

**PENGARUH STARTER BAKTERI ASAM LAKTAT DAN LAMA
FERMENTASI TERHADAP PROFIL FERMENTASI
UBI JALAR KUNING**

(Skripsi)

Oleh

EDO JATMIKO



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

EFFECT OF LACTIC ACID BACTERIA STARTER AND FERMENTATION TIME TO THE FERMENTATION PROFILE OF YELLOW SWEET POTATO

By

EDO JATMIKO

The aim of this research was to know the fermentation profile of yellow sweet potato fermented using various types of lactic acid bacteria (LAB) starter at various fermentation lengths. The study was arranged in a Completely Randomized Block Design (CRBD) with two factors and three replications. The first factor was the type of lactic acid bacteria starter (spontaneous fermentation, pickle brain and *Leuconostoc mesenteroides*). The second factor was fermentation length: 0 hours, 24 hours, 48 hours, 72 hours. The data obtained were tested for their homogeneity of variance with the Bartlett test and their additivity with Tuckey test. Analysis of variance was used to determine the effect of treatments, and the data were then tested further by using orthogonal polynomial-orthogonal contrast test at 1% level. As for the morphology of starch granules (before and after fermentation) was discussed descriptively. Fermentation profile during fermentation of yellow sweet potato as following. Spontaneous treatment showed a linear increase ($\alpha = 0.01$) of total lactic acid (0.1%), residual reduction sugar (26.7%), crude EPS (0.9%), and a quadratically

decrease of the pH (optimum: 58.56 hours; pH 3.63) and total LAB (optimum: 53.68 hours; 8.36 log CFU/mL). Pickle starter showed a linear increase ($\alpha = 0.01$) of total lactic acid (1.6%), residual reduction sugar (28.8%), crude EPS (1.0 %), and a quadratically decrease of the pH (optimum: 72.50 hours pH 3.79) and total LAB (optimum: 58.75 hours; 8.31 log CFU/mL). *Leuconostoc mesenteroides* starter showed a linear increase ($\alpha = 0.01$) of total lactic acid (0.1%), residual reduction sugar (26.13%), crude EPS (1.6 %), and a quadratically decrease of the pH (optimum: 51.13 hours; pH 3.80) and total LAB (optimum: 92.50 hours; 8.63 log CFU /mL).

Keywords: Fermentation profile, sweet potato, *Leuconostoc mesenteroides*, pickle, lactic acid bacteria.

ABSTRAK

PENGARUH STARTER BAKTERI ASAM LAKTAT DAN LAMA FERMENTASI TERHADAP PROFIL FERMENTASI UBI JALAR KUNING

Oleh

EDO JATMIKO

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil fermentasi laktat ubi jalar kuning yang difermentasi menggunakan berbagai jenis starter bakteri asam laktat pada berbagai lama fermentasi. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor dan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah jenis starter bakteri asam laktat yaitu fermentasi secara spontan, starter cairan pikel dan *Leuconostoc mesenteroides*. Faktor kedua adalah lama fermentasi yaitu 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam. Data yang diperoleh diuji kesamaan ragamnya dengan uji Bartlett dan kemenambahan dengan uji Tuckey. Analisis sidik ragam digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan., data kemudian diuji lanjut dengan uji *orthogonal polynomial–orthogonal contras* pada taraf 1 %. Sementara untuk morfologi granula pati (sebelum dan setelah fermentasi) dibahas secara deskriptif. Profil fermentasi ubi jalar kuning selama fermentasi adalah sebagai berikut: perlakuan fermentasi spontan menunjukkan peningkatan secara linier ($\alpha = 0,01$) total asam laktat (0,1%), gula reduksi sisa (26,7%), EPS kasar (0,9%), dan penurunan secara kuadratik pada pH (optimum: 58,56 jam; pH 3,63)

dan total BAL (optimum: 53,68 jam; 8,36 log CFU/mL). Pada starter cairan pikel terjadi peningkatan secara linier ($\alpha = 0,01$) total asam laktat (1,6%), gula reduksi sisa (28,8%), EPS kasar (1,0%), dan penurunan secara kuadratik pada pH (optimum: 72,50 jam; pH 3,79) dan total BAL (optimum: 58,75 jam; 8,31 log CFU/mL). Fermentasi dengan starter *Leuconostoc mesenteroides* menunjukkan peningkatan secara linier ($\alpha = 0,01$) total asam laktat (0,1 %), gula reduksi sisa (26,13 %), EPS kasar (1,6 %), dan secara kuadratik penurunan pH (optimum: 51,13 jam; pH 3,80) dan total BAL (optimum: 92,50 jam; 8,63 log CFU/mL).

Kata Kunci: Profil fermentasi, ubi jalar kuning, *Leuconostoc mesenteroides*, pikel, bakteri asam laktat

**PENGARUH STARTER BAKTERI ASAM LAKTAT DAN LAMA
FERMENTASI TERHADAP PROFIL FERMENTASI
UBI JALAR KUNING**

Oleh

Edo Jatmiko

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **PENGARUH STARTER BAKTERI ASAM
LAKTAT DAN LAMA FERMENTASI
TERHADAP PROFIL FERMENTASI
UBI JALAR KUNING**


Nama Mahasiswa : **Edo Jatmiko**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1414051034

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian


Fakultas : Pertanian




Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D.
NIP. 19650725 199203 2 002


Dr. Dwi Saptika, S.T.P., M.Si.
NIP. 19701220 200812 2 001

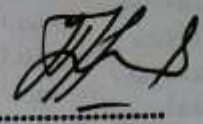
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Ir. Susilawati, M.Si.
NIP. 19610806 198702 2 001

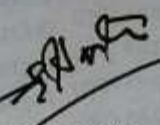
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

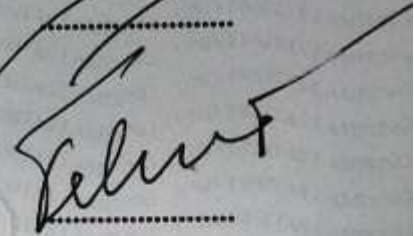
Ketua : Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D.



Sekretaris : Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Sutikno, M.Sc., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 4 Juli 2018

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Edo Jatmiko NPM 1414051034 dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung,
Yang membuat pernyataan



Edo Jatmiko
NPM. 1414051034

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 23 Desember 1995, sebagai anak bungsu dari dua bersaudara buah hati pasangan Bapak Jais dan Ibu Umi Kalsum. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Rajabasa Raya, Bandar Lampung, lulus pada tahun 2008. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan menengah di SMP Negeri 8 Bandar Lampung, kemudian pada tahun 2011 penulis melanjutkan pendidikannya ke SMA Negeri 9 Bandar Lampung, lulus pada tahun 2014. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada bulan Januari-Maret 2017, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kalirejo, Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah dengan tema “Pemberdayaan Kampung Berbasis Teknologi dan Informasi”. Pada Juli-Agustus 2017, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Moniska Family, Girikerto, Sleman, Yogyakarta. Selama di perguruan tinggi, penulis tergabung dalam Forum Ilmiah Mahasiswa (Filma) Fakultas Pertanian sebagai tutor Jurusan Teknologi Hasil Pertanian pada kepengurusan tahun 2015/2016. Penulis juga pernah menjadi asisten mata kuliah Fisiologi Pascapanen tahun ajaran 2017/2018.

SANWANCANA

Puji syukur Penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas nikmat, petunjuk serta ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, dan dorongan baik itu langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D., selaku pembimbing utama atas arahan, saran, bantuan, motivasi, dan bimbingan yang telah diberikan selama proses penelitian dalam penyusunan skripsi.
4. Ibu Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si., selaku pembimbing kedua atas saran, motivasi, dan bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Ir. Sutikno, M.Sc., Ph.D., selaku penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Ir. Tanto Pratondo, M.Si., selaku pembimbing akademik atas bimbingan, dan semangat yang telah diberikan.

7. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu dan wawasan kepada penulis selama kuliah.
8. Keluargaku tercinta (Bapak, Ibu, dan Mbak Atik) yang telah memberikan dukungan, motivasi, nasihat, dan doa yang selalu menyertai penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan skripsi.
9. Teman-temanku (Adnan, Indra, Irfan, Zaenal, Ketut, Deddy, dan Mia), THP angkatan 2014, serta teman-teman Mikrobiologi (Untung, Fatimah, Eka, dan Lia) atas segala bantuan, dukungan, semangat, canda tawa, dan kebersamaannya selama ini.

Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan dapat memberikan manfaat bagi penulis pribadi dan bagi para pembaca.

Bandar Lampung, Juli 2018

Penulis,

Edo Jatmiko

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Kerangka Pemikiran	4
1.4. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Ubi Jalar (<i>Ipomea batatas L Sin.</i>)	8
2.2. Profil Fermentasi	11
2.2.1. Pertumbuhan Mikroba	12
2.2.2. Produk Hasil Fermentasi	14
2.3. Fermentasi Asam Laktat	17
III. BAHAN DAN METODE	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2. Bahan dan Alat	23
3.3. Metode Penelitian	24
3.4. Pelaksanaan Penelitian	25
3.4.1. Pembuatan Starter Kultur <i>Leuconostoc mesenteroides</i> ..	25
3.4.2. Pembuatan Starter Cairan Pikel	26
3.4.3. Proses Fermentasi Ubi Jalar Kuning	28
3.5. Pengamatan	30
3.5.1. Analisa Derajat Keasaman (pH) Larutan Fermentasi.....	30
3.5.2. Analisa Total Asam Laktat	30

3.5.3. Analisa Total Bakteri Asam Laktat dan Non-BAL	31
3.5.4. Analisa Kadar Eksopolisakarida Kasar	31
3.5.5. Analisa Gula Reduksi Sisa	32
3.5.6. Pengamatan Granula Pati	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengaruh Starter Bakteri Asam Laktat dan Lama Fermentasi terhadap Total Asam Laktat dan Derajat Keasaman (pH)	34
4.2. Pengaruh Starter Bakteri Asam Laktat dan Lama Fermentasi terhadap Total Bakteri Asam Laktat (BAL)	37
4.3. Pengaruh Starter Bakteri Asam Laktat dan Lama Fermentasi terhadap Gula Reduksi Sisa	40
4.4. Pengaruh Starter Bakteri Asam Laktat dan Lama Fermentasi terhadap Kadar Eksopolisakarida Kasar	42
4.5. Morfologi Granula Pati Ubi Jalar Kuning	43
4.6. Pembahasan Umum	45
IV. KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1. Kesimpulan	47
4.2. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Komposisi nilai gizi ubi jalar per 100 gram bahan segar	9
2.	Sifat-sifat umum bakteri asam laktat	21
3.	Total non bakteri asam laktat selama fermentasi.....	38
4.	Profil fermentasi ubi jalar kuning (pH , total asam laktat, EPS kasar, gula reduksi sisa, BAL dan non BAL)	46
5.	Derajat keasaman (pH) cairan fermentasi	59
6.	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's Test</i>) derajat keasaman (pH) cairan fermentasi	60
7.	Analisis ragam derajat keasaman (pH) larutan fermentasi	61
8.	Uji lanjut <i>orthogonal polynomial-orthogonal kontras</i> derajat keasaman (pH) larutan fermentasi	62
9.	Hasil analisis total asam laktat (%).....	63
10.	Hasil analisis total asam laktat (%) (data ditransformasi ke bentuk \sqrt{x}).....	64
11.	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's Test</i>) total asam laktat	65
12.	Analisis ragam total asam laktat	66
13.	Uji lanjut <i>orthogonal polynomial-orthogonal kontras</i> total asam laktat	67
14.	Hasil analisis total bakteri asam laktat selama fermentasi ubi jalar kuning (CFU/mL).....	68

15.	Hasil analisis total bakteri asam laktat selama fermentasi ubi jalar kuning (Log CFU/mL)	89
16.	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's Test</i>) total bakteri asam laktat selama fermentasi	70
17.	Analisis ragam total bakteri asam laktat.....	71
18.	Uji lanjut <i>orthogonal polynomial-orthogonal kontras</i> total bakteri asam laktat	72
19.	Hasil analisis kadar eksopolisakarida kasar (g/mL)	73
20.	Hasil analisis kadar eksopolisakarida kasar (data ditransformasi ke bentuk \sqrt{x})	74
21.	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's Test</i>) kadar eksopolisakarida kasar	75
22.	Analisis ragam kadar eksopolisakarida kasar	76
23.	Uji lanjut <i>orthogonal polynomial-orthogonal kontras</i> kadar eksopolisakarida kasar	77
24.	Hasil absorbansi kurva standar gula reduksi	78
25.	Hasil analisis gula reduksi sisa selama fermentasi (Ulangan ke-1).....	78
26.	Hasil analisis gula reduksi sisa selama fermentasi (Ulangan ke-2).....	79
27.	Hasil analisis gula reduksi sisa selama fermentasi (Ulangan ke-3).....	79
28.	Rekapitulasi data kadar gula reduksi sisa (mg/mL)	80
29.	Uji kehomogenan (kesamaan) ragam (<i>Bartlett's Test</i>) gula reduksi sisa	81
30.	Analisis ragam kadar gula reduksi sisa	82
31.	Uji lanjut <i>orthogonal polynomial-orthogonal kontras</i> kadar gula reduksi sisa	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ubi jalar ungu, ubi jalar putih, dan ubi jalar kuning.....	10
2. Fase pertumbuhan bakteri.....	13
3. Perubahan glukosa menjadi asam laktat	15
4. Diagram alir pembuatan starter <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	26
5. Diagram alir pembuatan starter pikel ubi jalar kuning	27
6. Diagram alir proses fermentasi ubi jalar dengan 3 jenis perlakuan	29
7. Pengaruh starter bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap total asam laktat	35
8. Pengaruh starter bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap nilai derajat keasaman (pH) larutan fermentasi ubi jalar kuning.....	35
9. Pengaruh starter bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap total bakteri asam laktat	37
10. Pengaruh starter bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap kadar gula reduksi sisa.....	41
11. Pengaruh starter bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap kadar eksopolisakarida kasar	44
12. Morfologi granula pati ubi jalar kuning	48
13. Kurva standar gula reduksi/glukosa	78
14. Perubahan nilai pH larutan fermentasi secara linier	84
15. Perubahan nilai total asam laktat secara linier.....	84
16. Perubahan total BAL secara linier.....	85

17.	Perubahan kadar EPS kasar secara linier.....	85
18.	Perubahan gula reduksi sisa secara linier	86
19.	Ubi jalar kuning	86
20.	Pencucian ubi jalar kuning	86
21.	Potongan ubi jalar kuning.....	87
22.	Starter cairan piket.....	87
23.	Pembuatan starter <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	87
24.	Starter <i>L. mesenteroides</i>	87
25.	Sentrifugasi dingin cairan fermentasi	87
26.	Supernatan hasil sentrifugasi dingin.....	88
27.	Inkubasi supernatan yang ditambahkan etanol 96%	88
28.	Penimbangan EPS	88
29.	EPS kering	88
30.	Titration asam basa larutan fermentasi	88
31.	Pengukuran pH larutan fermentasi	88
32.	Analisis gula reduksi sisa	89
33.	Hasil penambahan fenol asam sulfat cairan fermentasi.....	89
34.	Koloni bakteri asam laktat dalam media MRSA + CaCO ₃ 1%	89

\

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Ubi jalar kuning memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan dalam menunjang program diversifikasi pangan karena merupakan sumber karbohidrat. Menurut Sarwono (2005) ubi jalar kuning mengandung karbohidrat sebesar 32,30 g/100 g bahan segar. Produk olahan berbasis ubi jalar yang dapat dikembangkan antara lain makanan bayi, salad *dressing*, *cake mix* (Anggraeni dan Yuwono, 2014), olahan berbasis tepung ubi jalar (Kamal *et al.*, 2013) dan piksel (Yuliana *et al.*, 2013; Oke dan Workneh, 2013; Oloo *et al.*, 2013). Ubi jalar yang diolah menjadi tepung memerlukan sebuah proses modifikasi, supaya tepung yang dihasilkan dapat lebih aplikatif untuk diolah lebih lanjut. Modifikasi tepung ubi jalar yang dapat dilakukan yaitu dengan fermentasi asam laktat (Yuliana *et al.*, 2014; Novianti, 2016; Liao dan Wu, 2016; Andaningrum, 2017; Yulianti, 2017).

Selain modifikasi tepung, pengolahan ubi jalar yang juga melibatkan proses fermentasi laktat adalah pembuatan piksel. Pengolahan ubi jalar dengan proses fermentasi laktat dilakukan untuk memperoleh karakteristik piksel yang lebih baik dalam hal mikrobiologi, fisiko-kimia, maupun organoleptik (Yuliana *et al.*, 2013). Modifikasi tepung dengan fermentasi laktat menghasilkan tepung yang mudah mengembang dan tidak bau apek (Yuliana *et al.*, 2014; Martian, 2015; Nabila,

2015; Yulianti, 2017). Selain itu, fermentasi dengan bantuan bakteri asam laktat tertentu memiliki sebuah keuntungan yaitu mampu menghasilkan eksopolisakarida (EPS) yang berguna sebagai *dietary supplement* dan inulin, EPS hasil produksi BAL dapat menempel pada mukosa usus halus sehingga meningkatkan kemampuan untuk menekan pertumbuhan bakteri patogen apabila dikonsumsi (Madiedo dan Gavilan, 2005).

Proses fermentasi asam laktat dapat berlangsung dengan bantuan starter bakteri asam laktat (Zubaidah dan Irawati, 2013). BAL yang biasa digunakan dalam proses fermentasi adalah *Leuconostoc mesenteroides*. *Leuconostoc* merupakan bakteri heterofermentatif yang dapat memecah glukosa dan menghasilkan 50% asam laktat, etanol, asam asetat, gliserol, manitol, dan CO₂ (Gibbons dan Westby, 1986). Selain *Leuconostoc mesenteroides*, starter bakteri asam laktat dapat diperoleh dari starter cairan pikel yang ditambahkan sejumlah garam (Yuliana dan Nurdjanah, 2009). Bakteri asam laktat juga dapat diperoleh dari proses fermentasi spontan yang ditambahkan sejumlah garam (Wildan, 2015). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan fermentasi ubi jalar menggunakan starter *Leuconostoc mesenteroides* dan cairan pikel serta fermentasi spontan.

Keberhasilan proses fermentasi asam laktat sangat dipengaruhi oleh keberhasilan dalam mengoptimalkan faktor-faktor dari pertumbuhan bakteri asam laktat yang diinginkan. Faktor-faktor tersebut akan memberikan kondisi yang berbeda untuk setiap jenis starter sesuai dengan lingkungan hidupnya masing-masing sehingga mempengaruhi fermentasinya. Selain itu setiap starter mikroba akan menunjukkan perbedaan pola pertumbuhan, periode waktu yang dibutuhkan untuk

tumbuh maupun beradaptasi, dan metabolit yang dihasilkan (Yuliana, 2008).

Informasi terkait pola pertumbuhan dan metabolit yang dihasilkan sangat diperlukan untuk mengetahui efisiensi proses fermentasi (Manfaati, 2010).

Studi terkait fermentasi diperlukan sebagai dasar untuk memahami setiap proses fermentasi. Profil fermentasi menggambarkan pertumbuhan dan pembentukan produk oleh mikroorganisme. Pertumbuhan dan pembentukan produk mempengaruhi kemampuan respons sel dan disinilah letak perlunya studi dalam proses fermentasi secara rasional. Selama pertumbuhan, mikroorganisme memerlukan substrat sebagai bahan dasar yang digunakan untuk penggandaan sel dan pembentukan produk metabolit (Judoamidjojo *et al.*, 1992). Sehingga, data terkait pola pertumbuhan dan konsumsi substrat sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi optimum selama fermentasi.

Penelitian mengenai proses fermentasi ubi jalar sudah banyak dilakukan. Salah satu diantaranya adalah penelitian Martian (2015) dan Nabila (2015) terhadap modifikasi ubi jalar dengan starter campuran bakteri asam laktat dan yeast dapat memperbaiki karakteristik tepung ubi jalar. Yuliana *et al.* (2013), menyatakan bahwa fermentasi piket ubi jalar kuning dengan kultur campuran BAL menghasilkan karakteristik piket terbaik secara organoleptik dengan nilai total asam laktat 0,5%, pH 3,39, dan total bakteri asam laktat 8,46 log CFU/mL. Halim dan Zubaidah (2013) juga melaporkan bahwa EPS yang dihasilkan oleh BAL komersial (*Lactobacillus casei*) adalah sebesar 1340 mg/L. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa perbedaan jenis starter pada substrat tertentu akan menghasilkan profil fermentasi yang berbeda.

Sejauh ini, penelitian mengenai proses fermentasi ubi jalar telah banyak dilakukan, tetapi masih sebatas untuk ubi jalar putih dan belum banyak diketahui bagaimana profil fermentasi ubi jalar kuning dengan berbagai jenis starter bakteri asam laktat selama fermentasi. Demikian pula, belum ada informasi mengenai pola pertumbuhan bakteri asam laktat, perubahan granula pati, dan kadar eksopolisakarida selama proses fermentasi. Sehingga pada penelitian ini dikaji mengenai profil fermentasi ubi jalar kuning dengan berbagai starter bakteri asam laktat selama fermentasi.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui profil fermentasi asam laktat ubi jalar kuning (total bakteri asam laktat, total non-BAL, total asam laktat, pH, kadar eksopolisakarida kasar, dan perubahan granula pati) yang difermentasi menggunakan berbagai jenis starter bakteri asam laktat (fermentasi spontan, cairan pikel, dan *Leuconostoc mesenteroides*) pada berbagai lama fermentasi.

1.3. Kerangka Pemikiran

Profil fermentasi menggambarkan pertumbuhan dan pembentukan produk oleh mikroorganisme. Pertumbuhan dan pembentukan produk mempengaruhi kemampuan respons sel, sehingga diperlukan studi terkait proses fermentasi secara rasional. Selama pertumbuhan, mikroorganisme memerlukan substrat sebagai bahan dasar yang digunakan untuk pengandaan sel dan pembentukan produk metabolit (Judoamidjojo *et al.*,1992). Fermentasi merupakan salah satu

teknologi yang dapat dilakukan dalam memodifikasi tepung ubi jalar. Dengan memperhatikan jenis bakteri asam laktat yang dipilih maka akan diperoleh proses fermentasi yang sesuai sehingga dapat mengoptimalkan hasil yang diinginkan. Perbedaan kultur starter yang ditambahkan akan mempengaruhi proses fermentasi dan hasil fermentasinya. Sehingga, dengan adanya penambahan kultur yang berbeda maka akan menghasilkan hasil yang berbeda pada produk yang terfermentasi (Margareta, 2010).

Bakteri asam laktat yang biasa digunakan dalam proses fermentasi adalah starter cairan pickle dan *Leuconostoc mesenteroides*. *Leuconostoc* merupakan bakteri heterofermentatif yang dilaporkan memiliki sifat amilolitik yaitu mampu menghasilkan enzim *amylase* untuk mendegradasi pati (Reddy *et al.*, 2008). Selain itu, cairan pickle juga dapat digunakan sebagai starter dalam fermentasi asam laktat ubi jalar (Yuliana *et al.*, 2014). Menurut Brock dan Brock (1988), fermentasi pickle secara umum dibagi menjadi 3 tahap yaitu: tahap awal 2-3 hari kebanyakan tumbuh bakteri, jamur, dan ragi; tahap intermediet *L. mesenteroides* yang merupakan BAL heterofermentatif lebih dominan, mikroba yang tak diinginkan mulai berkurang dan ketika total asam naik, pH turun, tumbuh lebih banyak BAL homofermentatif; tahap akhir lebih didominasi oleh *Lactobacillus* dengan total asam 0,5-1% dan pH \pm 3,5. Menurut Yuliana *et al.* (2014), fermentasi secara spontan ubi jalar selama 120 jam dapat menghasilkan proses yang berdampak besar terhadap modifikasi tepung. Berdasarkan perbedaan tersebut, diduga penggunaan jenis starter yang berbeda akan menghasilkan profil fermentasi yang berbeda, seperti pola pertumbuhan mikroba, produksi metabolit, dan perubahan substrat selama fermentasi.

Selain jenis starter, faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil fermentasi adalah lama fermentasi. BAL yang tumbuh selama fermentasi akan menghasilkan enzim amilase dan selulase yang dapat menghancurkan dinding sel bahan. Akibatnya, terjadi perubahan granula pati, dan selanjutnya terhidrolisis oleh BAL menjadi monosakarida yang nantinya akan dikonversi menjadi asam laktat (Subagio, 2006). Oleh karena itu, semakin lama fermentasi jumlah asam laktat yang dihasilkan semakin meningkat, dan menyebabkan pH larutan fermentasi dan pH tepung semakin menurun (Setiawan *et al.*, 2013; Yuliana *et al.*, 2013; Yuliana *et al.*, 2014). Selain meningkatnya asam-asam organik, semakin lama fermentasi, semakin banyak enzim yang mendegradasi pati yang dihasilkan BAL. Degradasi pati tersebut menghasilkan rantai pati yang semakin pendek sehingga jaringan internal granula pati akan semakin melemah dan mudah menyerap air, selanjutnya granula pati mengembang dan akan meningkatkan pembengkakan granula (*swelling power*) (Odedeji dan Adeleke, 2010).

Aktifitas mikroba selama fermentasi akan mencapai hasil yang optimum apabila fermentasi dilakukan pada waktu yang tepat. Tingkat aktivitas mikroba tidak selalu sama, tergantung pada jenis bakteri dan lama fermentasi. Terdapat beberapa fase pertumbuhan dalam aktivitas mikroba, yaitu fase penyesuaian diri, fase logaritmik, fase stasioner, dan fase kematian. Fase yang paling menentukan yaitu fase logaritmik, dalam fase ini akan terjadi peningkatan kuantitas mikroba sehingga fermentasi yang dilakukan dapat berjalan optimal (Lay, 1989).

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah profil fermentasi asam laktat ubi jalar kuning (total bakteri asam laktat, total non-BAL, total asam laktat, pH, kadar eksopolisakarida kasar, dan perubahan granula pati) dipengaruhi oleh jenis starter bakteri asam laktat (fermentasi spontan, cairan pikel, dan *Leuconostoc mesenteroides*) dan lama fermentasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ubi Jalar (*Ipomea batatas L Sin.*)

Menurut Malik (2003), ubi jalar mempunyai nama ilmiah *Ipomea batatas L Sin.*

Tanaman ini termasuk dalam famili Convolvulaceae dengan genus *Ipomea*.

Secara lebih lengkap, taksonomi atau klasifikasi ilmiah dari tanaman ubi jalar adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Convolvulales
Famili	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomea</i>
Species	: <i>Ipomoea batatas L Sin.</i>

Ubi jalar atau ketela rambat (*Ipomea batatas L.*) adalah sejenis tanaman ubi–ubian dengan susunan utama terdiri dari batang, ubi, daun, buah dan biji. Ubi jalar memiliki karakteristik umur relatif pendek, mudah diproduksi pada berbagai lahan dengan produktifitas antara 20-40 ton/ha umbi segar (Zuraida dan Supriati, 2001). Produktivitas ubi jalar di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun, pada

tahun 2014 produktivitas ubi jalar mencapai 2,3 juta ton dan pada tahun 2015 meningkat menjadi 2,4 juta ton (BPS, 2015).

Komposisi kimia yang terkandung dalam ubi jalar dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu varietas, lokasi, dan musim tanam (Soenardjo, 1984). Ubi jalar mengandung kadar air yang cukup tinggi, sehingga bahan kering yang terkandung di dalamnya relatif rendah. Kandungan karbohidrat rata-rata bahan kering ubi jalar sebesar 30% dan sangat bervariasi bergantung dari beberapa faktor, yaitu kultivar, lokasi, iklim, tipe tanah, serangan hama dan penyakit, dan cara menanamnya (Bradburry dan Halloway, 1988). Komposisi nilai gizi ubi jalar per 100 gram disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi nilai gizi ubi jalar per 100 gram bahan segar

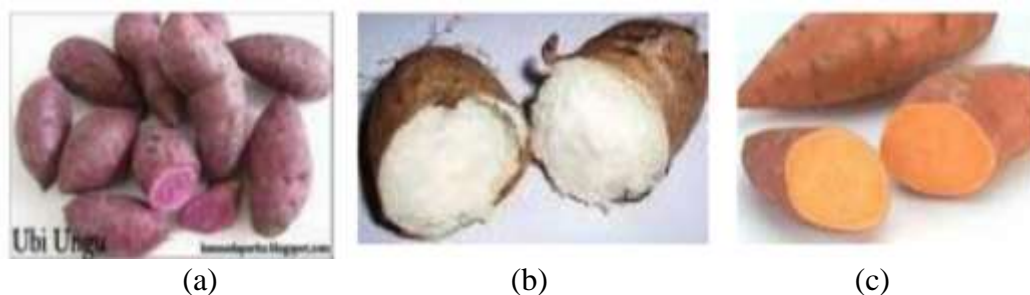
Kandungan Gizi	Jenis Warna Daging Umbi		
	Kuning	Putih	Ungu
Karbohidrat (g)	32,30	27,90	27,90
Air (%)	79,28	62,24	70,46
Abu (%)	1,09	0,93	0,84
Pati (%)	15,18	28,79	12,64
Protein (%)	1,10	0,89	0,77
Gula reduksi (%)	1,69	0,32	0,3
Serat kasar (%)	0,84	2,5	3
Lemak (%)	0,40	0,77	0,94
Vitamin C (mg)	35,00	28,68	21,43

Sumber: Sarwono (2005).

Ubi jalar memiliki kandungan air yang cukup tinggi sehingga bahan kering yang terkandung relatif rendah. Komposisi kimia ubi jalar terutama terdiri dari karbohidrat, protein dan mineral, vitamin A, vitamin B, dan vitamin C (Tabel 1). Beberapa enzim yang terdapat dalam ubi jalar antara lain α -amilase, β -amilase, dan fosforilase yang terdistribusi dalam jaringan umbi (Hagenimana *et al.*, 2004).

Selama penyimpanan akan terjadi perubahan aktivitas enzim dan karbohidrat, tergantung kultivar ubi jalar. Pada kultivar tertentu diakhir penyimpanan terjadi peningkatan sukrosa, dekstrin, α -amilase, dan *sucrose synthase* (Takahata *et al.*, 1995). Ubi jalar mempunyai bentuk dan jenis yang bermacam-macam pada bentuk, ukuran, warna daging umbi, warna kulit, daya simpan, komposisi kimia, sifat pengolahan dan umur panen (Rozi dan Krisdiana, 2005). Bentuk ubi biasanya bulat sampai lonjong dengan permukaan rata sampai tidak rata.

Berdasarkan warna daging umbi, ubi jalar dibedakan menjadi tiga golongan yaitu ubi jalar putih (yakni jenis ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna putih), ubi jalar kuning (yakni ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna kuning muda) dan ubi jalar ungu (yakni jenis ubi jalar yang memiliki daging umbi berwarna ungu muda) (Soemartono, 1984). Tiga golongan ubi jalar berdasarkan daging umbi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ubi jalar ungu (a), ubi jalar putih (b), dan ubi jalar kuning (c)
Sumber: Anonim (2008).

Pemanfaatan ubi jalar sebagai bahan pokok pangan sudah dikenal sejak lama tetapi masih terbatas jenis olahannya. Selama ini pengolahan ubi jalar dimanfaatkan menjadi berbagai bentuk produk, seperti ubi rebus, ubi goreng, ubi panggang, kolak dan keripik. Ubi jalar juga banyak dikembangkan menjadi

berbagai produk olahan seperti kue (bolu dan lapis), manisan, asinan, selai, sari buah, perasa susu, dan berbagai jenis minuman pada tingkat komersial (Rosmarkam dan Yuwono, 2002). Berdasarkan hal tersebut, ubi jalar memiliki potensi yang baik untuk di pertimbangkan dalam menunjang program diversifikasi pangan.

2.2. Profil Fermentasi

Profil fermentasi menggambarkan pertumbuhan dan pembentukan produk oleh mikroorganisme (Judoamidjojo *et al.*, 1992). Selama proses fermentasi, terjadi perubahan komponen-komponen kimiawi sebagai akibat metabolisme mikroba (Deliani, 2008). Menurut Lay (1989), mikroorganisme mampu melakukan semua kegiatan reaksi biokimia yang sangat kompleks untuk melangsungkan pengembangan generatif dengan kecepatan relatif cepat. Pertumbuhan mikroba pada periode fermentasi ditandai dengan peningkatan jumlah dan massa sel. Pertumbuhan mikroba selama fermentasi terjadi dalam empat fase yaitu: 1) *lag phase*, 2) *log phase*, 3) *stationary phase*, dan 4) *death phase*. Selama fase pertumbuhan, mikroba menghasilkan produk berupa senyawa metabolit sebagai hasil dari metabolisme (Margareta, 2010). Produk metabolit yang dihasilkan berbeda-beda, tergantung jenis mikroba dan media fermentasi (Sulistyaningrum, 2008). Uraian mengenai pertumbuhan mikroba dan produk metabolit hasil fermentasi adalah sebagai berikut:

2.2.1. Pertumbuhan Mikroba

Pada proses fermentasi, mikroba mengalami pertumbuhan dan perkembangan sel.

Menurut Lay (1989), fase yang merupakan tahapan perkembangan mikroba yaitu:

a. Fase adaptasi

Mikroba yang dipindahkan dari suatu medium ke medium lain menyebabkan mikroba akan mengalami fase adaptasi untuk melakukan penyesuaian dengan substrat dan kondisi lingkungan sekitar. Pada fase ini belum terjadi pembelahan sel karena beberapa enzim mungkin belum disintesis. Jumlah sel pada fase ini tetap tetapi kadang-kadang menurun. Lama fase ini bervariasi tergantung dari kecepatan penyesuaian dengan lingkungan sekitar. Medium, lingkungan pertumbuhan dan jumlah inokulum mempengaruhi lama fermentasi.

b. Fase pertumbuhan awal

Setelah mengalami fase adaptasi, sel mulai membelah dengan kecepatan yang masih rendah karena baru tahap penyesuaian diri.

c. Fase pertumbuhan logaritmik

Sel mikroba membelah dengan cepat dan konstan pada fase logaritmik, pertambahan jumlahnya mengikuti kurva logaritmik. Pada fase ini, pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi medium tumbuh (pH dan kandungan nutrisi) dan kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban udara). Sel membutuhkan energi yang lebih banyak dibandingkan dengan fase lain dan sel paling sensitif terhadap lingkungan.

d. Fase pertumbuhan lambat

Mikroba mengalami perlambatan dalam pertumbuhan dan perkembangan.

Perlambatan pertumbuhan disebabkan zat nutrisi didalam medium sudah sangat berkurang dan adanya hasil-hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat menghasilkan racun yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

Pertumbuhan sel pada fase ini tidak stabil, tetapi jumlah populasi makin naik karena jumlah sel yang tumbuh masih lebih banyak dari jumlah sel yang mati.

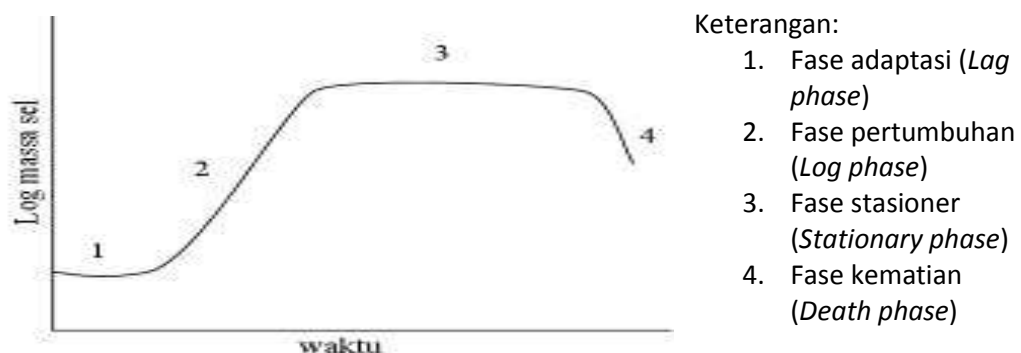
e. Fase pertumbuhan tetap

Jumlah populasi mikroba tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini menjadi lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat nutrisi sudah mulai habis. Karena kekurangan zat nutrisi, sel kemungkinan mempunyai komposisi berbeda dengan sel yang tumbuh pada fase logaritmik.

f. Fase menuju kematian dan fase kematian

Sebagian populasi mikroba mulai mengalami kematian yang disebabkan oleh nutrisi pada medium dan energi cadangan didalam sel sudah habis.

Fase pertumbuhan bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Fase pertumbuhan mikroba (Fardiaz, 1992).

2.2.2. Produk Hasil Fermentasi

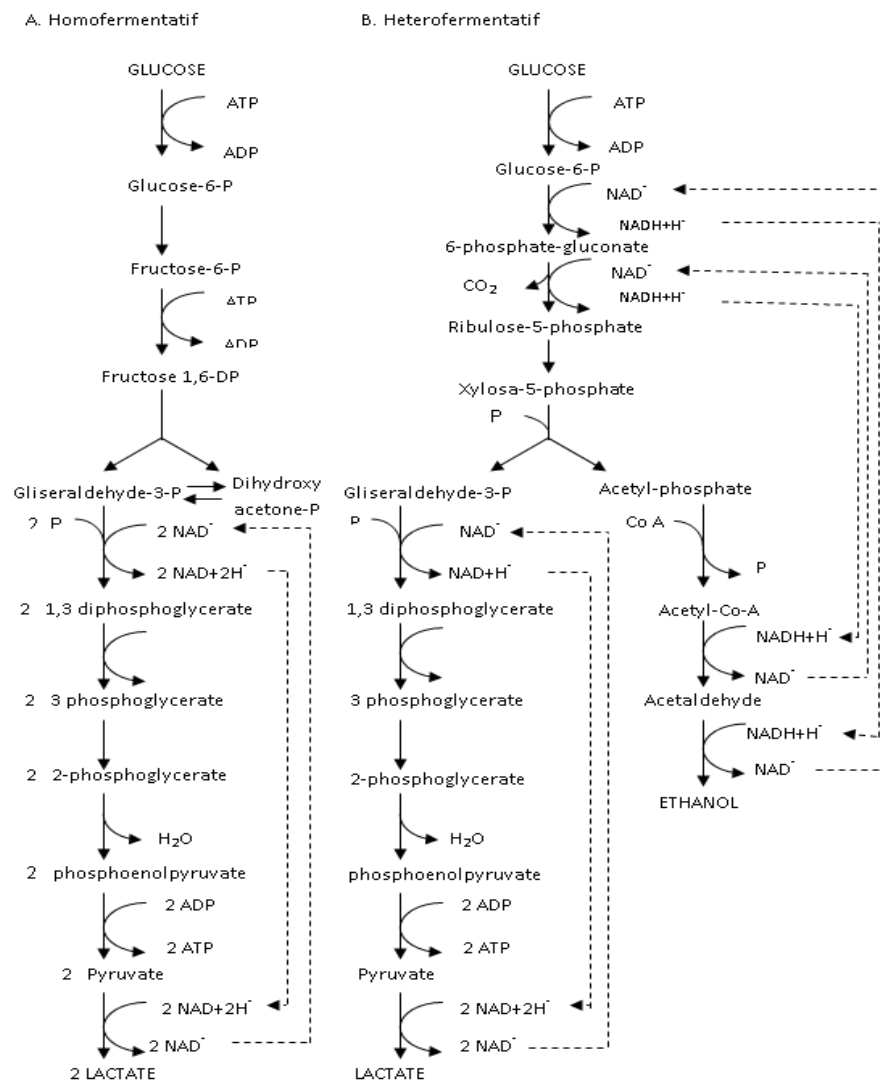
Selama fermentasi, mikroba menghasilkan produk metabolit. Produk yang dihasilkan berbeda-beda, bergantung pada jenis mikroba dan media yang digunakan. Produk metabolit hasil fermentasi antara lain: asam laktat, etanol, asam asetat, asam format, ataupun *diacetyl* (Axelsson, 2010). Pada fermentasi laktat, BAL menghasilkan produk metabolit selama proses fermentasi yaitu: asam laktat (Khalid, 2011; Oloo *et al.*, 2013) dan eksopolisakarida (Halim *et al.*, 2013). Uraian mengenai produk hasil fermentasi asam laktat adalah sebagai berikut:

a. Asam laktat

Asam laktat atau *2-hydroxypropanoic acid* ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan dalam industri. Senyawa asam ini mempunyai sifat antara lain tak berwarna sampai kekuningan, larut dalam air, alkohol, eter dan korosif. Asam laktat digunakan sebagai bahan tambahan dalam produk pangan, yaitu sebagai pengatur pH, bahan pengasam pada produk kembang gula, jus, sirup, meningkatkan aroma dan rasa pada saus serta bumbu, mengurangi resiko bakteri patogen pada produk daging. Selain itu asam laktat juga digunakan sebagai bahan baku pada industri yang memproduksi senyawa-senyawa laktat, bahan baku pada industri farmasi sebagai larutan pengental dan pembuatan tablet. Industri kimia sebagai pengatur pH, penertal dan zat pembersih (Jin Bo *et al.*, 2005). Asam laktat dapat diperoleh melalui fermentasi karbohidrat menggunakan bakteri asam laktat (Wibowo, 2014).

Fermentasi asam laktat dengan BAL adalah salah satu jenis fermentasi dengan proses metabolisme glukosa melewati jalur EMP (Khalid, 2011). Bakteri asam

laktat dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan hasil fermentasinya yaitu bakteri homofermentatif dan bakteri heterofermentatif. Menurut Fardiaz (1992), bakteri homofermentatif adalah bakteri asam laktat yang memfermentasi karbohidrat dan hanya menghasilkan asam laktat sebagai satu-satunya produk. Bakteri heterofermentatif adalah bakteri asam laktat yang memfermentasi karbohidrat dan selain menghasilkan asam laktat juga memproduksi senyawa-senyawa lainnya seperti etanol, asam asetat dan CO_2 . Jalur metabolisme BAL dalam proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan glukosa menjadi asam laktat (Salminen dan Wright, 1993).

b. Eksopolisakarida

Eksopolisakarida (EPS) merupakan polimer dari gula pereduksi dengan berat molekul tinggi yang disekresikan oleh mikroorganisme ke lingkungan eksternalnya. Polimer ini merupakan salah satu polimer yang mampu disintesis oleh bakteri asam laktat. EPS umumnya terdiri dari monosakarida dan beberapa substituen non-karbohidrat seperti asetat, piruvat, suksinat, dan fosfat (van Hijum *et al.*, 2002) juga biomolekul seperti protein, asam nukleat, lipid dan zat humat (Vu *et al.*, 2009).

EPS biasanya dihasilkan oleh bakteri asam laktat yang merupakan ciri kontribusi bakteri ini sebagai probiotik yang memiliki efek positif bagi kesehatan (Suresh dan Mody, 2009). Dalam industri makanan EPS dapat berfungsi sebagai pengental, pembuatan gel hingga pengemulsi. Beberapa EPS yang telah banyak digunakan dalam bidang kesehatan diantaranya β -glukan, β -mannan, xanthan, curdlan, gellan, dan dekstran (Malik *et al.*, 2008).

Media yang digunakan untuk mengoptimalkan produksi EPS sangat beragam, karena rantai utama dari polimer ini adalah glukosa. Banyak peneliti yang menggunakan glukosa sebagai sumber karbon pada media fermentasi.

Velasco *et al.* (2006) menggunakan konsentrasi glukosa sebanyak 75 g/L untuk memperoleh EPS sebanyak 1,08 g/L pada akhir fermentasi (120 jam) oleh bakteri *Pediococcus parvulus*, sementara peneliti lainnya menggunakan konsentrasi glukosa sebesar 30 g/L untuk menghasilkan EPS menggunakan isolat *L. delbrueckii* B-3, *L. bulgaris* G12 dan *Streptococcus thermophilus* W22. Hasil yang diperoleh selama masa inkubasi 18 jam masing-masing 255 mg/L,

224 mg/L, dan 174 mg/L (Yuksekdag dan Salim, 2008). Xu *et al.* (2010) menggunakan media modifikasi yang dinamakan *Chemically Defined Medium* (CDM) yang mengandung 50 g/L sukrosa dan beberapa mineral menghasilkan EPS sebesar 238,23 mg/L selama fermentasi 48 jam menggunakan isolat *L. paracasei*.

2.3. Fermentasi Asam Laktat

Fermentasi asam laktat merupakan proses fermentasi yang melibatkan bakteri asam laktat yang dicirikan oleh akumulasi asam-asam organik terutama asam laktat dan asetat, dengan penurunan pH (Kongo, 2013). Fermentasi asam laktat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya media fermentasi, starter BAL dan lama fermentasi. Uraian mengenai faktor dalam fermentasi asam laktat adalah sebagai berikut:

a. Media fermentasi

Mikroba membutuhkan media sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan dan pembentukan energi. Media fermentasi mengandung sejumlah nutrisi yang digunakan untuk pertumbuhan mikroba seperti air, sumber energi, sumber karbon, sumber akseptor elektron, sumber mineral, dan zat tumbuh. Pada fermentasi laktat, agensia yang digunakan adalah bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat biasanya ditumbuhkan pada media *de Mann Rogose and Sharpe* (MRS) yang merupakan media spesifik untuk pertumbuhan BAL (Safitri, 2016). Media MRS mengandung senyawa sederhana sumber elemen makro dan mikro. Selain itu, media yang dapat digunakan dalam fermentasi asam laktat adalah bahan yang

mengandung karbohidrat seperti pati dan gula. BAL umumnya mendapat energi dari gula sederhana dalam bentuk glukosa walaupun beberapa spesies juga memfermentasi gula lain seperti maltosa, laktosa, sukrosa dan xilosa (Axelsson, 2010).

Gula sederhana diperoleh akibat pemecahan polimer karbohidrat kemudian digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan BAL dalam proses fermentasi (Jenie, 2006). Ubi jalar kuning adalah salah satu bahan pangan yang mengandung karbohidrat dengan kadar yang lebih tinggi dibanding ubi jalar putih maupun ungu. Menurut Sarwono (2005), ubi jalar kuning mengandung pati sebesar 15,18% dan gula reduksi sebesar 1,69% dalam 100 g bahan segar, sehingga ubi jalar kuning merupakan salah satu substrat yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan BAL.

b. Starter bakteri asam laktat

Starter mikroa dalam proses fermentasi adalah sejumlah koloni mikroba yang sengaja ditambahkan dalam proses fermentasi. Penambahan starter dalam proses fermentasi dapat berupa starter tunggal, starter campuran, ataupun starter yang berasal dari cairan fermentasi spontan bahan pangan. Menurut Kramlich (1971), penggunaan starter kultur dalam proses fermentasi, menyebabkan bakteri yang diinginkan menjadi dominan dan fermentasi dapat berjalan dengan cepat. Yuliana *et al.* (2013), menyatakan kultur campuran *Leuconostoc mesenteroides* dan *Lactobacillus plantarum* menghasilkan jumlah total bakteri asam laktat yang tertinggi dibandingkan kultur tunggal *Leuconostoc mesenteroides* ataupun *Lactobacillus plantarum*. Woolford dan Pahlow (1998), menyatakan bahwa

Leuconostoc mesenteroides yang bersifat heterofermentatif akan menurunkan pH dan menghasilkan CO₂ yang akan menggantikan oksigen yang tersisa. Garam yang ditambahkan disertai dengan penurunan pH dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif, sedangkan CO₂ menstimulasi pertumbuhan BAL seperti *Lactobacillus plantarum* yang akan menghasilkan asam laktat dalam jumlah banyak sehingga pH akan terus menurun. Akibatnya, jumlah BAL yang tumbuh lebih banyak dan persaingan dengan non BAL makin kecil.

Fermentasi ubi jalar dapat dilakukan dengan penambahan kultur bakteri asam laktat *Leuconostoc mesenteroides* (Yuliana *et al.*, 2013), cairan pikel ubi jalar (Yuliana *et al.*, 2014) dan secara spontan dengan penambahan gula dan garam pada media fermentasi (Wildan, 2015). Pikel dapat dibuat secara alami (spontan) dan dengan penambahan bakteri asam laktat (BAL) dalam media yang mengandung garam (Desrosier, 1988). Bakteri asam laktat yang biasa ditemukan dalam fermentasi pikel adalah *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus cereviceae*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Enterococcus faecalis* (Robinson, 2000). Selain itu, pada fermentasi spontan dengan penambahan konsentrasi garam yang sesuai dapat menyebabkan mikroflora yang tumbuh adalah jenis bakteri asam laktat yaitu *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus brevis* dan *Lactobacillus plantarum* (Rahayu dan Sudarmadji, 1989).

Mikroba yang berperan dalam fermentasi asam laktat adalah bakteri asam laktat (BAL), yaitu kelompok bakteri yang dalam metabolisme karbohidratnya menghasilkan asam laktat sebagai hasil utamanya. Bakteri ini merupakan

kelompok bakteri gram positif, berbentuk batang atau bulat, katalase negatif, tidak membentuk spora, pada umumnya tidak motil tetapi ada beberapa yang motil mikroaerofilik sampai anaerob, tidak mereduksi nitrit dan suhu optimum pertumbuhan antara 20-40°C. Sifat-sifat khusus bakteri asam laktat mampu tumbuh pada kadar gula, alkohol dan garam tinggi, tumbuh pada pH 3,80-8,0 serta mampu memfermentasikan berbagai monosakarida dan disakarida (Stamer, 1979). Menurut Salminen (1993), yang termasuk bakteri asam laktat adalah *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, dan *Streptococcus*.

Menurut Salminen dan Wright (1993), berdasarkan tipe fermentasi glukosa, bakteri asam laktat dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

1. Bakteri asam laktat obligat homofermentatif, artinya gula hanya bisa difermentasi melalui jalur glikolisis dan tidak bisa mengonsumsi pentosa. Hampir seluruh produk yang dihasilkan oleh kelompok bakteri ini berupa asam laktat. BAL yang bersifat homofermentatif misalnya *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus liquefaciens*, *Pediococcus cerevisiae*, dan *Lactobacillus plantarum* (Salminen dan Wright, 1993).
2. BAL obligat heterofermentatif, artinya hanya jalur 6-phosphogluconate yang dapat digunakan untuk memfermentasi glukosa dengan hasil produk akhir berupa asam laktat, etanol, asetat, ester, dan CO₂. BAL heterofermentatif misalnya *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, dan *Lactobacillus pentoacetium* (Fardiaz, 1992).
3. BAL fakultatif heterofermentatif adalah bakteri yang bisa melalui kedua jalur sebelumnya, baik glikolisis maupun jalur 6-phosphogluconate

/phosphocetolase. Kelompok ini bisa mengkonsumsi hexosa dan pentosa, contohnya *L. casei*, *L. curvatus*, dan *L. sake*.

Ciri-ciri umum yang dapat membedakan bakteri homofermentatif dan heterofermentatif, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-sifat umum bakteri asam laktat

	Morfologi	Toleransi NaCl (%)	Suhu Optimal	pH
Klas fisiologis				
1. Homofermentatif				
Genus				
<i>Lactobacillus</i>	Batang	3 – 6	37 – 45	
Spesies				
<i>thermobacterium</i>		3 – 6	37 – 45	
<i>streptobacterium</i>		9	28 – 32	4,0 – 7,4
<i>Pediococcus</i>	Kokus		25 – 33	
Spesies				
1. <i>cerevisiae</i>		10		
2. <i>demnosus</i>		4		4,2 – 8,8
3. <i>halophilus</i>		10 – 18		
4. <i>parbulus</i>		6,5		
<i>Streptococcus</i>	Kokus			
Spesies				
1. <i>enterococcus</i>		6,5	37	4,6 – 9,6
2. <i>lactis</i>		2,4	30	4,2 – 9,2
3. <i>pyogenes</i>		6,5	37	4,6
4. <i>viridans</i>		6,4	37	4,0
2. Heterofermentatif				
Genus				
<i>Lactobacillus</i>	Batang			
Spesies				
1. <i>betabacterium</i>		6,8	28 – 40	3,2 – 7,2
<i>Leuconostoc</i>	Kokus			
Spesies				
1. <i>cremoris</i>		3	20 – 25	
2. <i>mesenteroides</i>		6,5	20 – 25	

Sumber: Stamer (1979).

Bakteri yang tergolong ke dalam kelompok bakteri homofermentatif adalah

Lactobacillus plantarum dan *Pediococcus cereviceae*, sedangkan bakteri

tergolong ke dalam kelompok heterofermentatif adalah *Leuconostoc mesenteroides* dan *Lactobacillus brevis* (Singleton, 1980).

c. Lama Fermentasi

Selama fermentasi, bakteri asam laktat akan tumbuh menghasilkan asam-asam organik seperti asam laktat, asam asetat, dan sebagainya yang akan berpengaruh terhadap total asam dan pH akhir yang dihasilkan, semakin lama fermentasi maka konsentrasi asam meningkat terutama asam laktat sehingga pH akan turun (Subagio, 1996). Menurut Buckle *et al.* (1987), lama fermentasi mampu mempengaruhi hasil fermentasi, bila suatu sel mikroorganisme diinokulasikan pada media, pertumbuhan yang terlihat mula-mula adalah suatu pembesaran ukuran, volume dan berat sel. Ketika ukurannya telah mencapai kira-kira dua kali dari besar sel normal, sel tersebut membelah dan menghasilkan dua sel. Sel-sel tersebut kemudian tumbuh dan membelah diri menghasilkan empat sel. Selama kondisi memungkinkan, pertumbuhan dan pembelahan sel berlangsung terus sampai sejumlah besar populasi sel terbentuk. Waktu antara masing-masing pembelahan sel berbeda-beda tergantung dari spesies dan kondisi lingkungannya, tetapi kebanyakan bakteri memerlukan waktu berkisar 10 – 60 menit. Tipe pertumbuhan yang cepat ini disebut pertumbuhan logaritmis atau eksponensial karena bila log jumlah sel digambarkan terhadap waktu dalam grafik akan menunjukkan garis lurus. Pada fermentasi laktat, lama fermentasi dapat mempengaruhi total asam dan pH akhir yang dihasilkan, semakin lama fermentasi maka konsentrasi asam akan meningkat terutama asam laktat sehingga pH rendah atau turun (Wulan, 2004).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Laboratorium Pengelolaan Limbah Agroindustri Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Laboratorium Kultur dan Jaringan Bioteknologi Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2018 sampai April 2018.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi jalar kuning yang dibeli di pasar tradisional kota Bandar Lampung. Starter tunggal bakteri asam laktat yang digunakan adalah *Leuconostoc mesenteroides* FNCC-0023 yang diperoleh dari PAU Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada. Bahan lain yang digunakan antara lain gula putih (Gulaku), garam (Refina), air suling, alkohol 70%, alkohol 96%, natrium hidroksida (NaOH), asam sulfat (H₂SO₄), fenol, kalsium karbonat (CaCO₃), Pb Asetat, Na Oksalat, media MRS broth, dan media MRS agar.

Alat-alat yang digunakan adalah toples kaca, tabung *centrifuge* 15 mL, tabung *centrifuge* 50 mL, gelas ukur 100 mL (Pyrex), erlenmeyer 250 mL (Pyrex), *beaker glass* 500 mL (Pyrex), mikropipet 1000 μ L, pipet tip, jarum ose, timbangan 4 digit (Shimadzu), pisau *stainless steel*, *vortex* (Thermolyne), *hot plate and stirrer* (Cimerec 3), autoklaf (Wiseclave™), oven (Philip Harris Ltd.), *centrifuge* (Thermo Electron Corporation), *centrifuge hettich*, *waterbath* (PolyScience), oven (Memmert), spektrofotometer (Thermo Scientific Genesys 20), tabung reaksi, rak tabung, corong, kertas saring, aluminium foil, cawan petri, kapas, dan pipet tetes.

3.3. Metode Penelitian

Rancangan percobaan dilakukan secara faktorial dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). Faktor pertama adalah jenis starter bakteri asam laktat (S) terdiri dari *Leuconostoc mesenteroides* (Lc), starter cairan pikel (Pkl) dan fermentasi secara spontan ubi jalar kuning (Sp), faktor kedua yaitu lama fermentasi (T) yang terdiri dari lama fermentasi 0 jam (T_0), 24 jam (T_{24}), 48 jam (T_{48}), 72 jam (T_{72}). Setiap satuan percobaan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali untuk selanjutnya dilakukan pengamatan berupa analisis total bakteri asam laktat dan non-BAL, pH, total asam laktat, gula reduksi sisa, kadar eksopolisakarida kasar, dan pengamatan granula pati. Analisis data total bakteri asam laktat dan non-BAL, pH, total asam laktat, gula reduksi sisa, serta kadar eksopolisakarida kasar diuji kesamaan ragamnya dengan uji Bartlett. Kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey. Analisis sidik ragam digunakan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar perlakuan. Seluruh data diolah

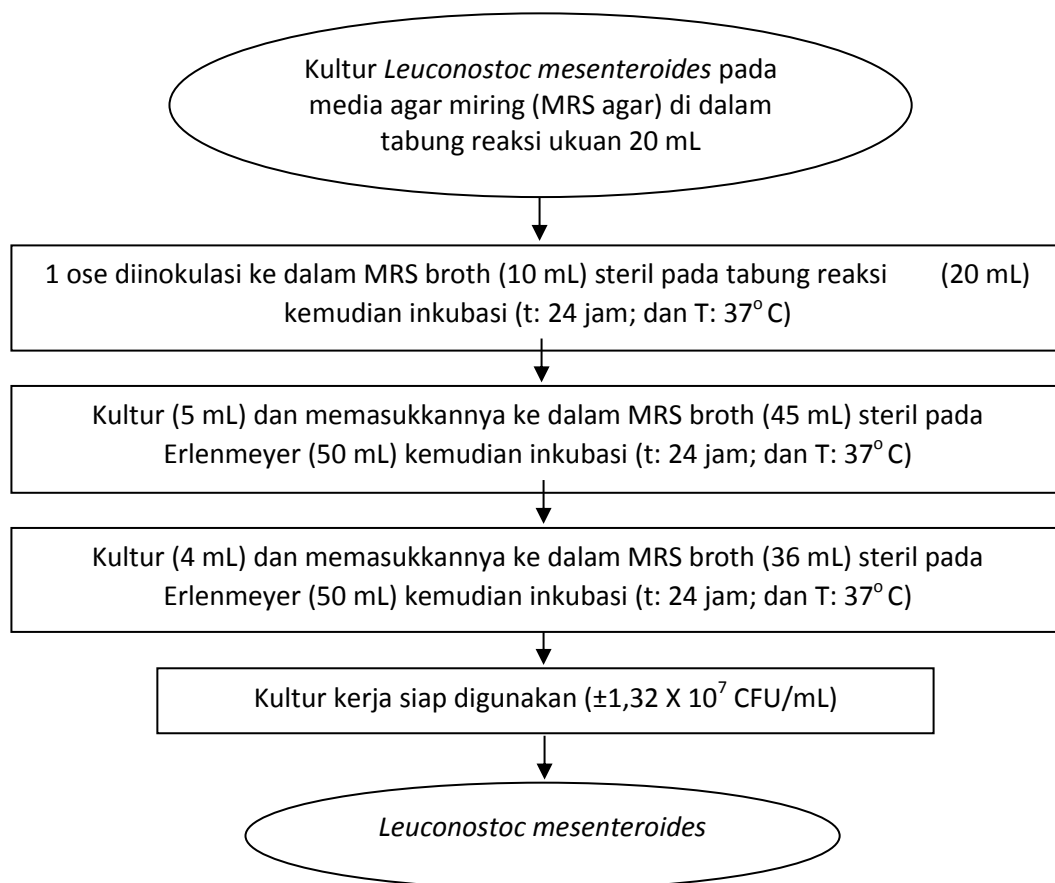
lebih lanjut dengan uji *orthogonal polynomial – orthogonal kontras* pada taraf 1 %. Sementara untuk data granula pati (sebelum dan setelah fermentasi) dibahas secara deskriptif.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan Starter Kultur *Leuconostoc mesenteroides*

Starter *Leuconostoc mesenteroides* dibuat mengikuti prosedur Novianti (2016) yang dimodifikasi. Persiapan starter dimulai dengan pembuatan media MRS broth sebanyak 300 mL (15,6 g MRS broth dalam 300 mL air destilat). MRS broth kemudian dituang ke dalam 2 tabung reaksi ukuran 20 mL masing-masing sebanyak 10 mL; ke 2 Erlenmeyer ukuran 50 mL masing-masing sebanyak 45 mL, dan ke dalam 5 Erlenmeyer ukuran 50 mL masing-masing sebanyak 36 mL. Kultur *Leuconostoc mesenteroides* dalam media agar miring diambil sebanyak 1 ose koloni dan dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 10 mL MRS broth steril lalu diinkubasi 24 jam pada suhu 37°C (propagasi tahap 1).

Kultur yang tumbuh pada propagasi tahap 1 kemudian dihomogenkan dengan *vortex* dan diambil sebanyak 5 mL menggunakan mikropipet ukuran 1000 µL secara aseptis kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer ukuran 50 mL yang berisi 45 mL MRS broth steril lalu diinkubasi 24 jam pada suhu 37°C (propagasi tahap 2). Kultur yang tumbuh pada propagasi tahap 2 kemudian dituangkan sebanyak 4 mL ke dalam Erlenmeyer ukuran 50 mL yang berisi 36 mL MRS broth steril dan diinkubasi 24 jam pada suhu 37 °C (propagasi tahap 3). Proses pembuatan starter *Leuconostoc mesenteroides* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pembuatan starter *Leuconostoc mesenteroides*
 Sumber: Novianti (2016) yang dimodifikasi.

3.4.2. Pembuatan Starter Cairan Pikel

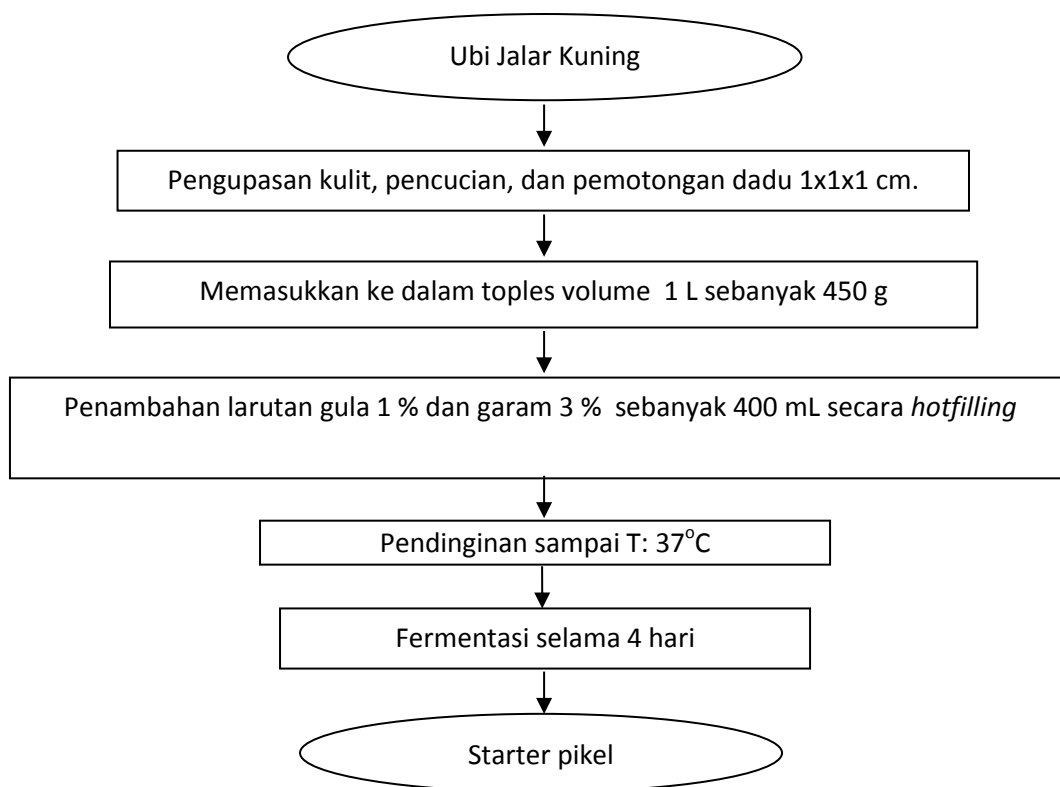
1. Penyiapan Larutan Gula-Garam

Garam ditimbang sebanyak 3% (12 g) dari volume aquades yang digunakan (400 mL) dan ditambahkan gula sebanyak 1% (4 g) untuk setiap perlakuan.

Garam dan gula tersebut kemudian dilarutkan dalam air destilat dan dipanaskan pada suhu 100°C (Yulianti, 2017).

2. Pembuatan Pikel Ubi Jalar Kuning

Proses pembuatan starter pikel ubi jalar mengikuti prosedur Yuliana *et al.* (2013) yang dimodifikasi. Ubi jalar kuning yang telah dicuci bersih, dikupas kulitnya, dipotong bentuk dadu berukuran 1x1x1 cm. Potongan ubi jalar kuning tersebut ditimbang sebanyak 450 g kemudian dimasukkan ke dalam toples berukuran 1 L. Potongan ubi jalar kemudian ditambahkan larutan gula garam sebanyak 400 mL secara *hotfilling*, didinginkan hingga mencapai suhu ruang (37°C) dan difermentasi selama 4 hari. Proses pembuatan sarter pikel dapat dilihat Gambar 5.

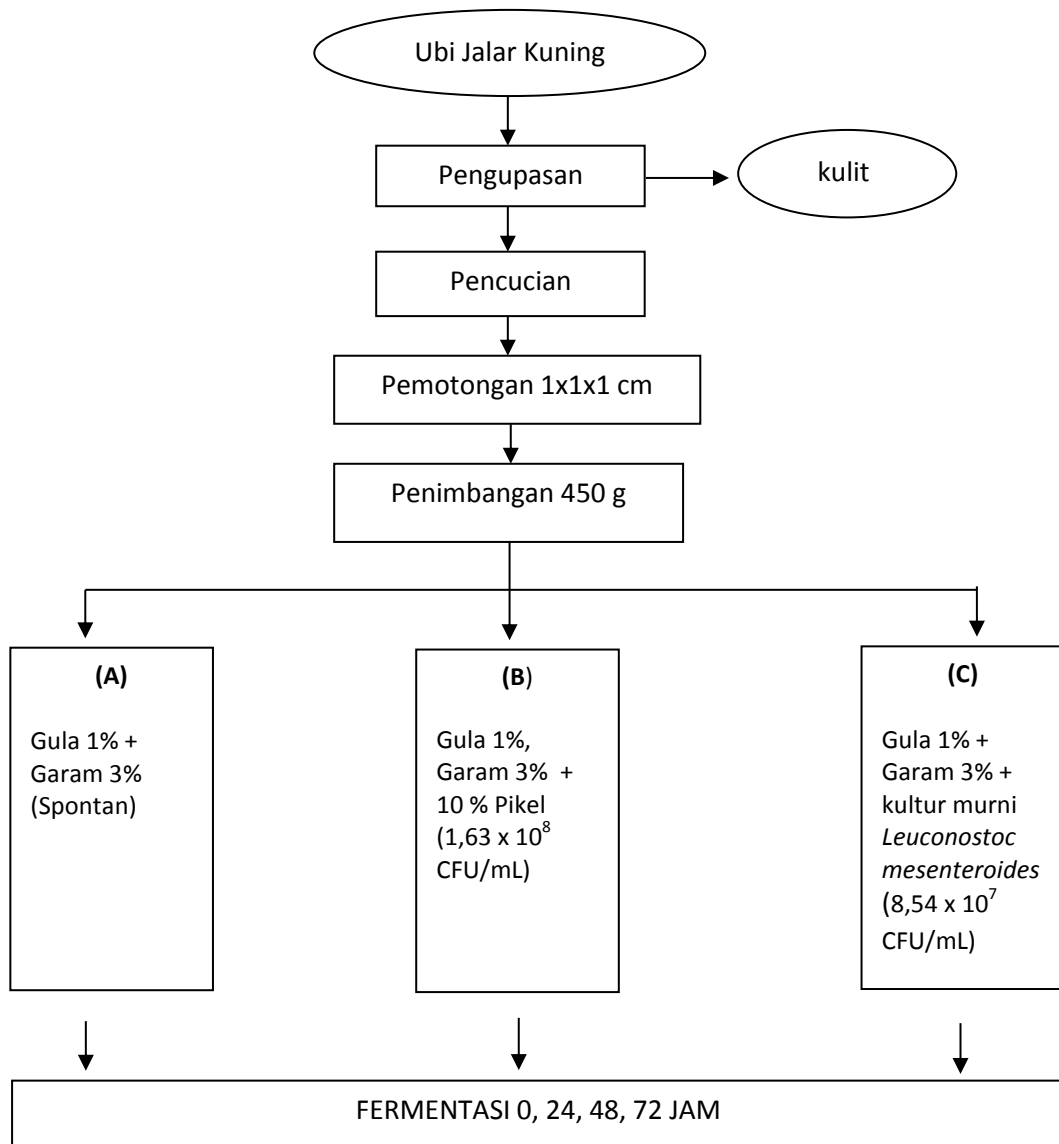


Gambar 5. Diagram alir pembuatan starter pikel ubi jalar kuning.

Sumber: Yuliana *et al.* (2013) yang dimodifikasi.

3.4.3. Proses Fermentasi Ubi Jalar Kuning

Proses fermentasi ubi jalar kuning dilakukan dengan metode Yuliana dan Nurdjanah (2009) yang dimodifikasi. Proses fermentasi dilakukan dengan melakukan sortasi pada ubi jalar kuning sebanyak 6000 g dengan memisahkan ubi jalar yang rusak, cacat dan kotoran-kotoran lain. Ubi jalar yang telah disortasi selanjutnya dikupas, dicuci, dan dipotong dadu ukuran 1x1x1 cm. Potongan ubi jalar tersebut ditimbang sebanyak 450 g kemudian dilakukan fermentasi pada toples berukuran 1 L (12 toples). Selanjutnya, ditambahkan larutan garam dan gula sebanyak 400 mL (fermentasi spontan) dan 360 mL (fermentasi starter *Leuconostoc mesenteroides* dan cairan pikel) secara *hotfilling*. Toples ubi jalar yang telah berisi ubi jalar dan larutan gula garam, kemudian didiamkan selama ± 10 menit dalam wadah berisi air hingga suhunya mencapai $\pm 35^{\circ}\text{C}$. Setelah itu, starter *Leuconostoc mesenteroides* (kultur dalam 40 mL MRS broth) dan cairan pikel (40 mL) diinokulasikan ke masing-masing toples secara aseptis lalu ditutup rapat. Fermentasi dilakukan selama 0, 24, 48, dan 72 jam. Proses fermentasi ubi jalar kuning dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir proses fermentasi ubi jalar dengan 3 jenis perlakuan
Sumber: Yuliana dan Nurdjanah (2009) yang dimodifikasi.

3.5. Pengamatan

3.5.1. Analisa Derajat Keasaman (pH) Larutan Fermentasi

Pengukuran nilai pH dilakukan dengan metode AOAC (2005) yaitu dengan menggunakan pH meter. Sebanyak 25 mL larutan sampel dimasukkan dalam gelas piala 50 mL. Sebelum digunakan, pH meter distandarisasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan buffer pH 7 dan buffer pH 4. Selanjutnya dilakukan pengukuran pada larutan sampel dengan cara mencelupkan elektroda ke dalam larutan sampel sampai diperoleh pembacaan yang stabil. Pengamatan dilakukan pada fermentasi 0, 24, 48, dan 72 jam.

3.5.2. Analisa Total Asam Laktat

Pengukuran total asam laktat mengikuti metode AOAC (1998), yaitu sebanyak 1 mL larutan fermentasi dilarutkan dengan 9 mL air dalam labu Erlenmeyer, kemudian ditambahkan indikator *phenolphthalein* 1–2 tetes dan dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N, perubahan warna sampel menjadi merah muda menandakan sebagai titik akhir titrasi.

$$\text{Nilai Total (\%)} = \frac{(\text{mL NaOH}) \times (\text{N NaOH}) \times (\text{BM asam laktat}) \times \text{FP}}{\text{Jumlah sampel yang digunakan (mL)}} \times 100 \%$$

Asam

Keterangan :

$$\text{N NaOH} = 0.1$$

Berat Molekul Asam Laktat = 90,08 g/ekuivalen

3.5.3. Analisa Total Bakteri Asam Laktat (BAL) dan Non-BAL

Perhitungan total BAL dan non-BAL mengikuti metode Yuliana *et al.* (2013). Pada akhir waktu fermentasi (0, 24, 48, 72 jam) dilakukan analisis total bakteri asam laktat. Penentuan jumlah BAL secara kuantitatif dilakukan dengan perhitungan bakteri tidak langsung menggunakan metode hitungan cawan atau *Total Plate Count*. Pada penentuan jumlah sel dengan metode hitungan cawan dilakukan seri pengenceran bertingkat dari 10^{-1} sampai 10^{-7} terhadap cairan hasil fermentasi. Suspensi yang ditumbuhkan pada media MRS agar yang mengandung 1% CaCO_3 (b/v) adalah pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} sebanyak 1 mL dengan metode cawan tuang (*pour plate*). Kultur kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. BAL kemudian teridentifikasi pada zona lingkaran bening, selain itu mikroba yang teridentifikasi diluar zona bening terhitung sebagai non-BAL.

3.5.4. Analisa Kadar Eksopolisakarida Kasar

Pengukuran kadar eksopolisakarida kasar mengikuti metode Nudyanto dan Zubaidah (2015) yang dimodifikasi. Sampel cairan hasil fermentasi diambil sebanyak 15 mL dimasukkan ke tabung sentrifuge 15 ml dan disentrifugasi dingin pada suhu 4°C dengan kecepatan 6000 rpm selama 20 menit. Setelah itu, supernatan diambil dan ditambah etanol dingin (alkohol 96%) (2 kali dari volume) kemudian diinkubasi selama 24 jam. Hasil inkubasi kemudian disentrifugasi dengan sentrifuge dingin pada suhu 4°C dengan kecepatan 5000 rpm selama 25 menit. *Pellet* dikeringkan pada suhu 105°C , lalu ditimbang berat kering EPS beserta tabung. Berat tabung berisi EPS kemudian dikurangi berat tabung kosong

sebelum perlakuan hingga didapatkan berat konstan, dimana selisih berat $\pm 0,02$ g.

Rendemen EPS ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Kadar EPS (mg/mL)} = \frac{\text{berat EPS kering (mg)}}{\text{volume media (mL)}}$$

3.5.5. Analisa Gula Reduksi Sisa

1. Penyiapan Kurva Standar

Analisis kadar gula reduksi dilakukan menggunakan metode *phenol* berdasarkan Briffaut (2004). Larutan glukosa standar dibuat dengan melarutkan 10 mg glukosa anhidrat dalam 100 mL air suling, dan dilakukan 6 pengenceran sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/100 mL. Lima tabung reaksi disiapkan, masing-masing diisi dengan 1 mL larutan glukosa standar tersebut. Satu tabung diisi 1 mL air suling sebagai blanko. Kemudian masing-masing tabung ditambahkan 1 mL larutan fenol 5 %. Selanjutnya ditambahkan dengan cepat 5 mL larutan H₂SO₄ pekat dengan cara menuangkan secara tegak lurus ke permukaan larutan. Biarkan selama 10 menit, lalu ditempatkan pada penangas air selama 15 menit. Absorbansi masing-masing larutan tersebut diukur pada panjang gelombang 540 nm. Kemudian kurva standar dibuat untuk menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan absorbansi.

2. Penentuan Kadar Gula Reduksi pada Sampel

Larutan contoh yang mempunyai kadar gula reduksi sekitar 2-8 mg/100mL disiapkan. Kemudian diambil 1 mL, dilakukan pengenceran 10 kali.

Ditambahkan Pb Asetat jenuh sebanyak 1 mL untuk menghilangkan senyawa berwarna dan senyawa koloid. Dilakukan penyaringan kembali, kemudian ditambahkan 0,25 gram Na Oksalat untuk menghilangkan Pb Asetat. Dikocok kemudian didiamkan selama 10 menit untuk mengendapkan Pb Asetat, disaring kembali. Lalu ditambahkan 1 mL larutan fenol 5%, dan 5 mL larutan H₂SO₄ pekat dengan cara menuangkan secara tegak lurus ke permukaan larutan. Biarkan selama 10 menit, lalu ditempatkan pada penangas air dengan suhu 30 °C selama 15 menit. Kemudian sampel siap dikukur kadar gula reduksi menggunakan spektrofotometer.

3.5.6. Pengamatan Granula Pati

Karakteristik granula pati ubi jalar terfermentasi dengan metode *Scanning Electron Microscope* (SEM). Bentuk granula diobservasi pada 2.000 x magnifikasi dibawah mikroskop elektron. Sampel pati terfermentasi yang telah ditumbuk halus, diletakkan pada stub aluminium menggunakan perekat dan dilapisi dengan film emas tipis. Kemudian sampel diamati pada percepatan tegangan 5 kV .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Profil fermentasi spontan ubi jalar kuning yaitu: selama fermentasi terjadi peningkatan secara linier ($\alpha = 0,01$) total asam laktat (0,1%), gula reduksi sisa (26,7%), EPS kasar (0,9%), kemudian secara kuadratik menurunkan pH (optimum: 58,56 jam; pH 3,63) dan total BAL (optimum: 53,68 jam; 8,36 log CFU/mL) serta terjadi peningkatan non BAL.
2. Profil fermentasi ubi jalar kuning dengan starter cairan pikel yaitu: selama fermentasi terjadi peningkatan secara linier ($\alpha = 0,01$) total asam laktat (1,6%), gula reduksi sisa (28,8%), EPS kasar (1,0%), kemudian secara kuadratik menurunkan pH (optimum: 72,50 jam; pH 3,79) dan total BAL (optimum: 58,75 jam; 8,31 log CFU/mL) serta terjadi penurunan non BAL.
3. Profil fermentasi ubi jalar kuning dengan starter *Leuconostoc mesenteroides* yaitu: selama fermentasi terjadi peningkatan secara linier ($\alpha = 0,01$) total asam laktat (0,1 %), gula reduksi sisa (26,13 %), EPS kasar (1,6 %), kemudian secara kuadratik menurunkan pH (optimum: 51,13 jam; pH 3,80) dan total BAL (optimum: 92,50 jam; 8,63 log CFU/mL) serta terjadi penurunan non BAL.

4. Morfologi granula pati ubi jalar kuning yang difermentasi dengan berbagai jenis starter dan lama fermentasi menyebabkan perubahan granula pati pada akhir waktu fermentasi ($t=72$ jam).

5.2. Saran

Saran yang diajukan dalam penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melihat karakteristik sifat pati ubi jalar kuning terfermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Azeem, H. M., Gehan, F., and E. A. Hassan. 2009. Dextran Production by Some Local *Leuconostoc mesenteroides* Strains. *Journal Annals Agricultural Sciences*. 54(2):307-321.
- Alka, D. R. 2012. Pengaruh Fermentasi dan Penjemuran Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Jagung. Laporan Praktik Kerja Nyata Kelompok 78:6-7. Universitas Hasannudin. Makasar.
- Andaningrum, A. Z. 2017. Profil Sifat Pasta Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) Terfermentasi Sebagai Bahan Baku Industri Pangan. (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Andress, E. L., Harrison, J. and K. Christian. 2015. *Preserving Food Pickled Products*. UGA Extension. Georgia.
- Anggraeni, Y. P. dan Yuwono, S. S. 2014. Pengaruh Fermentasi Alami Pada Chips Ubi Jalar (*Ipomoea batatas*) Terhadap Sifat Fisik Tepung Ubi Jalar Terfermentasi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(2):59-69.
- Anonim. 2008. Impor Gandum Makin Sulit Harga Tepung Terigu Meroket. www.apindonesia.com/new/index.php?option=com_content&task=view&id=630&Itemid=67. Diakses pada 25 Oktober 2017.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Washinton D.C.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Washinton D.C.
- Appiah, R. 2011. Pengaruh Fermentasi dan Penjemuran Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Jagung. Laporan Praktik Kerja Nyata Kelompok 78. Universitas Hasannudin. Makasar. Halaman 98-99.
- Apriyantono, 2004. *Pengolahan Berbagai Makanan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 52 hlm.
- Archuleta, M. 2009. *Preparing and Canning Fermented and Pickled Foods at Home*. New Mexico State University. 8 hlm.

- Arvanitoyannis, I. 2006. Novel Food Processing Technologies. *International Journal of Food Science and Technology*. 41(4):470–474.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Statistik Indonesia Tanaman Pangan. Badan Pusat Statistik. http://www.bps.go.id/tmn_pgn.php. Diakses pada 18 Desember 2017.
- Bradburry, J. H. and Halloway, W. D. 1988. *Chemistry of Tropical Root Crops. Significance For Nutrition and Agriculture in The Pacific*. ACIAR. Canberra. 201 hlm.
- Briffaut, J. M. 2004. *Determination of Free Sugar (Glukose, Fructose, Sucrose, Maltose, Lactose)*. Content of Processed Food Products. Belgia.
- Brock, T. D. and Brock, K. M. 1988. *Basic Microbiology with Application*. D. V. Nostrand Company, Inc., Prince ton. New Jersey. 608 hlm.
- Buckle, K.A., Fleet, G.H., and M. Wootton. 1987. *Ilmu Pangan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Candra, A., Purwijantiningsih, L. M. E. dan Yuda I. P. 2016. Isolasi dan Screening Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Nanas (*Ananas comosus L.*) Sebagai Antibakteri *Vibrio parahaemolyticus* dan *Staphylococcus aureus*. (Skripsi). Teknobiologi Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Chelule, P. K., Mbongwa, H. P., S. Carries., and N. Gqaleni. 2010. Lactic acid Fermentation Improves the Quality of Qmahewu, a Traditional South African Maize-based Porridge. *Journal Food Chemistry*. 122(3):656-661.
- Deliani. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Protein, Lemak, Komposisi Asam Lemak, dan Asam Fitat Pada Pembuatan Tempe. (Tesis). Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Desmazeaud, M. 1996. Lactic Acid Bacteria in Food: Use and Safety. *Cahiers Agricultures Journal*. 5(5):331-342.
- Desroier. 2008. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Diterjemahkan oleh Muljoharjo. Universitas Indonesia. Jakarta. 614 hlm.
- Djaafar, T. F. 1997. Bakteri Asam Laktat dan Manfaatnya sebagai Pengawet Makanan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 14(1):19-22.
- Echols, J. M. dan Shadily, H. 2000. *Kamus Inggris Indonesia*. Gramedia. Jakarta. 660 hlm.
- FAOSTAT. 2004. Major Food and Agricultural Commodities and Producers. <http://fao.org/es/ess/country.jsp?lang=EN&country=101>. Diakses pada 20 November 2017.

- Fardiaz, S. 1992. *Fisiologi Fermentasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gaman, P. M. and Sherrington. 1994. *Pengantar Ilmu Pangan Nutrisi dan Mikrobiologi*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Gardner, N., Savard, T., P. Obermeier, G. Caldwell., and C. Champagne. 2001. Selection and Characterization of Mixed Starter Cultures for Lactic Acid Fermentation of Carrot, Cabbage, Beet and Onion Vegetable Mixtures. *International Journal of Food Microbiology*. 64(3):261–275.
- Gibbons, W. R. and Westby, C. A. 1986. Effect of Inoculum Size on Solid-Phase Fermentation of Fodder Beets for Fuel Ethanol Production. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 52(1):960-962.
- Hagenimana, V., Vezina, L., and R. E. P. Simard. 2004. Distribution of Amylases Within Sweet Potato (*Ipomoea batatas L*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40(10):1777-1783.
- Halim, C. N. dan Zubaidah, E. 2013. Studi Kemampuan Probiotik Isolat Bakteri Asam Laktat Penghasil Eksopolisakarida Tinggi Asal Sawi Asin (*Brassica Juncea*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 1(1):129-137.
- Hidayati, D. 2010. Pola Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Selama Fermentasi Susu Kedelai. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 3(2):72-76.
- Jay, J. M. 2000. *Modern Food Microbiology*. University of Nevada. Las Vegas.
- Jenie, B. S. L. 1996. Peranan Bakteri Asam Laktat Sebagai Pengawet Hayati Makanan (*Food Biopreservative*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 1(2):60-73.
- Judoamidjojo, M., Abdul, A. D., dan G. S. Endang. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali. Jakarta.
- Khalid, K. 2011. An Overview of Lactic Acid Bacteria. *International Journal of Bioscience (IJB)*. 1(3):1-13.
- Kim, H., Min, J., Lee, J., and G. Ji. 2000. Growth of Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria in Natural Media Using Vegetables, Seaweeds, Grains and Potatoes. *J. Food Science. Biotechnol.* 9(1):322–324.
- Kongo, M. 2013. *Lactic Acid Bacteria – R & D for Food, Health, and Livestock Purposes*. Intech. www.intechopen.com.
- Kramlich, W. E. 1971. *Sausage Product*. Didalam Preece, J. F. dan Schweghart, B. S., editor. *The Science of Meat Product*. Ed ke-2. San Fransisco: W H Freeman.

- Kusmawati, A., Ujang, H. dan E. Evi. 2000. *Dasar - Dasar Pengolahan Hasil Pertanian I*. Central Grafika. Jakarta.
- Lay, W. G. 1989. *Mikrobiologi*. Buku Ajar Dasar-dasar Mikrobiologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Liao, L and Wu, W. 2016. Fermentation Effect on the Properties of Sweet Potato Starch and Its Noodle's Quality by *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Food Process Engineering*. Doi:10.1111/Jfpe.12460.
- Madiedo, R. P. and Gavilan, L. R. 2005. Methods for the Screening, Isolation, and Characterization of Exopolysaccharides Produced by Lactic Acid Bacteria. *Journal Dairy Science*. 88(1):843-856.
- Magala, M., Kohajdová, Z., J. Karovičová., G. Mária., and H. Jarmila. Application of Lactic Acid Bacteria for Production of Fermented Beverages Based on Rice Flour. *Journal Food Science and Technology*. 33(5):458–463.
- Malik, A., Ariesanti, D. M., A. Nurfactiyani., dan A. Yanuar. 2008. Skrining Gen Glukosiltransferase (GTF) dari Bakteri Asam Laktat Penghasil Eksopolisakarida. *Jurnal Makara Sains*. 12(1):1–6.
- Manfaati, R. 2010. Kinetika dan Variabel Optimum Fermentasi Asam Laktat dengan Media Campuran Tepung Tapioka dan Limbah Cair Tahu oleh *Rhizopus oryzae*. (Tesis). Universitas Diponegoro. Semarang.
- Margareta, M. 2010. Pengaruh Jenis Bakteri Asam Laktat dan Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Pikel Ubi Jalar Kuning (*Ipomea batatas L.*). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Martian, Y. 2015. Karakteristik Tepung Ubi Jalar Putih (*Ipomea Batatas L.*) yang Difermentasi dengan *Lactobacillus Plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides* pada Berbagai Lama Fermentasi, untuk Bahan Baku Mie. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Munanga, B., Loiseau, de J. C., Grabulos, G., dan Christian M. 2016. Modeling Lactic Fermentation of Gowé Using *Lactobacillus* Starter Culture. *Microorganisms*. 4(44):1-15.
- Nabila, P. 2015. Pengaruh Penggunaan Starter Campuran Bakteri Asam Laktat-Khamir dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Tepung Ubi Jalar Putih (*Ipomea Batatas L.*) untuk Bahan Baku Mie. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Nout, R. and Rombauts, F. 2000. *Fermented and Acidified Plant Foods. The Microbiological Safety and Quality of Food*. Aspen Publishers Inc. Maryland.

- Novianti, D. 2016. Pengaruh Jenis Fermentasi Terhadap Karakteristik Tepung Komposit Ubi Jalar Putih (*Ipomoea Batatas L.*) Sebagai Bahan Baku Produk Mie Kering. (Tesis). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Nudyanto, A., dan Zubaidah, E. 2015. Isolasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Eksopolisakarida dari Kimchi. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(2):743-748.
- Nurdjanah, S., Hasanudin, U., N. Yuliana, dan Silvianty. 2016. Physicochemical Characteristics of Cassava Starch Produced By ITTARA- a Small Scale Tapioca Industry: a Case Study at PD Semangat Jaya, Lampung. *The USR International Seminar on Food Security (UIFS)*. Bandar Lampung. 2(1):158-165.
- Octarini, Z. H. 2010. Pengaruh Konsentrasi Garam dan Lama Fermentasi Terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Pikel Ubi Jalar Ungu. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Odedeji, J. O., and Adeleke, R.O. 2010. Functional Properties of Wheat and Sweet Potato Flour Blends. *Journal of Nutrition*. 9(6):535-538.
- Oloo, B. O., Shitandi, A., Mahungu, S., Malinga, J. B., and Ogata B. R. 2014. Effects of Lactic Acid Fermentation on the Retention of Beta-Carotene Content in Orange Fleshed Sweet Potatoes. *International Journal of Food Studies*. 3(1):13-33.
- Onilude A. A., Fadahunsi, I. F and Garuba E. O. 2011. Inulinase Production by *Saccharomyces sp.* in Solid State Fermentation Using Wheat Bran as Substrate. *Annals of Microbiology*. 4(1):48-54.
- Onilude, A. A., Olaoye, O., Fadahunsi, I. F., Owoseni, A., Garuba, E. O., and Atoyebi T. 2013. Effects of Cultural Conditions on Dextran Production by *Leuconostoc spp.* *International Food Research Journal*. 20(4):1645-1651.
- Outtara, S., and Rui, M. 2008. *Use of Lactobacillus plantarum A6, an Amylolitic Lactid Acid Bacterium, for Partial Starch Hydrolysis in A Pearl Millet Groundnut Slurry*. Department Technologie Alimentaire. Jean-Pierre Universidade.
- Owenluzo, J. D. and Nwabugwu, T. S. 1985. Enzymically Hidrolysed and Bacterically Fermented Fishery Product. *Journal of Food Micrbiology*. 20(1):373-293.
- Palumbo, S. A. dan Williams, A. C. 1991. Resistance of *Listeria Monocytogenes* to Freezing in Foods. *Journal of Food Microbiology*. 8(1):63-68.

- Paul, B. K. M. J., N. T. Djeni, T. Oussa, E. Zinieu, H. Menan, and K. M. Dje. 2013. Characterization and Enzyme Activities of Microorganism From A Traditional Cassava Starter Used for Production of Adjoukrou Attieke (*Cote d'Ivoire*). *Journal of Food Technology*. 11(1):4-13.
- Pederson, C. S. 1970. *Microbiology of Food Fermentations*. The AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.
- Phong, H. X., M. T. Quyen, N. T. Nguyen, H. D. L. Bui, and T. P. D. Ngo. 2017. Selection of High Acid Producing Lactic Acid Bacteria and Potential Application in Pineapple Juice Fermentation. *Journal Bioprocess Engineering*. 1(2):58-64.
- Rahayu, K. dan S. Sudarmadji. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. PAU Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.
- Rahayu, W. P., Suliantari, dan T. B. Lestijaman. 2000. Aspek Pembuatan Pikel dan Pemeliharaan Kultur Starter Pikel Jahe. *Buletin Penelitian Ilmu dan Teknologi Pangan*. 4(1):35-51.
- Rahman, A., Fardiaz, S., W. P. Rahayu, and C. C. Nurwitri. 1992. *Teknologi Fermentasi Susu*. PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Reddy, G., Altaf, M. D., B. J. Naveena, M. Venkateshwar, and E. V. Kumar. 2008. Amylolytic Bacterial Lactic Acid Fermentation (A Review). *Biotechnol Adv*. 26(1):22-34.
- Robinson, R. K. 2000. *Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press. New York.
- Rosmarkam, A. dan Yuwono, N. W. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Salim, E. 2011. *Mengolah Singkong Menjadi Tepung Mocaf*. Laily Publisher. Yogyakarta.
- Salminen, S., and Wright. A. V. 1993. *Lactic Acid Bacteria in Health and Disease*. Marcel Dekker INC. New York.
- Sarwat, F. Q., Aman, S. A., and N. Ahmed. 2008. Production and Characterization of a Unique Dextran from an Indigenous *Leuconostoc mesenteroides* CMG713. *International Journal of Biology Science*. 4(1):379-386.
- Sarwono, B. 2005. *Ubi Jalar, Cara Budi Daya yang Tepat, Efisien dan Ekonomis*. Seri Agribisnis Penebar Swadaya. Depok.

- Setiawan, Yuliana, N., dan S. Setyani. 2013. Pengaruh Konsentrasi Garam terhadap Warna, Total Asam dan Total Bakteri Asam Laktat Pikel Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea Batatas var Ayamurasaki*) Selama Fermentasi. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 18(1):42-51.
- Sholikhah, F. B. 2011. Pembuatan Patilo, Kajian Lama Fermentasi dan Proporsi Ampas: Pati Ubi Kayu terhadap Karakteristik Fisiko, Kimia dan Organoleptik. (Skripsi). Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Singleton, P. 1980. *Dictionary of Microbiology*. The Pitman Press. London. Page: 481.
- Sneel, E. 1952. The Nutrition's of Lactic Acid Bacteria (A Review). *Journal Bacteriological*. 16(4):156-160.
- Stamer, J. R. 1979. *Lactic Acid Bacteria*. In: Defiguereido, M.P., D.F. Sliplittoeslsser (eds). *Food Microbiology PublicHealth Spoilage Aspect*. The AVI Publishing Inc. Westport. Connecticut.
- Subagio. 2006. Jurnal Tanaman Penghasil Pati. <http://GMO-manual-indo.pdf>. FDP ART. Diakses pada 16 November 2017.
- Suresh and Mody. 2009. *Microbiol Exopholysaccharides: Variety and Potential Applications Microbial Production of Biopolymer and Polymer Precursors*. Caister Academic. USA.
- Takahata, Y., Noda, T., and T. Sato. 1995. Changes in Carbohydrate and Enzyme Activities Sweet Potato Lines During Storage. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 43(7):1923-1928.
- van Hijum, S. A. F. T., van Geel-Schuten, G. H., H. Rahaoui, M. J. E. C. van der Maarel, and L. Dijkhuizen. 2002. Characterization of a novel fructosyltransferase from *Lactobacillus reuteri* that synthesizes high-molecular-weight inulin and inulin oligosaccharides. *Application and Environment Microbiology*. 68(1):4390-4398.
- Vaughn. 1985. *Lactic Acid Fermentation of Cabbage, Cucumber, Olives and other Product*. Prescott and Dunns Industrial Microbiology. Fourth edition. AVI Publishing Co. Texas.
- Vaughn. 1982. *Lactic Acid Fermentation of Cabbage, Cucumber, Olives and Other Product*. In Prescott and Dunns Industrial Microbiology. Fourth editions. AVI Publishing Co. Texas.
- Vogel, R. F., Ehrmann, M., and M. G. Ganzle. 2002. Development and Potential of Starter *Lactobacilli* Resulting from exploration of The Sour Dough Ecosystem. *Antonie van Leeuwenhoek*. 81(1-4):631-638.

- Vu, B. M., Chen, R. J., Crawford and E. P. Ivanova. 2009. Bacterial extracellular polysaccharides involved in biofilm formation. *Molecules*. 14(1):2535-2554.
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum*. Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Wibowo, L. A. 2014. Prarancangan Pabrik Asam Laktat dari Molases dengan Proses Fermentasi Menggunakan *Enterococcus faecalis* Kapasitas 7000 Ton/Tahun. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Wildan. 2015. Pengaruh Konsentrasi Garam dan Lama Fermentasi terhadap Pengembangan Adonan dan Warna Tepung Ubi Jalar Putih. (Skripsi). Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Winarno, F.G., dan Fardiaz, D. 1984. *Pengantar Teknologi Pangan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Woolford, M. and Pahlow, G. 1998. *The Silage Fermentation*. in: Wood BJB, editor. *Microbiology of Fermented Foods. Vol 1*. Blackie Academic & Professional. London. Page: 73-102.
- Wouters, J. T. M., Ayad, J. H., and G. Smith. 2002. Microbes from Raw Milk for Fermented Dairy Products. *International Dairy Journal*. 12(1):19-109.
- Wulan, I. C. 2004. Pengaruh Konsentrasi Garam dan Lama Fermentasi terhadap Sifat Kimia dan Organoleptik Pikel Wortel (*Daucus carota L.*). (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Yuliana, N. 2008. Kinetika Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Isolat T5 Yang Berasal dari Tempoyak. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 13(2):108-116.
- Yuliana, N. dan Nurdjanah, S. 2009. Sensori Pikel Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.*) yang difermentasi Spontan pada Berbagai Tingkat Konsentrasi Garam. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 14(2):121-126.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., and M. Margareta. 2013. The Effect of a Mixed Starter Culture of Lactic Acid Bacteria on the Characteristic of Pickled Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomea batatas L.*). *Journal Microbiology Indonesia*. 7(1):18-36.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., R. Sugiharto., and D. Amethy. 2014. Effect of Spontaneous Lactic Acid Fermentation on Physico-Chemical Properties of Sweet Potato Flour. *Journal Mikrobiologi Indonesia*. 8(1):1-8.
- Yulianti, H. 2017. Pengaruh Lama Fermentasi dengan Starter Campuran Cairan Pikel dan Yeast Terhadap Karakteristik Mie Ubi Jalar Putih. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Yuniarty, F. 1986. Pengaruh Jenis Pepaya, Cara Penambahan Garam, dan Penyimpanan Terhadap Mutu Pikel Pepaya (*Carica papaya L.*). (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zubaidah, E. dan Irawati, N. 2013. Pengaruh Penambahan Kultur (*Aspergillus niger, Lactobacillus plantarum*) dan Lama Fermentasi terhadap Karakteristik Mocaf. *Jurnal Teknologi dan Hasil Pertanian*. 11(3):43-46.
- Zuraida dan Supriati, Y. 2001. Usaha Tani Ubi Jalar sebagai Bahan pangan Alternatif dan Diversifikasi Sumber Karbohidrat. *Buletin AgroBio*. 4(1):13-23.