



**PRODUKSI MINUMAN FUNGSIONAL UBI JALAR UNGU
(*Ipomoea batatas* Blackie) DENGAN FERMENTASI
BAKTERI ASAM LAKTAT**

SKRIPSI

Oleh

**Jami'atur Rohmi
NIM 061710101066**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2010**



**PRODUKSI MINUMAN FUNGSIONAL UBI JALAR UNGU
(*Ipomoea batatas* Blackie) DENGAN FERMENTASI
BAKTERI ASAM LAKTAT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Strata Satu (S1)
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

oleh

**Jami'atur Rohmi
NIM 061710101066**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2010**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut asma ALLAH yang maha pengasih lagi maha penyayang

First . . . Karya sederhana ini kupersembahkan untuk:

- ❏ **Kakekq "Mugi Dasuki"**, mudah2an kakek d beri panjang umur & sehat selalu..
 - ❏ **Ayahanda Suwito dan Ibunda Kalimah**, ananda banyak mengucapkan terima kasih atas semua kasih sayang, cinta, bimbingan, kesabaran dan pengorbanan yang telah ayah dan ibu berikan pada ananda. Maaf kalau selama ini ananda nakal dan banyak menyusahkan. Bagaimanapun itu, ananda tidak bisa jadi apa2 tanpa restu kalian. Ayah dan ibu adalah semangat ananda. Berkat do'a ayah dan ibu ananda bisa menjadi seperti saat ini, ananda selalu yakin disetiap langkah ananda pasti selalu ada do'a ayah dan ibu yang selalu menemani ananda. Semoga ananda bisa meneruskan perjuangan ini n bisa menjadi yang terbaik buat ayah dan ibu.
 - ❏ **Kedua KakakQ Setiyo dan Sri Supatmi**, jangan pernah lelah ya marahin gembrot. Terima kasih atas semuaNYA, mudah2an adik bisa melanjutkan perjalanan ini. Mohon bantuan dananya ditambah lagi, hehe..
 - ❏ **My young sister Elsa Sentananing Wahyuristi**, pada waktu mb nulis skripsi ini u masi berumur 8 taun n kamu masi kelas 1, anehnya u terlihat seperti anak umur 12 taun. Embak paling g sneng liat u pake baju ank2. Sayangnya u males bgt blajar & nakal... Elsa, mb berharap u bisa melanjutkan perjuangan embak ini. Mb Cuma pesen: Be a good child for u're parent. Yakinlah -- kalau U bisa!. & mb yakin -- U pasti BISA!.
 - ❏ **KeponakanQ nanang, luluk, uut, wahyuni** - - jadi anak yang baegh y,
 - ❏ **My Secret Little Heart** "Thx for all, u're my heartbeat, I loph u soo.. (mdhzan qt cepet dapet restu y, hehe...)
 - ❏ **All my family beloved** - - - Terima kasih atas do'a dan dukungannya " I Love u all".
- Second ---- Thx a lot JaMiex Ucapkan buat:**

- ❑ Temen2 THP & TEP Ang' 06.. setelah Ospek, Kuliah & akhirnya qt pisah ... GoogLuck 4 aLL.
- ❑ My Frend's Club - Ninik, Tutus, Intan, Weni, Rista ☺I don't know why we can be like that... ☺mudah2an swatu saat qt bisa tersenyum bersama kembali . . .
- ❑ My Small Family at d'Kos Karjows, Rima, v3, Tutus & Linda-Thx buat semua, bener2 kekeluargaan yang berarti, 4 taon aq dsna, susah-sedii-ktawa- nangis, aq lalui disana b'sama kalian... thx jg y atas rawatannya waktu aq sakit, maaph... nyusain bgt.
- ❑ Special To: K.E.B.O.W... Hwaaaa... Bow, tetap semangat y, ingat terus pesenq BE U'SELF. Ingat jg janjimu, g pacaran sak urunge entuk 'Job' ben Aman!. Thx y buat semua, kebow bener2 temenq yang sejati...bsk kalu q blum gajian, ngutang sek y...koyo biasane (jo omong2 tapiii)
- ❑ Ka2kQ Ang'04 & 05 - akhirnya aq bisa bareng kalian..terimakasih sudah menganiyaya aq selama ngeleb,
- ❑ Staf THP & Tek.Leb, Mb Ketut- Mb Sari-Ms Imron (Maaph JaMiex suka jd panelis Ilegal), Mb Neni, Mb Wim, P.Mistar & Mb Ani... Trimakasih ya wda tlaten ngajari JaMiex meski selalu bikin repot...
- ❑ Almamaterku tercinta "FTP-UNEJ".

MOTTO

Keberanian adalah melakukan apa yang anda takut melakukannya. Tidak bisa ada keberanian kecuali kalau anda merasa takut. *)

Masa depan menjadi milik mereka yang percaya kepada keindahan impian mereka. *)

Sukses selalu ditemukan pada akhir jalan panjang yang bertaburan dengan banyak sampah kegagalan. *)

Setiap ada kemauan, pasti selalu ada jalan. **)

Build your image, Be yourself and always positif thinking. **)

*) Walter Staples. 1998. In Search of Your True Self. Batam: Interaksara.

**) Penulis

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Jami'atur Rohmi

NIM : 061710101066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Produksi Minuman Fungsional Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* Blackie) dengan Fermentasi Bakteri Asam Laktat” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Juni 2010

Yang menyatakan,

Jami'atur Rohmi
NIM 061710101066

SKRIPSI

**PRODUKSI MINUMAN FUNGSIONAL UBI JALAR UNGU
(*Ipomoea batatas* Blackie) DENGAN FERMENTASI
BAKTERI ASAM LAKTAT**

Oleh

**Jami'atur Rohmi
NIM 061710101066**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D
Dosen Pembimbing Anggota I	: Ir. Wiwik Siti Windrati, MP
Dosen Pembimbing Anggota II	: Dr. Ir. Maryanto, M. Eng

PENGESAHAN

Karya ilmiah berjudul “Produksi Minuman Fungsional Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* Blackie) dengan Fermentasi Bakteri Asam Laktat” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 24 Juni 2010

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Ir. Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D
NIP 196905171992011001

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Wiwik S. Windrati, MP
NIP 195311211979032001

Dr. Ir. Maryanto, M. Eng
NIP 195410101983031004

Mengesahkan,
Dekan

Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng
NIP 196910051994021001

RINGKASAN

Produksi Minuman Fungsional Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* Blackie) dengan Fermentasi Bakteri Asam Laktat; Jami'atur Rohmi, 061710101066; 2010; 56 halaman. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Seiring dengan pola hidup yang semakin kompleks, masyarakat sadar akan pentingnya hidup sehat. Pangan telah diandalkan sebagai pemelihara kesehatan dan kebugaran tubuh. Pangan yang dipilih tidak hanya untuk memenuhi citarasa dan memuaskan selera, tetapi juga memiliki fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh yang disebut sebagai pangan fungsional (*functional food*). Oleh karena itu suatu penelitian produksi minuman fungsional ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* Blackie) yang terkait dengan bahan pangan lokal yaitu ubi jalar ungu perlu dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan sifat fungsional minuman fungsional ubi jalar ungu dan mengetahui lama fermentasi bakteri asam laktat yang tepat untuk menghasilkan produk minuman dengan karakteristik sifat fungsional yang baik dan disukai.

Penelitian ini dilaksanakan dalam 4 tahapan, tahap pelaksanaan penelitian meliputi: 1) pembuatan hidrolisat teri, 2) peremajaan starter dan pembuatan starter mix, 3) produksi minuman fungsional ubi jalar ungu, 3) analisa fisiko kimia minuman fungsional ubi jalar ungu, 4) uji kesukaan. Minuman fungsional ubi jalar ungu dengan fermentasi bakteri asam laktat dilakukan dengan variasi perlakuan lama fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari. Kemudian minuman dianalisis dengan parameter derajat keasamaan (pH) menggunakan pH meter, tingkat kekeruhannya (turbiditas), kandungan gula dan gula reduksi, kandungan antosianin, daya antioksidan metode DPPH, total asam, dan vitamin C serta uji kesukaan.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif, untuk uji kesukaan menggunakan anava dan dilanjutkan dengan DMRT (Duncan Multiple Range Test).

Bakteri asam laktat yang ditambahkan selama fermentasi menggunakan pati sari ubi jalar ungu sebagai sumber karbon, yang kemudian memetabolismenya menjadi metabolit primer yang berupa asam laktat. Pembentukan asam diiringi dengan terjadinya penurunan pH, dan sekresi asam laktat dan asam organik lainnya dapat meningkatkan total asam. Berdasarkan penelitian terlihat bahwa selama fermentasi dilakukan terjadi perubahan-perubahan sifat fisiko kimia dari minuman fungsional ubi jalar ungu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan lama fermentasi dapat memperbaiki karakteristik minuman fungsional ubi jalar ungu, lama fermentasi yang tepat untuk memperbaiki karakteristik dan sifat fungsional minuman ubi jalar ungu adalah dengan lama fermentasi 1 hari dengan pH 4,53, total asam 8,79 $\mu\text{mol/ml}$, kadar gula 6,63 (brix), kadar gula reduksi 0,1 mg/ml, turiditas 193 NTU, kandungan vitamin C 0,016 mg/ml, kandungan pigmen antosianin 2, 709 mg/L, dan daya antioksidan 0,162 $\mu\text{mol DPPH/ml}$. Sifat-sifat minuman fungsional ubi jalar ungu (warna, aroma, rasa, dan kesukaan keseluruhan) yang dihasilkan dengan adanya perlakuan fermentasi dinilai oleh panelis menunjukkan perbedaan yang nyata. Adapun tingkat kesukaan panelis terhadap sifat minuman fungsional ubi jalar ungu ditunjukkan dengan perbedaan skor nilai yang diberikan.

PRAKATA

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan hidayah dan inayah-Nya berupa kemampuan berfikir dan analisis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Produksi Minuman Fungsional Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* Blackie) dengan Fermentasi Bakteri Asam Laktat”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (SI) pada jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

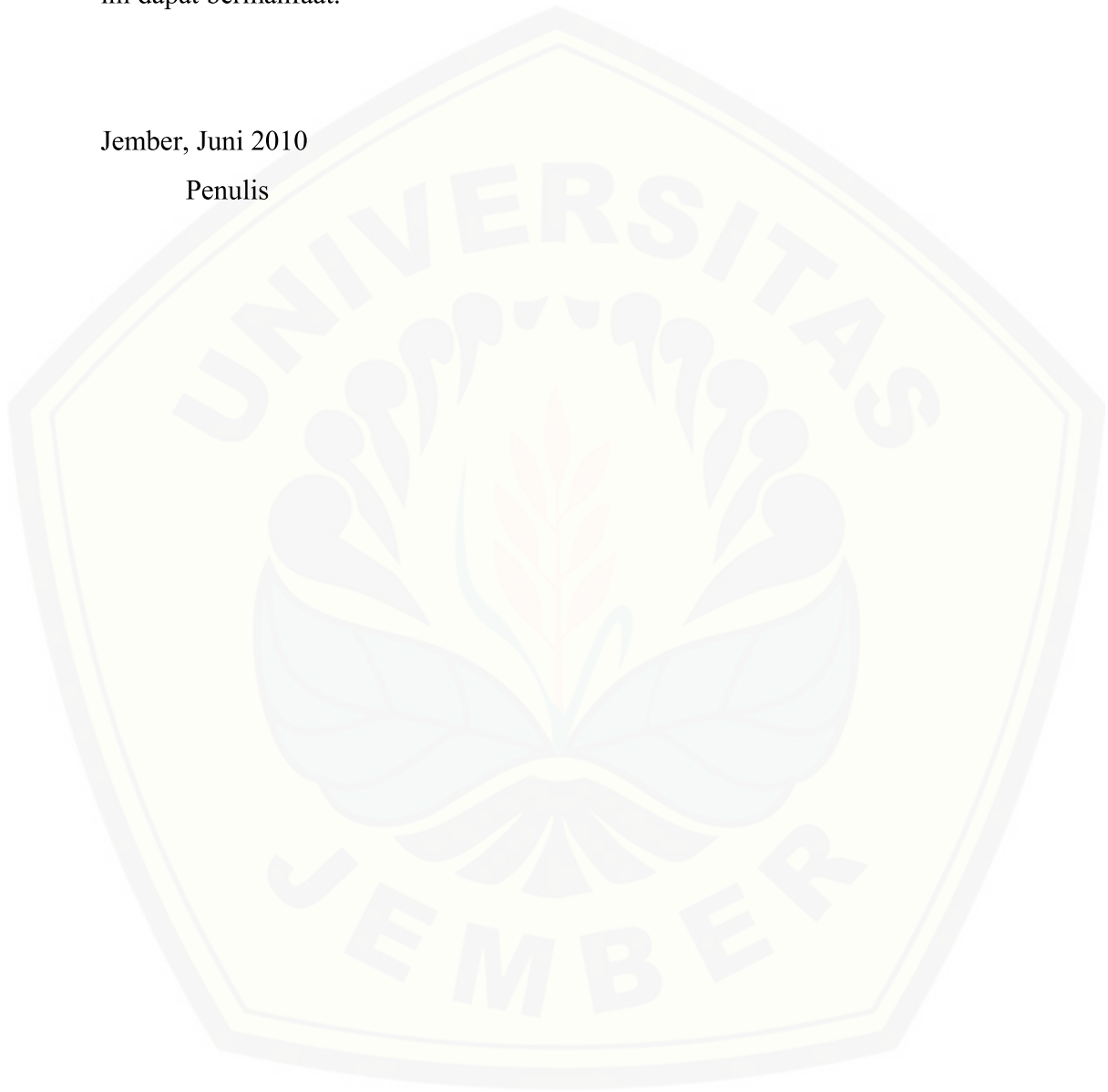
Penyusunan laporan Kuliah Kerja ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Ir. Mukhammad Fauzi, MSi., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Jember;
3. Ir. Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Wiwik Siti Windrati, MP., selaku Dosen Pembimbing Anggota I, dan Dr. Ir. Maryanto, M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Anggota II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Ir. Susijahadi dan Ir. Giyarto, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama penulis menjadi mahasiswa;
5. Bapak/Ibu Suwito dan Bapak/Ibu Setiyo sekeluarga yang telah memberi dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
6. segenap staff dan teknisi laboratorium biokimia pangan UNEJ, terima kasih banyak atas bimbingannya;
7. rekan kerjaku Yuyun dan Linda yang telah bekerja sama dalam menyelesaikan penelitian;
8. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan laporan kuliah kerja ini. Akhirnya penulis berharap, semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2010

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ubi Jalar Ungu	5
2.1.1 Taksonomi dan morfologi	5
2.1.2 Komposisi kimia ubi jalar ungu	6

2.2	Pigmen Antosianin	8
2.3	Senyawa Antioksidan	10
	2.3.1 Jenis antioksidan	11
	2.3.2 Mekanisme kerja antioksidan	13
2.4	Pangan Fungsional	14
2.5	Fermentasi	16
2.6	Bakteri Asam Laktat (BAL)	17
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1	Bahan dan Alat Penelitian	22
	3.1.1 Bahan penelitian	22
	3.1.2 Alat penelitian	22
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.3	Metode Penelitian	23
	3.3.1 Rancangan penelitian	23
	3.3.2 Analisa data	23
	3.3.3 Pelaksanaan penelitian	23
3.4	Parameter Pengamatan	29
3.5	Prosedur Analisa	29
	3.5.1 Pengukuran pH dan total asam	29
	3.5.2 Uji kekeruhan	30
	3.5.3 Kadar gula	30
	3.5.4 Analisis gula reduksi	30
	3.5.5 Vitamin C	31
	3.5.6 Daya antioksidan	31
	3.5.7 Kadar antosianin	32
	3.5.8 Uji organoleptik	33

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 pH dan Total Asam Minuman Fungsional Ubi Jalar	
Ungu	34
4.2 Kadar Gula	37
4.3 Gula Reduksi	38
4.4 Tingkat Kekeruhan	40
4.5 Vitamin C	42
4.6 Kandungan Pigmen Antosianin	43
4.7 Daya Antioksidan	44
4.8 Uji Organoleptik	46
4.8.1 Warna	46
4.8.2 Aroma	48
4.8.3 Rasa	49
4.8.4 Kesukaan keseluruhan	51
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN – LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi kimia ubi jalar	6
2.2 Komposisi fisiko-kimia ubi jalar ungu	8
4.1 pH dan Total asam minuman fungsional ubi jalar ungu	34
4.2 Sidik ragam uji organoleptik warna minuman fungsional ubi jalar ungu	47
4.3 Hasil uji beda perlakuan lama fermentasi pada warna minuman fungsional ubi jalar ungu	47
4.4 Sidik ragam uji organoleptik aroma minuman fungsional ubi jalar ungu	48
4.5 Hasil uji beda perlakuan lama fermentasi pada aroma minuman fungsional ubi jalar ungu	48
4.6 Sidik ragam uji organoleptik rasa minuman fungsional ubi jalar ungu	49
4.7 Hasil uji beda perlakuan lama fermentasi pada rasa minuman fungsional ubi jalar ungu	50
4.8 Sidik ragam uji kesukaan keseluruhan minuman fungsional ubi jalar ungu	51
4.9 Hasil uji beda perlakuan lama fermentasi kesukaan keseluruhan minuman fungsional ubi jalar ungu	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Ubi jalar ungu	5
2.2 Struktur dasar antosianin	9
2.3 Perubahan struktur utama pigmen antosianin pada perbedaan tingkat pH	9
2.4 Proses pembentukan radikal bebas	11
3.1 Diagram alir pembuatan tepung teri	24
3.2 Diagram alir pembuatan hidrolisat teri	25
3.3 Diagram alir peremajaan starter BAL murni dan pembuatan starter Mix	26
3.4 Diagram alir pembuatan minuman fungsional ubi jalar ungu	27
4.1 Derajat keasaman (pH) minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	36
4.2 Total asam minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2,3 dan 4 hari	36
4.3 Kadar gula minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	37
4.4 Kandungan gula reduksi minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	39
4.5 Nilai kekeruhan minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	41
4.6 Kandungan vitamin C minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	42
4.7 Kandungan antosianin minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	43

4.8	Daya antioksidan (DPPH) minuman fungsional ubi jalar ungu fermentasi 0,1, 2, 3, dan 4 hari	45
-----	--	----



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data dan perhitungan analisa pH.....	58
2. Data analisa dan perhitungan total asam	59
3. Data analisa dan perhitungan kadar gula (Metode brix) ...	60
4. Data analisa dan perhitungan gula reduksi	61
5. Data dan perhitungan analisa kekeruhan (Turbidity)	63
6. Data analisa dan perhitungan vitamin C	64
7. Data analisa dan perhitungan kandungan antosianin	65
8. Data analisa dan perhitungan daya antioksidan (DPPH) ...	66
9. Uji organoleptik	
9.1 Warna	68
9.2 Aroma.....	70
9.3 Rasa	72
9.4 Kesukaan keseluruhan	74
10. Foto minuman fungsional ubi jalar ungu dengan perlakuan fermentasi 0, 1, 2, 3, dan 4 hari	76

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pola hidup yang semakin kompleks, masyarakat sadar akan pentingnya hidup sehat. Pangan telah diandalkan sebagai pemelihara kesehatan dan kebugaran tubuh. Tuntutan konsumen terhadap bahan pangan pun juga kian bergeser. Bahan pangan yang kini mulai banyak diminati konsumen bukan saja yang mempunyai komposisi gizi atau nutrisi yang baik serta penampakan dan citarasa yang menarik, tetapi makanan atau minuman yang dipilih juga harus memiliki fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh yang disebut sebagai pangan fungsional (*fungsional food*).

Ubi jalar ungu merupakan bahan pangan sumber energi dalam bentuk gula dan karbohidrat, mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan tubuh antara lain kalsium dan zat besi, vitamin A dan C. Keunggulan ubi jalar ungu adalah mempunyai kandungan antosianin tinggi. Antosianin merupakan pigmen yang larut dalam air yang secara kimiawi digolongkan dalam senyawa flavonoid turunan polifenol. Zat tersebut menyebabkan warna merah, biru sampai ungu termasuk juga kuning dan tidak berwarna (seluruh warna kecuali hijau). Pigmen antosianin stabil pada pH rendah.

Menurut Hasyim dan Yusuf (2007), pigmen antosianin pada ubi jalar lebih tinggi konsentrasinya dan lebih stabil bila dibandingkan antosianin dari kubis merah, elderberries, blueberries dan jagung merah. Sekelompok Antosianin yang tersimpan dalam ubi jalar ungu sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia, yaitu dapat berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menghalangi laju kerusakan sel radikal bebas akibat nikotin, polusi udara dan bahan kimia lainnya. Antosianin berperan dalam mencegah terjadinya penuaan, kemerosotan daya ingat dan kepikunan, *polyp*, asam urat, penderita sakit mah (asam lambung, penyakit jantung koroner, penyakit kanker dan penyakit-penyakit degeneratif, seperti arteosklerosis. Selain itu, antosianin

juga memiliki kemampuan sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik terhadap mutagen dan karsinogen yang terdapat pada bahan pangan dan olahannya, mencegah gangguan pada fungsi hati, antihipertensi dan menurunkan kadar gula darah (antihiperemisemik). Hampir semua zat gizi yang terkandung dalam ubi jalar ungu mendukung kemampuannya memerangi serangan jantung koroner.

Ubi jalar ungu memiliki citarasa yang lemah dan konsentrasi pigmen antosianin yang terkandung didalamnya dipengaruhi oleh pH, dimana pigmen antosianin lebih stabil pada pH rendah. Pemanfaatan ubi jalar berwarna daging ungu di Indonesia masih terbatas pada beberapa jenis produk pangan saja inipun dalam jumlah kecil, paling banyak dijumpai di pasaran adalah kripik. Oleh sebab itu, diperlukan sosialisasi dan promosi keunggulan dari produk ubi jalar ini dengan membuat produk minuman kesehatan sari ubi jalar ungu menggunakan fermentasi bakteri asam laktat (BAL) untuk meningkatkan karakteristik sifat fungsionalnya.

Fermentasi bakteri asam laktat dapat menghasilkan asam laktat dan berbagai senyawa metabolit yang bersifat antimikroba yang berupa hidrogen peroksida, karbon dioksida, diasetil, dan bakteriosin. Asam-asam organik hasil metabolisme bakteri asam laktat dapat menurunkan pH, sehingga dapat meningkatkan kestabilan pigmen antosianin. Adanya senyawa metabolit yang bersifat antimikroba dapat berfungsi sebagai pengawet alami. Dalam pengolahan makanan, BAL mampu memproduksi berbagai macam senyawa yang berperan terhadap flavour, warna, tekstur dan konsistensi dari makanan fermentasi, sehingga dapat memperbaiki citarasa dari minuman ubi jalar ungu.

BAL yang umumnya di pakai dalam pembuatan minuman fermentasi adalah *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*, yang tergolong dalam bakteri pembentuk asam laktat bersifat homofermentatif. Kedua bakteri ini dapat tumbuh bersama-sama secara simbiosis (Rahayu dan Sudarmadji, 1989). BAL jenis *L. plantarum* dilaporkan juga banyak berperan dalam fermentasi berbagai sumber pati. Bakteri ini merupakan Amilolitik-BAL (ABAL) yang mempunyai kemampuan mendegradasi pati secara langsung dan secara *fakultatif heterofermentatif*.

Dengan demikian, kombinasi BAL yang terdiri dari *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* mempunyai efek sinergis dalam menghasilkan minuman fungsional yang berasal dari umbi-umbian dengan kandungan karbohidrat tinggi. Dengan alasan tersebut di atas perlu dilakukan penelitian tentang teknologi produksi minuman fungsional ubi jalar ungu menggunakan fermentasi BAL.

1.2 Permasalahan

Ubi jalar ungu memiliki kandungan pigmen antosianin yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk minuman fungsional. Namun ubi jalar ungu memiliki rasa yang lemah dan antosianin yang terkandung didalamnya tidak stabil pada pH tinggi. Dengan demikian sifat fungsional ubi jalar ungu perlu ditingkatkan yaitu dengan teknologi fermentasi menggunakan bakteri asam laktat (BAL). Bakteri asam laktat mampu memproduksi asam-asam organik dan berbagai senyawa metabolit yang bersifat antimikroba yang berupa hidrogen peroksida, karbon dioksida, diasetil, dan bakteriosin. Asam-asam organik hasil metabolisme bakteri asam laktat dapat menurunkan pH, sehingga dapat meningkatkan kestabilan pigmen antosianin. Adanya senyawa metabolit yang bersifat antimikroba dapat berfungsi sebagai pengawet alami. Selain itu BAL memproduksi berbagai macam senyawa yang berperan terhadap flavour, warna, tekstur dan konsistensi dari makanan fermentasi, sehingga dapat memperbaiki citarasa dari minuman ubi jalar ungu. Untuk dapat menghasilkan minuman dengan karakteristik sifat fungsional yang baik, dan disukai BAL memerlukan waktu pertumbuhan yang tepat. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui lama fermentasi BAL yang tepat untuk menghasilkan minuman fungsional ubi jalar ungu dengan karakteristik sifat fungsional yang baik dan disukai.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui karakteristik minuman fungsional ubi jalar ungu;
2. Mengetahui lama fermentasi bakteri asam laktat yang tepat untuk menghasilkan karakteristik sifat fungsional minuman fungsional ubi jalar ungu yang baik dan disukai.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilaksanakan penelitian ini meliputi:

1. Meningkatkan sifat fungsional produk minuman ubi jalar ungu;
2. Mengetahui proses pembuatan minuman fungsional menggunakan teknologi fermentasi bakteri asam laktat untuk menghasilkan minuman fungsional ubi jalar ungu dengan karakteristik dan fungsionalitas yang tinggi;
3. Sebagai informasi bagi industri pangan dalam meningkatkan nilai gizi dan ekonomis produk ubi jalar ungu.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ubi Jalar Ungu

2.1.1 Taksonomi dan morfologi

Dalam sistematika (taksonomi) tanaman ubi jalar diklasifikasikan sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae (tumbuh-tumbuhan)
Divisi	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Kelas	: Dycotyledonae (biji berkeping dua)
Ordo	: Convolvulales
Family	: Convolvulaceae
Genus	: <i>Ipomea</i>
Spesies	: <i>Ipomea batatas</i> Blackie



Gambar 2.1 Ubi jalar ungu
Sumber: Hendroatmojo (1990).

Ubi jalar mempunyai banyak nama atau sebutan, antara lain ketela rambat, *huwi boled* (Sunda), tela rambat (Jawa), *sweet potato* (Inggris), dan *shoyu* (Jepang).

Tanaman ubi jalar termasuk tumbuhan semusim (*annual*) yang memiliki susunan tubuh utama terdiri dari batang, ubi, daun, bunga, buah, dan biji. Batang tanaman berbentuk bulat, tidak berkayu, berbuku-buku, dan tipe pertumbuhannya tegak atau merambat (menjalar). Panjang batang tanaman bertipe tegak antara 1–2 m, sedangkan pada tipe merambat (menjalar) antar 2–3 m. Ukuran batang dibedakan atas tiga macam, yaitu besar, sedang, dan kecil. Warna batang biasanya hijau tua sampai keungu-unguan.

Tanaman ubi jalar yang sudah berumur ± 3 minggu setelah tanam biasanya sudah membentuk ubi. Bentuk ubi biasanya bulat sampai lonjong dengan permukaan rata sampai tidak rata. Bentuk ubi yang ideal adalah lonjong agak panjang dengan berat antara 200–250 g per ubi. Kulit ubi berwarna ungu atau ungu kemerah-merahan, tergantung jenis (varietas)nya. Struktur kulit ubi bervariasi antara tipis sampai dengan tebal, dan biasanya bergetah. Jenis atau varietas ubi jalar yang berkulit tebal dan bergetah memiliki kecenderungan tahan terhadap hama penggerek ubi (*Cylas sp.*). Daging ubi berwarna ungu. Ubi yang berkadar tepung tinggi cenderung manis (Rukmana, 1997).

2.1.2 Komposisi kimia ubi jalar ungu

Berat kering umbi adalah 16 – 40% dari berat basah. Sebanyak 75 – 90% adalah karbohidrat meliputi unsur pati, gula, hemiselulosa, dan pektin. Selain karbohidrat, ubi jalar juga mengandung protein, lemak, dan mineral. Secara umum kandungan ubi jalar tertera pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi kimia ubi jalar

Senyawa	Komposisi
Energi (kj/ 100 g)	71,10
Protein (%)	1,43
Lemak (%)	0,17
Pati (%)	22,40
Gula (%)	2,40
Serat makanan (%)	1,60
Kalsium (mg/100 g)	29,00
Fosfor (mg/ 100 g)	51,00
Besi (mg/ 100 g)	0,49
Vitamin A (mg/ 100 g)	0,01
Vitamin B1 (mg/ 100 g)	0,09
Vitamin C (mg/ 100 g)	24,00
Air (g)	83,30

Sumber: Hendroatmojo (1990).

Ubi jalar ungu merupakan bahan pangan sumber energi dalam bentuk gula dan karbohidrat, mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan tubuh antara lain kalsium dan zat besi, vitamin A dan C. Ubi jalar ungu juga banyak mengandung serat pangan sehingga dengan mengkonsumsi ubi jalar misalnya dapat mengurangi penyakit pencernaan seperti kanker usus dan lever.

Ubi jalar ungu mengandung antosianin yang merupakan zat warna pada tanaman. Besar kandungan antosianin dalam ubi jalar ungu tergantung pada intensitas warna ungu pada ubi ungu, makin ungu warna ubi maka kandungan antosianin makin tinggi. Antosianin merupakan antioksidan alami yang dapat mencegah penyakit kanker, jantung, tekanan darah tinggi, katarak dan dapat menghaluskan kulit. Konsumsi antosianin yang diperbolehkan per hari menurut ADI (Acceptable Daily Intake) sebesar 0-0,25 mg/kg berat badan, apabila konsumsinya berlebihan dapat menyebabkan keracunan.

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* var Ayamurasaki) biasa disebut *Ipomoea batatas* Blackie karena memiliki kulit dan daging umbi yang berwarna ungu kehitaman (ungu pekat). Ubi jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi daripada ubi jalar jenis lain. Pigmennya lebih stabil bila dibandingkan antosianin dari sumber lain seperti kubis merah, elderberries, blueberries dan jagung merah.

Kandungan nutrisi ubi jalar ungu lebih tinggi bila dibandingkan ubi jalar varietas lain, terutama kandungan lisin, Cu, Mg, K, Zn rata-rata 20%. Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori yang cukup tinggi. Ubi jalar juga merupakan sumber vitamin dan mineral, vitamin yang terkandung dalam ubi jalar antara lain vitamin A, vitamin C, thiamin (vitamin B1), dan riboflavin. Sedangkan mineral dalam ubi jalar diantaranya adalah zat besi (Fe), fosfor (P), dan kalsium (Ca). Kandungan lainnya adalah protein, lemak, serat kasar dan abu. Total kandungan antosianin bervariasi pada setiap tanaman dan berkisar antara 20 mg/100 g sampai 600 mg/100 g berat basah. Total kandungan antosianin ubi jalar ungu adalah 519 mg/100 g berat basah (Hendroatmojo, 1990).

Komposisi ubi jalar ungu klon MSU dan Ayamurasaki dapat dilihat pada table 2.2

Tabel 2.2 Komposisi Fisiko-kimia dari ubi jalar ungu

Sifat Kimia dan Fisik	MSU 03028-10	AYAMURASAKI
Kadar air	60,18	67,77
Kadar abu (%)	2,82	3,28
Kadar pati (%)	57,66	55,27
Gula reduksi (%)	0,82	1,79
Kadar lemak (%)	0,13	0,43
Kadar serat (%)	-	-
Kadar antosianin (mg/100g)	1419,40	923,65
Aktivitas antioksidan (%) *	89,06	61,24
Warna (L*)	34,90	37,50
Warna (a*)	11,10	14,20
Warna (b*)	11,30	11,50

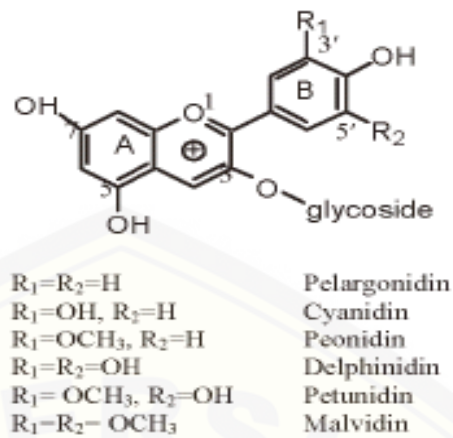
Sumber: Widjarnako (2008).

2.2 Pigmen Antosianin

Antosianin dan antoxanthin tergolong pigmen yang disebut flavonoid. Pigmen tersebut pada umumnya larut dalam air. Antosianin tersusun oleh sebuah aglikon berupa antosianidin yang teresterifikasi dengan molekul gula, bisa satu atau lebih. Gula yang sering ditemukan adalah glukosa, ramnosa, galaktosa, xilosa dan arabinosa. Antosianin yang mengandung satu molekul gula disebut monosida, dua gula disebut diosida dan tiga gula disebut triosida (Winarno, 1992).

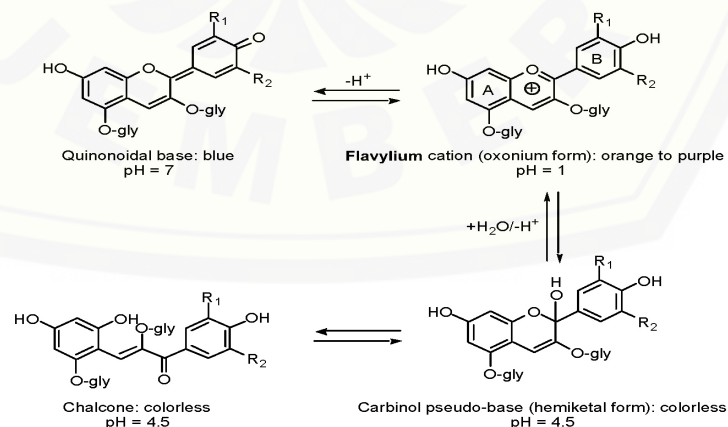
Sedikitnya ada enam jenis antosianidin yang sering terdapat di alam dan penting manfaatnya untuk makanan, yaitu pelargonidin, sianidin, delphinidin, peonidin, petunidin dan malvinidin. Semua antosianidin merupakan derivatif dari struktur dasar kation flavilium. Pada molekul flavilium terjadi substitusi dengan molekul OH dan Ome untuk membentuk antosianidin.

Struktur antosianin dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.2 Struktur dasar antosianin
Sumber: Durst R. W., dan Wrolstad R. E. (2005).

Warna pigmen antosianin merah, biru, dan violet. Pigmen tersebut biasanya terdapat pada bunga, buah-buahan, dan sayur-sayuran. Warna pigmen dipengaruhi oleh konsentrasi pigmen dan pH. Pada konsentrasi yang encer, anthosianin berwarna biru, sebaliknya pada konsentrasi pekat berwarna merah dan konsentrasi biasa berwarna ungu. Pada pH rendah, pigmen anthosianin berwarna merah dan pada pH tinggi berubah menjadi violet, lalu menjadi biru (Anonim, 2008). Perubahan struktur antosianin pada tingkat pH terlihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.3 Perubahan struktur utama antosianin pada perbedaan tingkat pH
Sumber: Durst R. W., dan Wrolstad R. E. (2005).

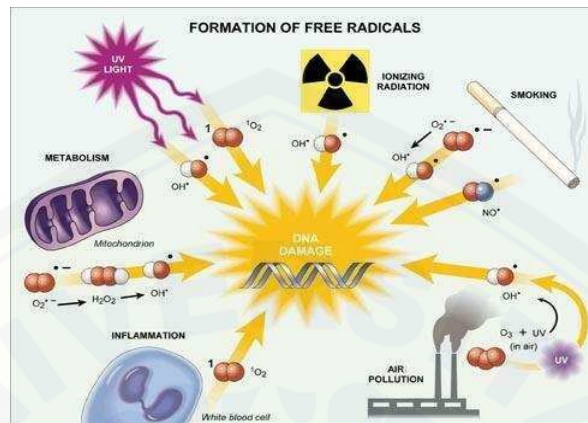
Sekelompok antosianin yang tersimpan dalam ubi jalar ungu sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia, yaitu dapat berfungsi sebagai antioksidan yang mampu menghalangi laju perusakan sel radikal bebas akibat nikotin, polusi udara dan bahan kimia lainnya. Antosianin berperan dalam mencegah terjadinya penuaan, kemerosotan daya ingat dan kepikunan, polyp, asam urat, penderita sakit mah (asam lambung), penyakit jantung koroner, penyakit kanker, dan penyakit-penyakit degeneratif, seperti arteosklerosis. Selain itu, antosianin juga memiliki kemampuan sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik terhadap mutagen dan karsinogen yang terdapat pada bahan pangan dan olahannya, mencegah gangguan pada fungsi hati, antihipertensi dan menurunkan kadar gula darah (antihyperglisemik). Hampir semua zat gizi yang terkandung dalam ubi jalar ungu mendukung kemampuannya memerangi serangan jantung koroner (Hasyim dan Yusuf, 2008).

2.3 Senyawa Antioksidan

Antioksidan adalah molekul yang berkemampuan memperlambat ataupun mencegah oksidasi molekul lain. Oksidasi merupakan suatu reaksi kimia yang mentransfer elektron dari satu zat ke oksidator. Reaksi oksidasi dapat menghasilkan radikal bebas dan memicu reaksi rantai, menyebabkan kerusakan sel tubuh. Antioksidan menghentikan reaksi berantai dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas dan menghambat reaksi oksidasi lainnya dengan sendirinya teroksidasi. Oleh karena itu, antioksidan sering kali merupakan reduktor seperti senyawa tiol, asam askorbat, ataupun polifenol (Anonim, 2009).

Radikal bebas sebenarnya berasal dari molekul oksigen yang secara kimia strukturnya berubah akibat dari aktifitas lingkungan. Aktifitas lingkungan yang dapat memunculkan radikal bebas antara lain radiasi, polusi, merokok dan lain sebagainya. Radikal bebas yang beredar dalam tubuh berusaha untuk mengambil elektron yang ada pada molekul lain seperti DNA dan sel. Pengambilan ini jika berhasil akan merusak sel dan DNA tersebut. Dengan demikian, jika radikal bebas banyak beredar maka akan banyak pula sel yang rusak. Kerusakan yang

ditimbulkan dapat menyebabkan sel tersebut menjadi tidak stabil yang berpotensi menyebabkan proses penuaan dan kanker (Handoko, 2008).



Gambar 2.4 Proses pembentukan radikal bebas
Sumber: Handoko (2008).

2.3.1 Jenis antioksidan

Antioksidan dibedakan menjadi tiga macam, meliputi:

- 1). Antioksidan yang dibuat oleh tubuh kita sendiri yang berupa enzim antara lain superoksida dismutase, glutathione peroxidase, perhidrase dan katalase.
- 2). Antioksidan alami yang dapat diperoleh dari tanaman atau hewan yaitu tokoferol, vitamin C, betakaroten, flavonoid dan senyawa fenolik.
- 3). Antioksidan sintetik, yang dibuat dari bahan-bahan kimia yaitu Butylated Hroxyanisole (BHA), BHT, TBHQ, PG dan NDGA yang ditambahkan dalam makanan untuk mencegah kerusakan lemak.

Berdasarkan fungsinya, antioksidan dapat dibedakan menjadi 4 (empat) yaitu:

a. *Antioksidan Primer*

Antioksidan ini berfungsi untuk mencegah terbentuknya radikal bebas baru karena dapat merubah radikal bebas yang ada menjadi molekul yang berkurang dampak negatifnya yaitu sebelum sempat bereaksi. Antioksidan primer yang ada dalam tubuh yang sangat terkenal adalah enzim superoksida dismutase. Enzim ini sangat penting sekali karena dapat melindungi hancurnya sel-sel dalam tubuh akibat serangan radikal bebas. Bekerjanya enzim ini sangat dipengaruhi

oleh mineral-mineral seperti mangan, seng, tembaga dan selenium yang harus terdapat dalam makanan dan minuman.

b. Antioksidan Sekunder

Antioksidan sekunder merupakan senyawa yang berfungsi menangkap radikal bebas serta mencegah terjadinya reaksi berantai sehingga tidak terjadi kerusakan yang lebih besar. Contoh antioksidan sekunder adalah vitamin E, vitamin C, dan betakaroten yang dapat diperoleh dari buah-buahan.

c. Antioksidan Tersier

Antioksidan tersier merupakan senyawa yang memperbaiki sel-sel dan jaringan yang rusak karena serangan radikal bebas. Biasanya yang termasuk kelompok ini adalah jenis enzim misalnya metionin sulfoksidan reduktase yang dapat memperbaiki DNA dalam inti sel. Enzim tersebut bermanfaat untuk perbaikan DNA pada penderita kanker.

d. Oxygen Scavenger

Antioksidan yang termasuk oxygen scavenger mengikat oksigen sehingga tidak mendukung reaksi oksidasi, misalnya vitamin C.

e. Chelators/Sequestrants

Mengikat logam yang mampu mengkatalisis reaksi oksidasi misalnya asam sitrat dan asam amino. Tubuh dapat menghasilkan antioksidan yang berupa enzim yang aktif bila didukung oleh nutrisi pendukung atau mineral yang disebut juga ko-faktor (Ardiansyah, 2007).

Antioksidan yang dihasilkan oleh tubuh antara lain adalah :

1. Superoksida Dismutase

Antioksidan ini merupakan enzim yang bekerja bila ada pembantunya yaitu berupa mineral-mineral seperti tembaga, mangan yang bersumber pada kacang-kacangan, padi-padian. kekurangan mineral dapat dilakukan dengan meminum multivitamin dan suplemen mineral. Contoh: brokoli, bayam, sawi dan juga hasil-hasil olahan seperti tempe.

2. Glutathione Peroksidasi

Adalah enzim yang berperan aktif dalam menghilangkan H_2O_2 dalam tubuh dan mempergunakannya untuk merubah glutathione (GSH) menjadi

glutathione teroksidasi (GSSG) Enzim ini menjaga konsentrasi oksigen akhir agar stabil dan tidak berubah menjadi pro-oksidan. Makanan yang kaya glutathione adalah kubis, brokoli, asparagus, alpukat dan kenari. Glutathione sangat penting sekali melindungi selaput-selaput sel. Senyawa ini merupakan tripeptida yang terdiri dari asam amino glisin, asam glutamat dan sistein.

3. Katalase

Enzim katalase di samping mendukung aktivitas enzim SOD juga dapat mengkatalisa perubahan berbagai macam peroksida dan radikal bebas menjadi oksigen dan air. Enzim-enzim tersebut di atas dalam bekerjanya sangat membutuhkan mineral-mineral penyusun sebagai berikut:

- Copper (Cu)
- Zinc (Zn)
- Selenium (Se)
- Manganese (Mn)
- Besi (Fe) (Qonita, 2010).

2.3.2 Mekanisme kerja antioksidan

Jika di suatu tempat terjadi reaksi oksidasi dimana reaksi tersebut menghasilkan hasil samping berupa radikal bebas ($\cdot\text{OH}$) maka tanpa adanya kehadiran antioksidan radikal bebas akan menyerang molekul-molekul lain disekitarnya. Hasil reaksinya adalah menghasilkan radikal bebas yang lain yang siap menyerang molekul yang lainnya lagi yang akhirnya terbentuk reaksi berantai yang sangat membahayakan. Berbeda halnya bila terdapat antioksidan, radikal bebas akan segera bereaksi dengan antioksidan membentuk molekul yang stabil dan tidak berbahaya dan reaksi pun berhenti sampai disini.

- Tanpa adanya antioksidan:

Reaktan \rightarrow Produk + $\cdot\text{OH}$

$\text{OH} + (\text{DNA, protein, lipid}) \rightarrow \text{Produk} + \text{Radikal bebas yang lain}$

Radikal bebas yang lain memulai reaksi yang sama dengan molekul yang ada disekitarnya.

- Dengan adanya antioksidan:

Reaktan \rightarrow Produk + \cdot OH

OH + antioksidan \rightarrow Produk yang stabil

Antioksidan cenderung bereaksi dengan radikal bebas terlebih dahulu dibandingkan dengan molekul yang lain karena antioksidan bersifat sangat mudah teroksidasi atau bersifat reduktor kuat dibanding dengan molekul yang lain. Jadi keefektifan antioksidan bergantung dari seberapa kuat daya oksidasinya dibanding dengan molekul yang lain. Semakin mudah teroksidasi maka semakin efektif antioksidan tersebut (Anonim₁, 2010).

2.4 Pangan Fungsional

Pangan fungsional atau *Food for Specified Health Use* (FOSHU), didefinisikan sebagai makanan yang berdasarkan pengetahuan (bukti riset ilmiah) tentang hubungan antara makanan atau komponen makanan dan kesehatan yang diharapkan mempunyai manfaat kesehatan tertentu. Karena sebagai makanan, maka pangan fungsional harus memiliki karakteristik sebagai makanan (sensori, warna, tekstur, citarasa, dan mempunyai zat gizi). Fungsi-fungsi fisiologis yang diharapkan oleh makanan fungsional antara lain adalah mengatur daya tahan tubuh, memperlambat penuaan, dan mencegah penyakit yang berkaitan dengan makanan. Sehingga dengan demikian pangan fungsional dikonsumsi sebagai layaknya makanan sehari-hari (bentuknya dapat berupa makanan dan minuman) (Ardiansyah, 2007).

Menurut Badan POM (2001), pangan fungsional adalah pangan yang secara alami maupun telah melalui proses mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian-kajian ilmiah dianggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan. Pangan fungsional dikonsumsi sebagaimana layaknya makanan atau minuman, mempunyai karakteristik sensori berupa penampakan, warna, tekstur dan cita rasa yang dapat diterima oleh konsumen, serta tidak memberikan kontraindikasi dan efek samping terhadap metabolisme zat gizi lainnya jika digunakan dalam jumlah yang dianjurkan. Meskipun mengandung senyawa yang bermanfaat bagi kesehatan, pangan

fungsional tidak berbentuk kapsul, tablet, atau bubuk yang berasal dari senyawa alami.

Pangan fungsional dibedakan dari suplemen makanan atau obat berdasarkan penampakan dan pengaruhnya terhadap kesehatan. Bila fungsi obat terhadap penyakit bersifat treatment (perlakuan penyembuhan) maka pangan fungsional lebih bersifat pencegahan terhadap penyakit (mengurangi resiko). Pada obat, efek harus dapat dirasakan segera, sedang pada pangan fungsional lebih pada keuntungan di masa mendatang. Obat biasanya diberikan khusus untuk orang dengan kepentingan tertentu. Namun pangan fungsional berpotensi untuk dapat dikonsumsi oleh siapa saja. Pangan dikatakan pangan fungsional dengan syarat harus tetap berupa produk pangan yang berasal dari bahan alami, dapat dikonsumsi sebagai menu setiap hari serta mempunyai fungsi fisiologis tertentu saat dicerna. Berbagai jenis pangan fungsional telah beredar di pasaran, mulai dari produk susu probiotik tradisional seperti yoghurt, kefir dan coumiss sampai produk susu rendah lemak siap dikonsumsi yang mengandung serat larut. Juga produk yang mengandung ekstrak serat yang bersifat larut yang berfungsi menurunkan kolesterol dan mencegah obesitas. Untuk minuman, telah tersedia berbagai minuman yang berkhasiat menyehatkan tubuh yang mengandung komponen aktif rempah-rempah seperti kunyit asam, minuman sari jahe, sari temulawak, beras kencur, serbat, dan bandrek.

Departemen Kesehatan dan Kesejahteraan Jepang mengelompokkan 12 komponen senyawa dalam makanan fungsional, untuk keperluan kesehatan baik senyawa nutrisi maupun non nutrisi, yaitu serat pangan (dietary fiber), oligosakarida atau lebih dikenal sebagai prebiotik, gula alkohol, peptida dan protein tertentu, glikosida, vitamin, kolin, lechitin, bakteri asam laktat atau probiotik, mineral, asam lemak tidak jenuh rantai panjang serta senyawa fitokimia (karotenoid, fitosterol, saponin, glikosinolat, polifenol, inhibitor protease, monoterpen, fitoestrogen, sulfida, dan asam fitat), dan antioksidan. Kesemuanya memberikan fungsi fisiologis bagi tubuh sehingga berpengaruh positif bagi kesehatan (Anonim₂, 2010).

2.5 Fermentasi

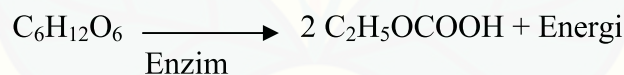
Fermentasi berasal dari bahasa Latin *fervere* yang berarti mendidihkan. Seiring perkembangan teknologi, definisi fermentasi meluas, menjadi semua proses yang melibatkan mikroorganisme untuk menghasilkan suatu produk yang disebut metabolit primer dan sekunder dalam suatu lingkungan yang dikendalikan. Pada mulanya istilah fermentasi digunakan untuk menunjukkan proses perubahan glukosa menjadi alkohol yang berlangsung secara anaerob. Namun, kemudian istilah fermentasi berkembang lagi menjadi seluruh perombakan senyawa organik yang dilakukan mikroorganisme yang melibatkan enzim yang dihasilkannya. Dengan kata lain, fermentasi adalah perubahan struktur kimia dari bahan-bahan organik dengan memanfaatkan agen-agen biologis terutama enzim sebagai biokatalis.

Berdasarkan hasil fermentasi, fermentasi dibedakan menjadi dua yaitu fermentasi asam laktat/susu dan fermentasi alkohol.

a. Fermentasi asam laktat

Yaitu fermentasi dimana hasil akhirnya adalah asam laktat. Fermentasi ini dapat terjadi di otot dalam kondisi anaerob.

Reaksinya:

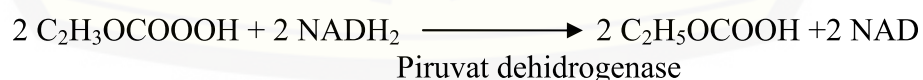


Prosesnya:

1. Glukosa $\xrightarrow[\text{Enzim}]{} \text{asam piruvat (proses glikolisis)}$



2. Dehidrogenasi asam piruvat akan terbentuk asam laktat



Energi yang terbentuk dari glikolisis hingga terbentuk asam laktat:

$$8 \text{ ATP} - 2 \text{ NADH}_2 = 8 - 2 (3 \text{ ATP}) = 2 \text{ ATP}.$$

b. Fermentasi alkohol

Pada beberapa mikrobia, peristiwa pembebasan energi terlaksana karena asam piruvat diubah menjadi asam asetat + CO₂ selanjutnya asam asetat di ubah menjadi alkohol.

Dalam fermentasi alkohol, satu molekul glukosa hanya dapat menghasilkan 2 molekul ATP, dibandingkan dengan respirasi aerob, satu molekul glukosa mampu menghasilkan 38 molekul ATP.

Reaksinya:

1. Gula (C₆H₁₂O₆) → asam piruvat (glikolisis)
2. Dekarboksilasi asam piruvat

$$\begin{array}{ccc} \text{Asam piruvat} & \longrightarrow & \text{asetaldehid} + \text{CO}_2 \\ \text{Piruvat dekarboksilasi (CH}_3\text{CHO)} & & \end{array}$$
3. Asetaldehid oleh alkohol dehidrogenase diubah menjadi alkohol (etanol)

$$\begin{array}{ccc} 2 \text{ CH}_3\text{CHO} + 2 \text{ NADH}_2 & \longrightarrow & 2 \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{ NAD} \\ \text{Alkohol dehidrogenase enzim} & & \end{array}$$

Ringkasan reaksi:



Organisme anaerobik fermentatif biasanya menggunakan jalur fermentasi asam laktat:



Energi yang dilepaskan pada persamaan ini sekitar 150 kJ per mol, yang disimpan dalam regenerasi dua ATP dari ADP per glukosa. Ini hanya 5% energi per molekul gula daripada yang dapat dihasilkan oleh reaksi aerobik (Anonim₃, 2010).

2.6 Bakteri Asam Laktat (BAL)

Bakteri asam laktat (BAL) secara fisiologi dikelompokkan sebagai bakteri gram positif, bentuk kokkus atau batang yang tidak berspora dengan asam laktat sebagai produk utama fermentasi karbohidrat. Secara tradisional, BAL terdiri dari empat genus yaitu *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* dan *Streptococcus*.

Bakteri asam laktat adalah kelompok bakteri yang mampu mengubah karbohidrat (glukosa) menjadi 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. Pada umumnya mikroorganisme dapat tumbuh pada kisaran pH 3 - 6 (Buckle, Edwards, Fleet, dan Wooton, 1987).

Spesies-spesies BAL dapat disubdivisikan berdasar sistem metaboliknya yang berupa prinsip jalur sakarolitik-nya menjadi tiga kelompok (Kandler and Weiss, 1984).

1. Kelompok I, obligat homofermentatif

Kelompok bakteri ini mampu mengkonversi heksosa menjadi asam laktat melalui Embden-Meyerhof Parnas (EMP), tetapi tidak dapat memfermentasi pentosa atau glukonat.

2. Kelompok II, fakultatif heterofermentatif

Kelompok bakteri ini biasanya memfermentasi heksosa menjadi asam laktat secara homofermentatif, tetapi pada beberapa strain dan kondisi dapat memfermentasi secara heterofermentatif dengan menghasilkan asam laktat, karbon dioksida, ethanol dan atau asam asetat. Pentosa difermentasi menjadi asam laktat dan asetat melalui phosphoketolase.

3. Kelompok II, obligat heterofermentatif

Kelompok bakteri ini mampu memfermentasi heksosa menjadi asam laktat, karbon dioksida dan ethanol atau asam asetat. Pentosa dikonversi ke asam laktat dan asetat.

Pemanfaatan BAL oleh manusia telah dilakukan sejak lama, yaitu untuk proses fermentasi makanan. BAL merupakan kelompok besar bakteri menguntungkan yang memiliki sifat relatif sama. Saat ini BAL digunakan untuk pengawetan dan memperbaiki tekstur dan cita rasa bahan pangan. BAL mampu memproduksi asam laktat sebagai produk akhir perombakan karbohidrat, hidrogen peroksida, dan bakteriosin. Pada saat yang bersamaan, produksi asam laktat mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen penyebab berbagai penyakit terkait pangan (Afrianto, Liviawaty, dan Rostini, 2006).

Beberapa bakteri asam laktat telah diketahui mampu menekan produksi senyawa karsinogen dalam usus, dan mampu menstimulasi immune response, sedemikian rupa sehingga fungsi pencegahan kanker dan berbagai penyakit infeksi dapat ditangani (Winarno, Ahnan, dan Widjajanto, 2003).

a. *Lactobacillus plantarum*

Lactobacillus plantarum merupakan salahsatu jenis BAL homofermentatif dengan temperatur optimal lebih rendah dari 37 °C. *L. plantarum* berbentuk batang (0,5-1,5 s/d 1,0-10 µm) dan tidak bergerak (non motil). Bakteri ini memiliki sifat katalase negatif, aerob atau fakultatif anaerob, mampu mencairkan gelatin, cepat mencerna protein, tidak mereduksi nitrat, toleran terhadap asam, dan mampu memproduksi asam laktat. Dalam media agar, *L. plantarum* membentuk koloni berukuran 2–3 mm, berwarna putih opaque, conveks, dan dikenal sebagai bakteri pembentuk asam laktat karena mampu merombak senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan hasil akhirnya yaitu asam laktat (Kuswanto dan Sudarmadji, 1988).

Menurut Buckle, Edwards, Fleet, dan Wooton (1987), asam laktat dapat menghasilkan pH yang rendah pada substrat sehingga menimbulkan suasana asam. *Lactobacillus plantarum* dapat meningkatkan keasaman sebesar 1,5 sampai 2,0% pada substrat. Dalam keadaan asam, *L. plantarum* memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri patogen dan bakteri pembusuk.

b. *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus bulgaricus adalah salah satu BAL yang digunakan sebagai starter kultur untuk susu fermentasi, berpotensi sebagai antikolesterol yang diduga karena adanya eksopolisakarida (EPS) yang diproduksinya.

Bakteri *Lactobacillus bulgaricus* adalah bakteri probiotik karena telah lolos dari uji klinis, enzimnya mampu mengatasi intoleransi terhadap laktosa, menormalkan komposisi bakteri saluran pencernaan serta meningkatkan sistem kekebalan tubuh.

Lactobacillus bulgaricus merupakan isolat yang diperoleh dari yoghurt komersial bersifat membentuk lendir, gram positif, bentuk batang, katalase negatif, tidak tahan garam 6,5%, tumbuh optimal pada suhu 37 °C dan mencapai

fase eksponensial pada waktu inkubasi 4 jam, sedangkan pada suhu inkubasi 25°C dan 30 °C sampai inkubasi 6 jam masih menunjukkan fase pertumbuhan adaptasi. *L. bulgaricus* memfermentasi glukosa, laktosa, galaktosa, tidak memfermentasi sukrosa dan mannose (Firmansyah, 2009).

c. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus adalah bakteri yang berbentuk kokus yang kadang-kadang membentuk rantai, gram positif, katalase negatif, meeduksi “litmus milk”, tidak toleran terhadap konsentrasi garam lebih besar dari 6.5%, tidak berspora, bersifat thermodurik, dan menyukai suasana mendekati netral. pH optimal untuk pertumbuhannya adalah 6,5. *Streptococcus thermophilus* dibedakan dari genus *Streptococcus* lainnya berdasarkan pertumbuhan optimal pada suhu 45 °C sampai 47 °C dan tidak dapat tumbuh pada suhu 10 °C.

Streptococcus thermophilus berperan besar dalam menghasilkan citarasa asam. Sementara *Lactobacillus bulgaricus* berperan dalam menghasilkan aroma melalui produksi asam laktat dan asetaldehid (Winarno, Ahnan, dan Widjajanto., 2003).

Menurut Pelczar, Chan, dan Krieg (1993), selama proses fermentasi bakteri asam laktat terjadi 4 tahapan:

1. Tahap inisiasi.

Pertama kali, mikroorganisme aerobik, fakultatif, dan anaerobik dalam substrat tumbuh. Kemudian produksi asam laktat oleh streptococci dan lactobacilli menurunkan pH dan mencegah pertumbuhan bakteri gram negative yang tidak diharapkan. Pada tahap ini sangat penting untuk memproduksi asam laktat sangat cepat untuk mencegah pertumbuhan bakteri yang tidak diharapkan.

2. Tahap fermentasi awal.

BAL dan yeast mendominasi pertumbuhan selama tahap ini. Fermentasi terjadi secara kontinyu sampai jenis karbohidrat yang dapat difermentasikan telah digunakan atau pH-nya menjadi rendah sehingga pertumbuhan bakteri akan terhambat.

3. Tahap fermentasi kedua.

Yeast untuk fermentasi yang lebih tahan terhadap pH rendah akan menggunakan sisa-sisa jenis karbohidrat yang dapat difermentasi.

4. Tahap fermentasi akhir.

Pertumbuhan mikroba kemungkinan akan nampak kepermukaan produk fermentasi, biasanya berupa lapisan lunak (*mold shape*) dan yeast oksidatif.

Bakteri asam laktat mempunyai enzim *β-galaktosidase*, *glycolase* dan *lactate dehydrogenase* (LDH) yang menghasilkan asam laktat dan laktosa. Asam laktat memberikan manfaat fisiologis sebagai berikut:

- Memperbaiki daya cerna protein susu dengan mengendapkannya sebagai penggumpalan yang halus
- Memperbaiki pemanfaatan kalsium, fosfor dan zat besi
- Menstimulir sekresi asam lambung
- Meningkatkan pergerakan asam lambung
- Berfungsi sebagai sumber energi dalam proses respirasi (Surono, 2004).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan penelitian

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah ubi jalar ungu, gula pasir, tepung beras, hidrolisat teri dari teri medan, dan biakan bakteri asam laktat (BAL). Mikroba yang digunakan pada penelitian ini adalah BAL yang terdiri dari *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* diperoleh dari Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. *L. bulgaricus* dan *L. plantarum* disimpan pada media de Man Rogosa Sharpe Agar (MRS agar). Komposisi media MRS agar adalah sebagai berikut: Pepton 10 g, beef extract 10 g, yeast extract 5 g, K_2HPO_4 2 g, amonium sitrat 2 g, glukosa 2 g, sodium asetat $3H_2O$ 20 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,58 g, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 0,28 g, agar 15 g, aquades 1000 ml. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah Buffer pH 1.0 (potassium klorida 0.025 M), buffer 4.5 (Sodium asetat 0.4 M), enzim protamex, K_2HPO_4 , glukosa, NaOH 0,001 N, asam oksalat, Indikator PP, Reagent DPPH, pati 1%, Iod 0,001 N, Reagen Arsenomolybdat (Ammonium molybdat dan H_2SO_4 pekat), Reagen Nelson (Na_2SO_4 , KNa Tartat, Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ dan H_2SO_4 pekat), bubuk Aluminium hidroksida (Al(OH) (larutan tawas dan amoniak 10%), etanol teknis, HCL, aquadest.

3.1.2 Alat penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi blender, peralatan gelas, pH meter, *shaker water bath*, spektrofotometer, presto, *refrigerator*, timbangan analitik, bunsen, oven, spatula, vortex, mikropipet, biuret, sentrifuse, penyaring vakum, refraktometer skala 0 ~ 28%, turbidimetri, ayakan tyler 50 mesh, biuret, presto, UV-Vis, penangas air, kertas saring, kain saring, aluminium foil, erlenmeyer 500, 250 ml dan 100 ml, labu ukur 100 ml dan 10 ml, beaker glass 500 ml, 250 ml, 100 ml dan 50 ml, spatula kaca, spatula stainlesssteel, dan gelas ukur 100 ml.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Dimulai pada bulan februari 2010 sampai selesai.

3.3 Metode Penelitian

3.1.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini lebih bersifat pengamatan terhadap perubahan karakteristik dan sifat fungsional produk minuman fermentasi ubi jalar ungu. Dalam rancangannya, akan dilakukan proses analisis dengan variasi lama fermentasi (0, 1, 2,3 dan 4 hari).

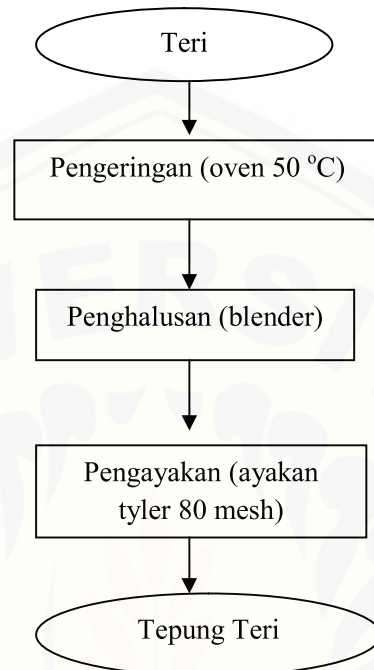
3.1.2 Analisa Data

Pengolahan data penelitian menggunakan metode deskriptif. Data hasil penelitian dari 3 kali ulangan dijumlahkan, dirata-rata dan dicari standar deviasinya. Data hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk tabel, dan untuk mempermudah intepratasi data maka dibuat grafik atau histogram.

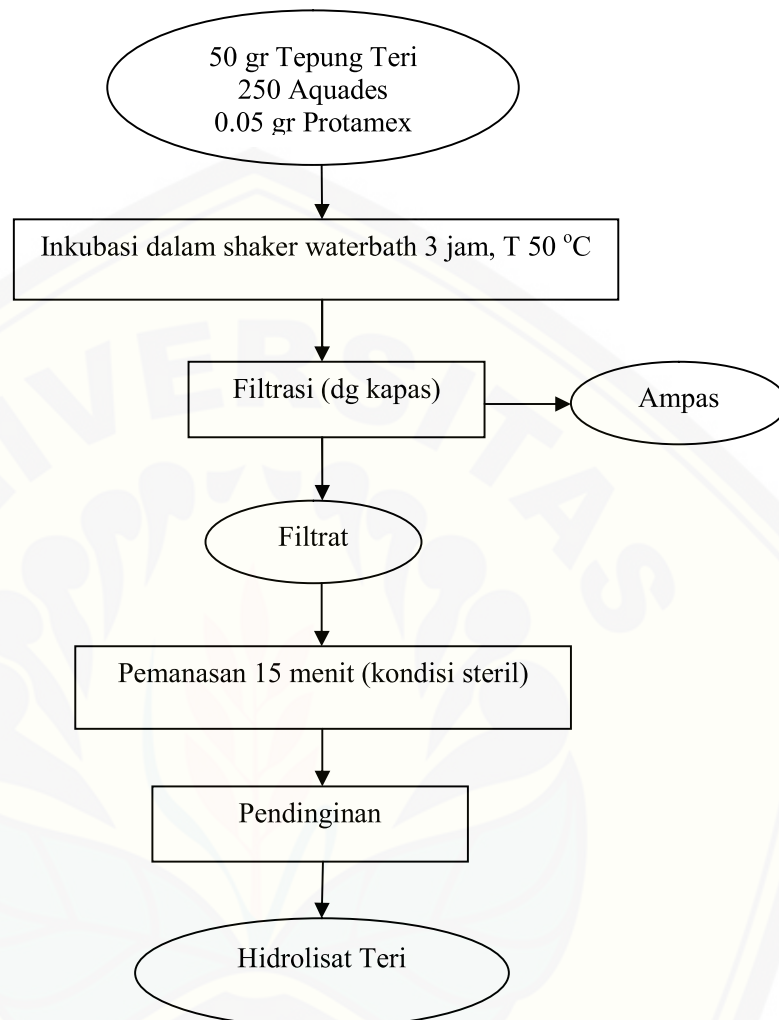
3.1.3 Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahap yaitu tahap pertama pembuatan hidrolisat teri sebagai pengganti tripton pepton (media pertumbuhan bakteri), tahap kedua adalah pembuatan BAL yang meliputi 4 stater bakteri yaitu *Lactobacillus bulgaricus*, *L. plantarum*, *Streptococcus thermophilus*, dan starter mix (campuran *L. plantarum*, *L. bulgaricus*, dan *S. thermophilus*), dan tahap ketiga adalah produksi minuman fungsional ubi jalar ungu dengan menggunakan fermentasi BAL.

a. Pembuatan hidrolisat teri (subtituen tripton pepton)

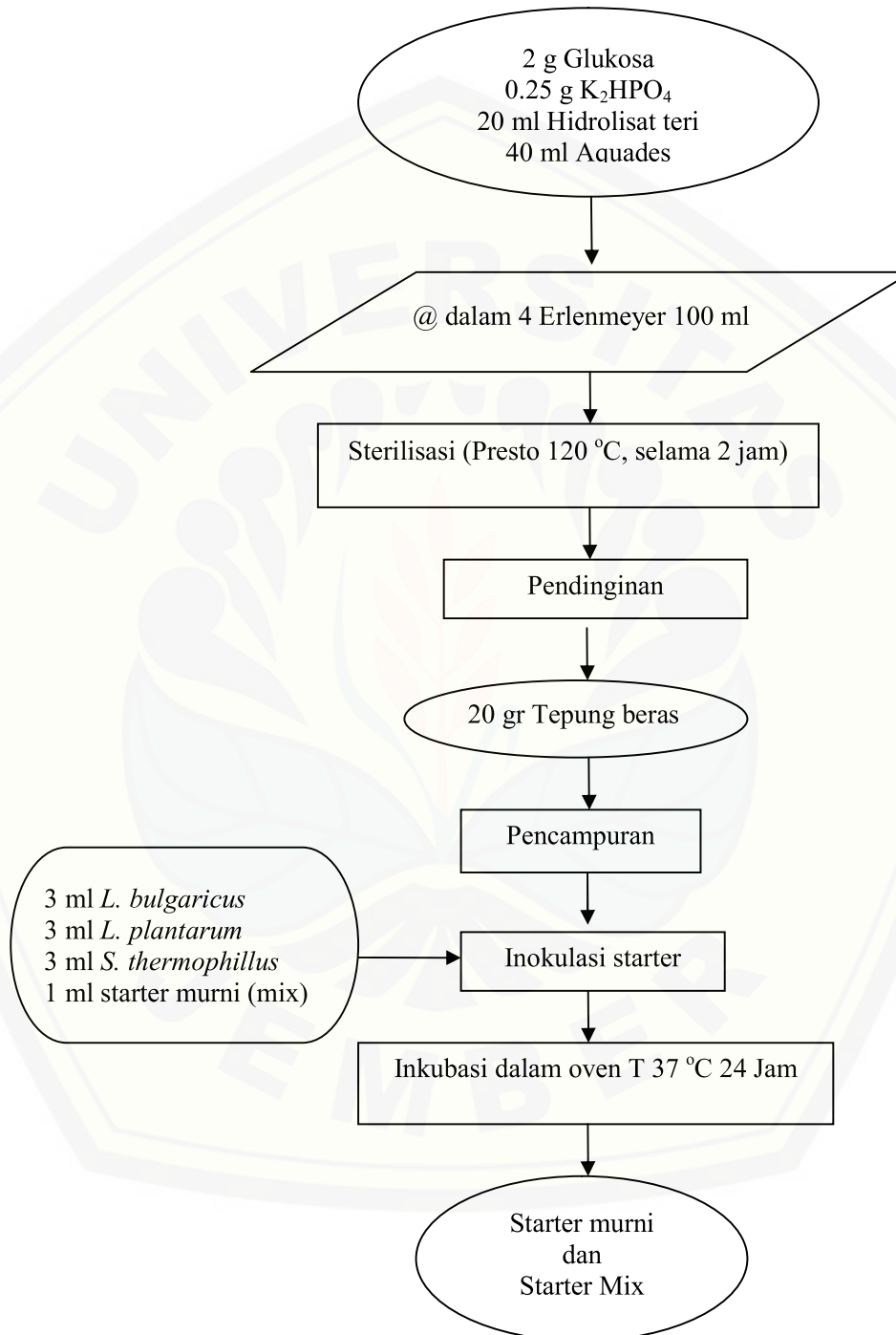


Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tepung teri



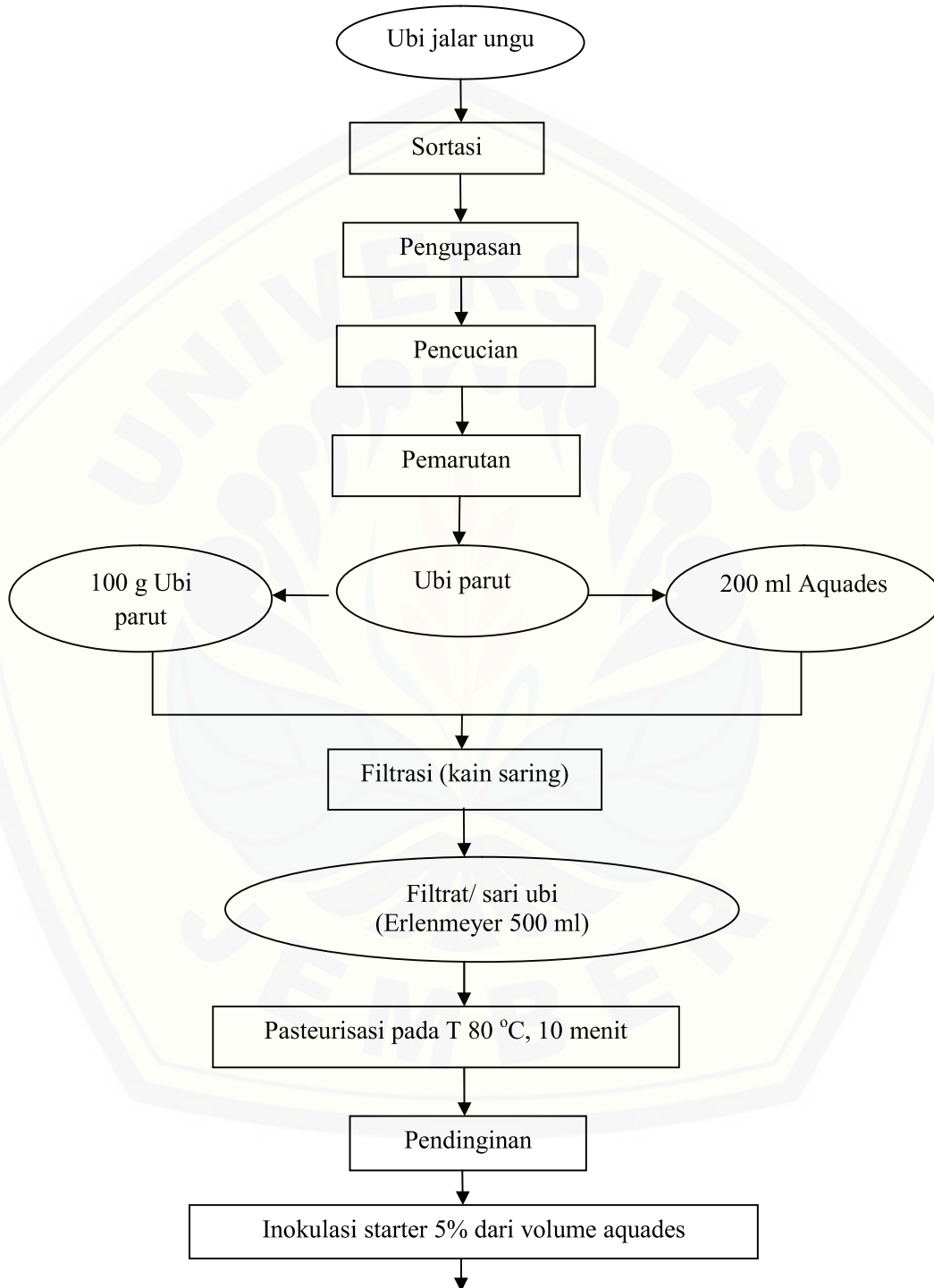
Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan hidrolisat teri

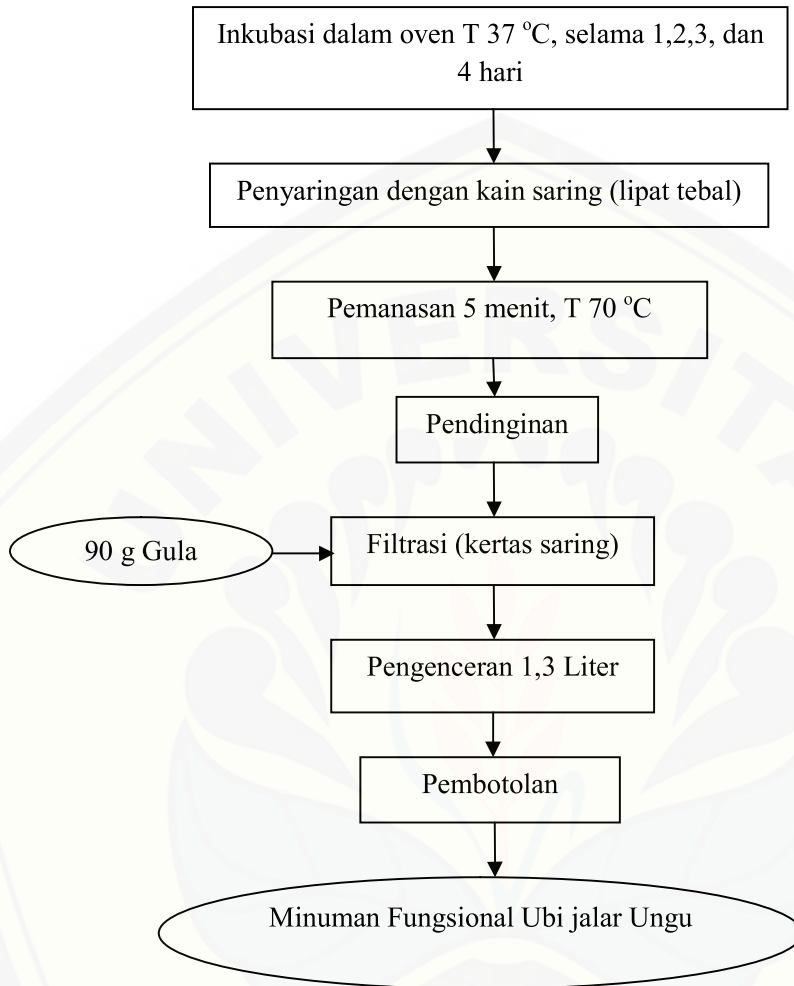
b. Peremajaan starter murni dan pembuatan starter mix



Gambar 3.3 Diagram alir peremajaan starter BAL murni dan pembuatan starter Mix

c. Produksi minuman fungsional ubi jalar ungu





Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan minuman fungsional ubi jalar ungu

3.4 Parameter Pengamatan

Parameter-parameter yang diamati pada produk minuman fungsional ubi jalar ungu adalah sebagai berikut:

1. pH dan total asam (Dufour, Larsson, Alarcon, Brabed and Chuzel, 2002)
2. Uji kekeruhan (Subagio, 2006)
3. Kadar gula (Metode Brix)
4. Gula reduksi (Sudarmadj, Hartoyo dan Suhardi, 1997)
5. Vitamin C (Sudarmadj, Hartoyo dan Suhardi, 1997)
6. Daya antioksidan (Subagio dan Morita, 2001)
7. Kandungan antosianin (Metode perbedaan pH) (Durst R. W., dan Wrolstad R. E., 2005)
8. Sifat Sensoris (Uji Kesukaan; Hadiwiyoto, 1994)

3.5 Prosedur Analisa

3.5.1 Pengukuran pH dan total asam (Dufour, Larsson, Alarcon, Brabed and Chuzel, 2002).

Untuk pengujian nilai derajat keasaman (pH), terlebih dahulu dilakukan dengan menstandarisasi alat (pH meter) dengan menggunakan buffer pH 4 dan pH 7. Kemudian 20 ml sampel dimasukkan dalam beaker glass 50 ml. Selanjutnya pH sampel diukur dengan membaca skala pada pH meter.

Penentuan total asam dalam sampel dilakukan dengan menggunakan metode titrasi terbalik. Sejumlah sampel digunakan sebagai peniter untuk 20 ml NaOH 0.001 N dengan ditetesi 3 tetes indikator phenolphthalein 1%. Proses titrasi selesai ditandai dengan kejernihan warna dari NaOH dan indikator phenolphthalein yang berwarna merah muda sebelum dititrasi dengan sampel.

Standardisasi NaOH 0.001N dilakukan dengan menimbang 0,01 g asam oksalat ($C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$) BM=126, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambah aquades 25 ml. Setelah larut ditambah 2-3 tetes indikator phenolphthalein

dan dititrasi dengan larutan NaOH yang akan distandarisasi sampai warna merah jambu. Perhitungan N NaOH adalah:

$$N \text{ NaOH} = \frac{\text{g asam oksalat berat asam} \times 2}{0.126 \times \text{ml NaOH}}$$

3.5.2 Uji kekeruhan (Subagio, 2006)

Metode ini menggunakan alat bantu kolorimeter. Dasar tekniknya adalah banyaknya cahaya yang diabsorpsi ($OD = \text{Optical Density}$) yang mencerminkan turbiditas sebanding dengan kerapatan (banyaknya) sel bakteri dalam suspensi biakan. Semakin besar konsentrasi sel mikroba dalam suatu suspensi, maka semakin keruh kenampakan suspensi tersebut.

3.5.3 Kadar gula (Metode Brix)

Penentuan kadar gula menggunakan metode brix dilakukan dengan menggunakan hand refraktometer skala 0 ~ 28%, dilakukan dengan cara meneteskan sampel pada permukaan jernih alat yang selanjutnya dilihat skalanya pada cahaya terang.

3.5.4 Analisis Gula Reduksi (metode Nelson-Somogyi) (Sudarmadj, Hartoyo dan Suhardi, 1997)

Penyiapan kurva standar

Dibuat larutan kurva glukosa standar (10 mg glukose anhidrat/100 ml), selanjutnya dilakukan 6 pengenceran sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi: 2, 4, 6, 8 dan 10 mg/100 mL. kemudian disiapkan 7 tabung reaksi dan diisi dengan 1 mL air suling sebagai blanko. Lalu ditambahkan kedalam masing-masing tabung tersebut dengan 1 mL reagen Nelson, selanjutnya semua tabung dipanaskan pada penangas air mendidih selama 20 menit. Setelah selesai pemanasan, semua tabung diambil dan didinginkan dalam gelas piala yang berisi air dingin

hingga suhu tabung mencapai 25 °C. Kemudian ditambah 1 mL reagen Arsenomolybdat, digojog sampai endapan Cu_2O yang ada larut sempurna. Setelah itu, ditambahkan 7 mL air suling dan digojog sampai homogen. Absorbansi diukur pada “optical density” (OD) dengan panjang gelombang 540 nm. Kurva standar dibuat dengan menunjukkan hubungan antara konsentrasi glukosa dan OD

Penentuan gula reduksi pada contoh

Dilakukan dengan menyiapkan larutan contoh yang mempunyai kadar gula reduksi sekitar 2-8 mg/100 mL. Larutan sampel diambil 100 μL dan ditera 10 ml. Selanjutnya diambil 250 μL dan dimasukkan dalam tabung reaksi bersih, selanjutnya ditambahkan reagen Nelson 1 mL dan kemudian diperlakukan seperti pada penyipan kurva standar diatas. Jumlah gula reduksi ditentukan berdasarkan OD larutan contoh dan kurva standar larutan glukosa.

3.5.5 3.5.5 Vitamin C (Metode titrasi Yodin) (Sudarmadj, Hartoyo dan Suhardi, 1997)

Diambil 10 ml larutan sampel ditera dalam labu 100 ml, selanjutnya diambil 20 ml dalam erlenmeyer 100 ml dan ditambahkan dengan 2 ml pati 1% g kemudian dititrasi dengan Iod 0,001 N hingga warna biru.

Perhitungan:

1 ml 0,001 N Yodium = 0,88 mg asan askorbat

Kadar Vitamin C = ml titrasi x N x 0,88 mg x FP x 100 / (0,01x gr bahan)

(mg/100gr bahan)

3.5.6 Daya Antioksidan (Metode DPPH) (Subagio dan Morita, 2001)

Daya antioksidan dianalisa menggunakan reagen DPPH (1,1-diphenyhl-2-picrilhidrazyl) 400 μM dalam pelarut etanol distilat. Sampel sebanyak 1 mL dilarutkan dalam 3 mL etanol distilat. kemudian ditambahkan reagen DPPH 1 mL. Kemudian vortex selama 10 menit dan didiamkan 20 menit. Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan metode spektrofotometer pada panjang gelombang 517

nm. Blanko dibuat dengan cara yang sama dengan mengganti sampel dengan etanol. Daya antioksidan dihitung dengan menggunakan persamaan yang diperoleh dari hasil pembuatan kurva standart, dengan sumbu y sebagai konsentrasi DPPH (μmol) dan sumbu x sebagai absorbansi.

3.5.7 Kadar antosianin (Metode perbedaan pH) (Durst R. W., dan Wrolstad R. E., 2005)

Penyiapan bahan pereaksi

Bahan pereaksi yang dipakai dalam analisa total antosianin adalah buffer pH 1 (potassium klorida 0,025 M) dan buffer 4,5 (sodium asetat 0,4 M).

Pengujian larutan contoh

Dilakukan dengan melakukan pengenceran 2 ml sampel dalam labu ukur 10 ml menggunakan pH 1.0 dan pH 4.5. Jumlah maksimum larutan uji yang ditambahkan adalah ≤ 10 mL (1 bagian uji dan 4 bagian buffer). Kandungan total antosianin diuji dengan melihat absorbansi dari spektrofotometer pada panjang gelombang 520 dan 700 nm (untuk kebanyakan spektrofotometer, absorbansi harus diatas 0,2 dan 1,4 AU). Pembuatan blanko diisi dengan air destilasi.

Perhitungan konsentrasi pigmen antosianin, diharapkan sebanding dengan sianidin-3-glukosida, sebagai berikut:

$$\text{Pigmen antosianin (sianidin-3-glukosida, mg/L)} = A \times \text{BM} \times \text{FP} \times 10^3 / \epsilon \times l$$

Dimana:

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH 1}} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH 4,5}}$$

$$\text{BM} = 449,2 \text{ g/mol}$$

FP = Faktor pengenceran

l = Panjang gelombang dalam cm

ϵ = 26900 koefisien molar, dalam $\text{L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$, untuk cyd-3-glu

10^3 = Faktor konversi (g menjadi mg)