis menjadi dekstrin sehingga dihasilkan pati dengan viskositas rendah. menyatakan bahwa tepung tapioka saat pada proses hidrolisis asam laktat akan merubah amilosa sehingga mempengaruhi sifat rheologi, salah satunya yaitu viskositas pasta menurun (Pudjihastuti, 2010). Viskositas sekitar 4564,1 cP sangat cocok dalam pembuatan produk saos cabai atau tomat. Dengan kekentalan ini juga cocok digunakan dalam pengisian kue pia dan pembuatan saos karena kekentalan pati tepung termodifikasi tersebut lebih stabil (Miranti, dkk., 2011).

#### **a. Rheologi**

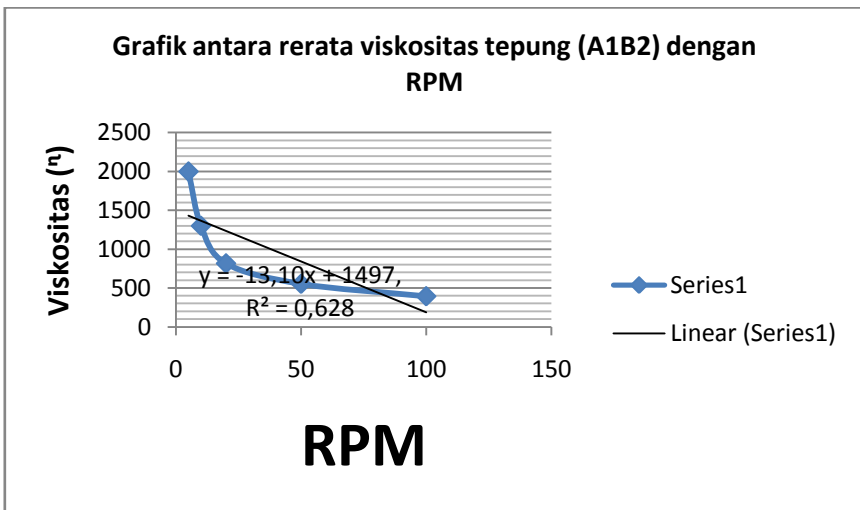
Rheologi adalah ilmu yang mempelajari aliran suatu bahan yang membandingkan antara viskositas dengan RPM. Hasil penelitian yang telah dilakukan dengan melakukan pengujian rheologi dengan menggunakan beberapa konsentrasi *Aspergillus sp* dan waktu fermentasi menunjukkan perbedaan rata-rata dari setiap perlakuan.

Berdasarkan hasil penelitian, jenis aliran yang diperoleh dari setiap gambar menunjukkan jenis aliran yang sama yaitu Non-newton (aliran pseudoelastis). Untuk mempermudah dalam perbandingan data dapat dilihat pada Gambar 5.9 sampai Gambar 5.14 sebagai berikut:

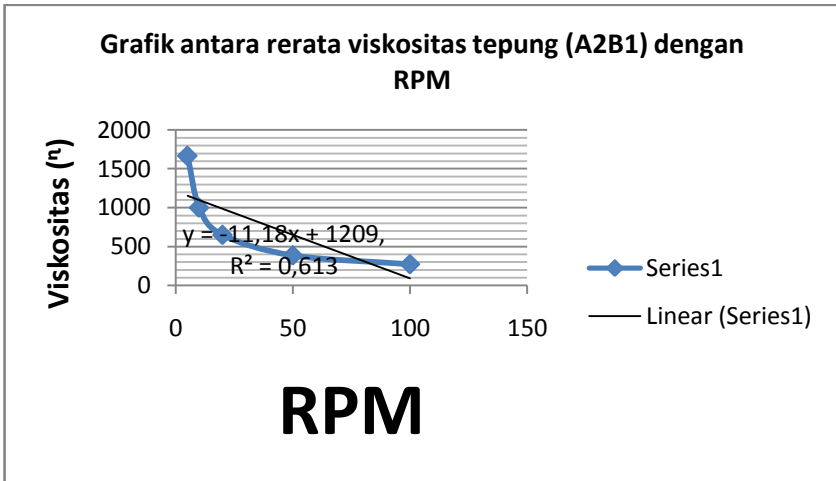




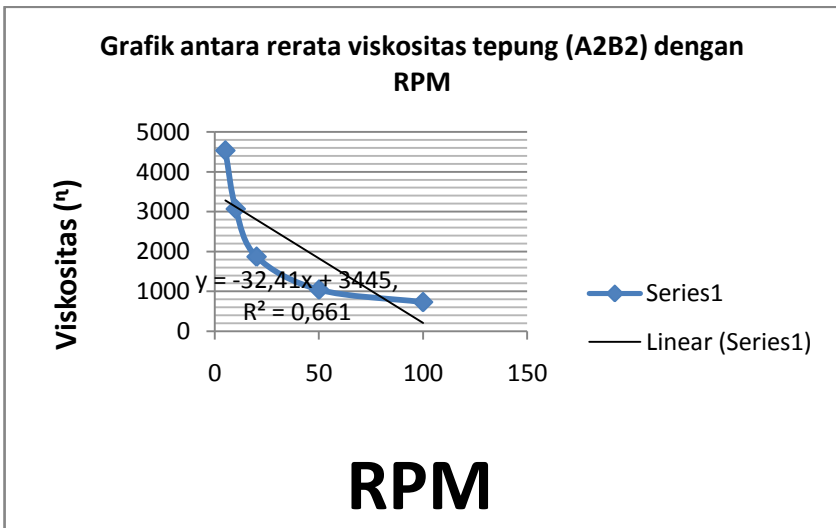
Gambar 5.9  
 Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



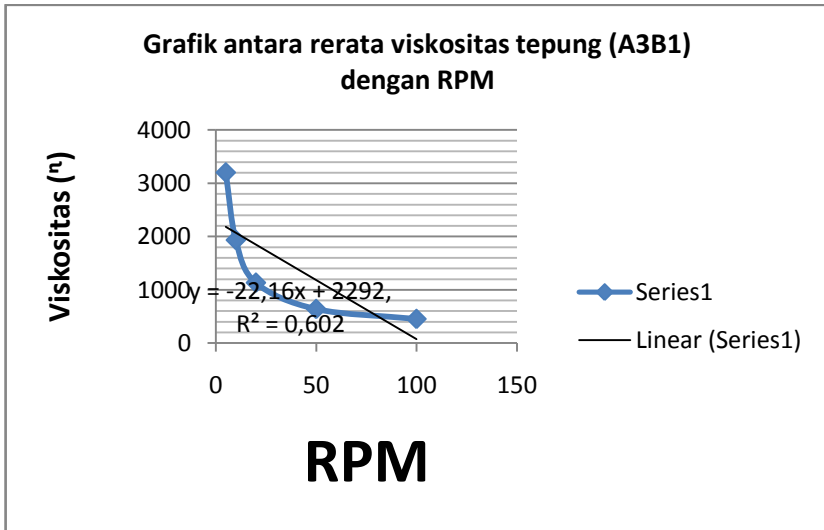
Gambar 5.10  
 Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



Gambar 5.11  
Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

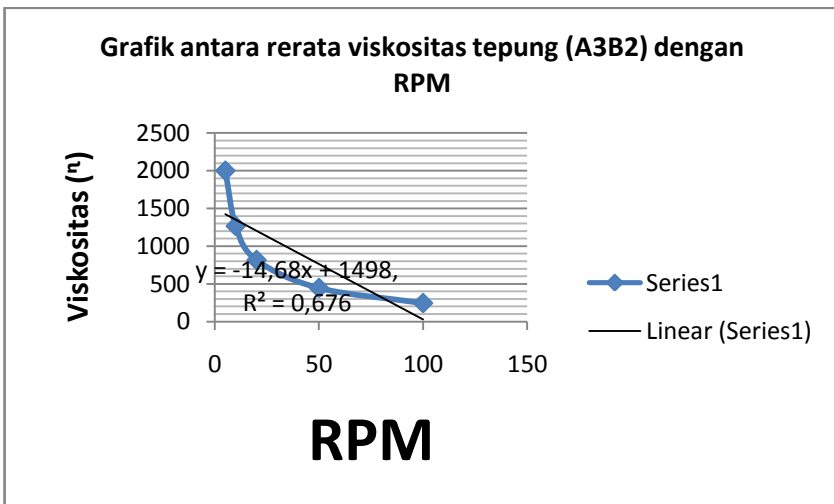


Gambar 5.12  
Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



Gambar 5.13

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol



Gambar 5.14

Nilai Rata-rata Viskositas Tepung Jagung Fermentasi Terkontrol

Reologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang aliran dan deformasi dari suatu bahan. Pengukuran dan instrumentasi reologi merupakan hal penting yang harus dimiliki pada laboratorium analisis industri pangan untuk mengetahui karakteristik bahan, serta karakteristik dari produk akhir.

Berdasarkan hasil pengujian rheology tepung jagung fermentasi menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan (rpm) mempengaruhi viskositas. Tepung jagung fermentasi yang dihasilkan termaksud dalam aliran Non-Newtonian pseudoplastis, bila kekentalannya menurun maka gaya untuk mengalirkannya meningkat. Semakin tinggi konsentrasi, maka semakin mudah cairan itu, dimana sifat aliran tiap-tiap partikel dalam fluida itu bergerak pada arah yang sama akibat ada gaya yang mengenainya. Suatu produk cair akan berubah bentuknya mengikuti bentuk wadahnya (Kusnandar, dkk 2011).

Menurut Honingka 1996 dalam Tuahta dkk, 2014), semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan maka tingkat kekentalan pada tepung akan berkurang. Dalam suatu campuran tepung dalam air kemudian dilakukan pemanasan, maka perubahan viskositas tidak lepas dari proses gelatinisasi pati yang merupakan komponen terbesarnya. Bahan pangan dengan sifat aliran *Pseudoplastic* sangat cocok digunakan pada produk pengental dan bahan tambahan dalam pembuatan cream, pembuatan roti serta pastries (Chaplin, 2007\_

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad L. 2009. *Modifikasi fisik pati jagung dan aplikasinya untuk perbaikankualitas mi jagung [tesis]*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Alimuddin, Ali. 2005 . *Mikrobiologi Dasar*. Makassar. State University of Makassar Press
- Anonim, 1995. *SNI 01-3727-1995 tepung jagung*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Anonim, 2004. *SNI 06-6989.11-2004 Air dan air limbah*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Anonim, 2014. [http:// bkppp. bantulkab. go.id/ filestorage /dokumen /2014/07/ Data%20Kandungan%20Gizi%20Bahan%20Pangan%20dan%20Olahan.pdf](http://bkppp.bantulkab.go.id/filestorage/dokumen/2014/07/Data%20Kandungan%20Gizi%20Bahan%20Pangan%20dan%20Olahan.pdf). diunduh tanggal 24 Maret 2017.
- Anonim, 2014. <http://bkpp.jogjaprovo.go.id/site/contact>. Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Arianingrum, Retno.2011. *Kandungan Kimia Jagung Dan Manfaatnya Bagi Kesehatan*. diunduh pada tanggal 24 maret 201.
- Arief,R.W. Irmawati, I. dan Yusmasari. 2008. *Penurunan Kadar Asam Fitat Tepung Jagung Selama Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Tape*. Jurnal. Lampung. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Atmadja, Gumilar Santika. 2006. *Pengembangan Produk Pangan Berbahan Dasar Jagung Quality Protein Maize (Zea Mays L.) dengan Menggunakan Teknologi Ekstrusi*.Skripsi tidak diterbitkan. . Bogor: Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

- Badan Pusat Statistik. 2015. <https://gowakab.bps.go.id/frontend/Brs/view/id/69>. Gowa. Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional (1995). *Standar Nasional Indonesia. SNI 01-3727-1995 Tepung Jagung*. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Chafid, Achmad dan Kusumawardhani Galuh, 2010. *Modifikasi Tepung Sagu Menjadi Maltodekstrin Menggunakan Enzim  $\alpha$ -amylase*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995. *Daftar Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia*. Jakarta. Departemen Kesehatan.
- Dewi, 2014. *Isolasi Bakteri Asam Laktat dan Pemanfaatannya Pada Fermentasi Pati Sagu*. Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Fransisca. 2010. *Formulasi Tepung Bumbu dari Tepung Jagung dan Penentuan Umur Simpannya dengan Pendekatan Kadar Air Kritis*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Hani, Agus M. 2012. *Pengeringan Lapisan Tipis Kentang (*Solanum tuberosum*. L) Varietas Granola*. Skripsi tidak diterbitkan. Makassar. Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Hartanti, F.D. Amantp, B. S. Rahadian, D. 2013. *Kajian Karakteristik Fisikokimia Tepung Sukun (*Artocarpus communis*) Termodifikasi Dengan Variasi Konsentrasi dan Lama Perendaman Asam Laktat*. Jurnal Teknologi Pangan Vol 2 No. 4.

Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret.  
Surabaya.

- Herawati, F. 2002. *Pemakaian Berbagai Jenis Bahan Pengisi Pada Pembuatan Tepung Tape Ubi Kayu Dengan Menggunakan Pengereng Semprot*. Skripsi. Jurusan TPG – Fateta. IPB. Bogor.
- Hersoelistyorini, Wikanastri. Dewi, S.S. Kumoro, A.C. 2015. *Sifat fisikokimia dan organoleptik tepung mocaf (modified cassava flour) dengan fermentasi menggunakan ekstrak kubis*. The 2<sup>nd</sup> University Research Coloquium 2015. Semarang. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro
- Holzafel M, Mayrhuber E, Danner H, Braun R. 2003. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. *Trends Biotechnol.* 21:282-287.
- Ilato, R., Bahua, M.I., 2014, Analisis Rantai Komoditas Jagung serta Strategi Peningkatan Pendapatan Petani Jagung di Provinsi Gorontalo, *Penelitian Prioritas Nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2012-2025*, Universitas Negeri Gorontalo.
- Ilato, Rosman dan Bahua Mohammad Iqbal. 2014. *Analisis Rantai Nilai Komoditas Jagung Serta Strategi Peningkatan Pendapatan Petani Jagung di Provinsi Gorontalo*. Laporan Tahunan PENPRINAS MPEI 2011-2025. Universitas Negeri Gorontalo.
- Jannah, dkk. 2014. *Total Bakter Asam Laktat, pH, Keasaman, Citarasa dan Kesukaan Yogurt Drink dengan Penambahan Ekstrak Buah Belimbing*. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 3 (2) Semarang : Fakultas Peternakan dan Pertanian. Universitas Diponegoro.

- Jay S, Davos D, Dundas M, Frankish E, Lightfoot D. 2003. *Salmonella*. Di dalam: Foodborne Microorganisms of Public Health Significance, Hocking AD, editor. Ed ke-6. Australia (AU): Southwood Press Ltd. hlm 207-266.
- Khoir, 2013 dkk. Fermentasi Limbah Padat Pengolahan Bioetanol Singkong (*Manihot esculenta*) Oleh *Aspergillus niger* Terhadap Perubahan Kandungan Kualitas Nutrisi. Jurnal Edisi Agustus 2013 vol : VII No.2.
- Koswara, Sutrisno. 2009. *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan.
- Kusnandar, F., Hariyadi, P. Dan Syamsir, E. 2011. Aliran Fluida. Bogor: IPB-IRC.
- Kustyawati, M, E. Sari, M. Haryati, T. *Efek Fermentasi Dengan Saccharomyces cerevisiae Terhadap Karakteristik Biokimia Tapioka*. Jurnal Agritech vol. 33. No. 3, Agustus 2013.
- La Ega. 2002. *Kajian Sifat Fisik dan Kimia Serta Pola Hidrolisis Pati Ubi Jalar Jenis Unggul Secara Enzimatis dan Asam*. Desertasi Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lakoro, Sumarni. 2014. *Analisis Kadar Pati Pada Umbi Gadung (Dioscorea hispida Dennst) Yang Difermentasi dengan Aspergillus niger*. Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas MIPA. Universitas Gorontalo. Gorontalo
- Lestyningrum, Silvia ., Lestario, Lydia Ninan., dan Hartini, Sri. 2012. *Mocorin (Modifikasi Tepung Jagung Kuning (Zea mays L.) varietas bisi 2-Bekatul) ditelaah dari nilai gizi dan cita rasa*. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia IV. Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS.



- Marissa, Dina. 2010. *Formulasi Cookies Jagung dan Pendugaan Umur Simpan Produk dengan Pendekatan Kadar Air Kritis*. Skripsi diterbitkan. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Miranti, M., Tita Rialita dan Fitri Filianty. 2011. *Studi Karakteristik Pati Ubi Jalar Modifikasi Ganda Metode Cross Linking-Asetat dan Aplikasinya Dalam Pembuatan Saus Cabai*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. Vol. 4 No. 2.
- Murniati, A. 2005. *Pengaruh Jenis Ragi dan Lama Fermentasi Terhadap Sifat Fisik-Kimia dan Organoleptik Tepung Ubi Kayu Tersakarifikasi*. Skripsi. Teknologi Hasil Petanian. Universitas Brawijaya. Malang
- Nangin, D. dan Sutrisno, A. 2015. Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah Dari Mikroba: Kajian Pustaka *Raw Starch Degrading Amylase Enzyme from Microbes: A Review*. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No 3 p.1032-1039, Juli 2015.
- Pratiwi, Ratih. 2009. *Modifikasi Pati Garut Dengan Perlakuan Siklus Pemanasan Suhu Tinggi-Pendinginan (Autoclaving-Cooling Cycling) Untuk Menghasilkan pati Resisten Tipe III*. Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Pudjihastuti, I. 2010. *Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Fotokimia UV untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka*. Thesis Universitas Diponegoro Semarang.
- Rahmawati, 2013. *Isolasi Dan Identifikasi Mikroorganisme Indigenus Dan Aplikasinya Pada Fermentasi Jagung Serta Karakterisasi Sifat Fisikokimia*

*Tepung Yang Dihasilkan*. Skripsi diterbitkan. Insitut Pertanian Bogor.

- Rahmawati, Ani. 2010. *Pemanfaatan Limbah Kulit Ubi Kayu (Manihot utilissima Pohl). Dan Kulit Nanas (Ananas comosus L.) pada produksi bioetanol menggunakan Aspergillus niger*. Skripsi tidak diterbitkan. Surakarta. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sebelas Maret
- Rianto, Bobby Fajar. 2006. *Desain Proses Pembuatan dan Formulasi Mi Basah Berbahan Baku Tepung Jagung*. Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Riyani, 2007. *Teknologi produksi dan karakterisasi tepung jagung varietas unggul nasional*. Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: Fakultas Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Saidin, M. 2008. *Isolasi Jamur Penghasil Enzim Amylase Dari Substrat Ubi Jalar (Ipomea batatas)*. Skripsi. Fakultas mipa. Universitas Ahmad Dahlan : Yogyakarta.
- Siregar, Grace Sintari. 2009. *Analisis Respon Penawaran Komoditas Jagung Dalam Rangka Mencapai Swasembada Jagung di Indonesia*. Skripsi tidak diterbitkan. Bogor :Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor.
- Sitompul, Nesha PRM. 2012. *Studi Pengolahan dan Lama Penyimpanan Saus Cabai dari Bahan Dasar Cabai Merah (Capsicum annum l.) dan Cabai Rawit (capsicum frutencens l.) Yang difermentasi*. Skripsi tidak diterbitkan. Makassar. Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Subagio, A. 2007. *Industrialisasi Modified Cassava Fluor (Mocaf) sebagai Bahan Baku Industri Pangan*

*untuk Menunjang Diversifikasi Pangan Pokok Nasional.*Jember: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Sukainah, A., Johannes, E., Putra,R. Plisolasi dan Identifikasi Fungi Indigenus pada Fermentasi Spontan Tepung Jagung Bisi 18. 2016.

Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi.* UNESA University Press. Surabaya.

Surono, I. S. 2004. Probiotik Susu Fermentasi dan Kesehatan. YAPMMI, Jakarta

Suryadaja, Amanda. 2005. *Potensi Ubi Jalar Putih dan Merah( ipomoea batatas l.) UntukPertumbuhan Bakteri Asam Laktat danMenekan Pertumbuhan Patogen.* Skripsi tidak diterbitkan. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Suryawijaya I. 2009. *Rancang Bangun Sistem Intelijen untuk Enterprise Resource Planning (ERP) pada Industri Tepung Jagung.* Skripsi diterbitkan.Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Triantarti. 2000. *Optimasi Produksi Dekstran dengan Menggunakan Nira Tebu sebagai Bahan Baku. Pasuruan (ID):* PTPN XI Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia.

Tuahta, B. Restuhadi, F. Pato, U. *Studi Fermentasi Untuk Modifikasi Pati Sagu Oleh Bakteri Asam Laktat Dengan Metode Perendaman.* Jurnal Jom Fapert. Vol. 1 No. 2. Fakultas Pertanian. Universitas Riau. Riau

Wening, Pratiwi. 2009. *Teknik Puffing Pemanasan Konduksi Granula Pasir Panas Dalam Pembuatan Berondong Jagung Varietas Unggul Nasional.* Skripsi tidak

diterbitkan. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

Winarno FG. 2004. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia Pustaka utama, Jakarta.

Zaidin, Muhamad. 2010. *Isolasi Jamur Penghasil Enzim Amilase Dari Subtrat Ubi Jalar (Ipomoea batatas)*. Tugas Akhir II. Program Studi Biologi. Fakultas MIPA. Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta.

Zarkasie, I. M. dan Prihandini, W.W. 2016. *Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Penambahan kultur terhadap mutu sagu Termodifikasi*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh November.

Zubaidahs, Elok dan Noviatul Irawati. 2012. *Pengaruh Penambahan Kultur (Aspergillus niger, L, plantarum) Dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Mocaf*. Jurusan Teknologi HASIL pertanian, FTP : UB

Zuhri, M.A.A.A. Setyohadi, Ridwansyah. 2015. Karakteristik Kimia dan Fungsional Tepung Biju Durian (*Durio zibethinus Murr*) Termodifikasi. Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan. Vol. 3 No, 2 Th. 2015.

