

**PEMANFAATAN SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)
PADA PEMBUATAN TEPUNG TERFERMENTASI
(Kajian Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Campuran *L. Plantarum*, *L. Fermentum* dan *S. Cerevisiae*)**

Skripsi

**OLEH :
NURUL LATHIFAH
0311013024**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2009**

“ Tuhanmu adalah yang melayarkan kapal-kapal dilautan untukmu agar kamu mencari sebagian dari karunia-Nya. Sesungguhnya Dia adalah Maha Penyayang terhadapmu”. QS I sraa’ (17) : 66

“dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”.

QS. An Najm (53) : 39

Alhamdulillah.....

Karya kecil ini kupersembahkan untuk Mama, Ayah serta Kakak dan AdikQ...

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Nurul Lathifah
NIM : 0311013024
Jurusan : Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul Skripsi : Pemanfaatan Sorghum (*Shorghum bicolor* L. Moench)
Pada Pembuatan Tepung Terfermentasi (Kajian Lama
Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Campuran *L. plantarum*, *L. fermentum* dan *S. cerevisiae*)

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari pernyataan ini tidak benar saya bersedia di tuntutan sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Januari 2009
Pembuat Pernyataan

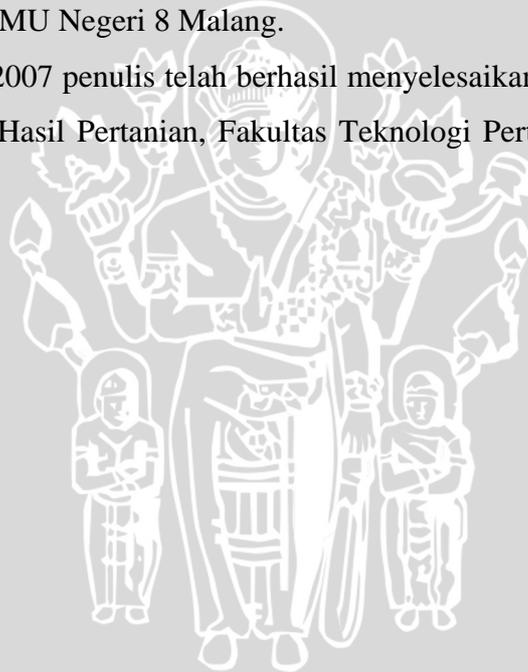
Nurul Lathifah
NIM. 0311013024

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Nurul Lathifah dilahirkan di Malang pada tanggal 23 Maret 1985, anak ketiga dari Ayah yang bernama Drs. Bambang Noor Setyo, Msi dan Ibu Drs. Umi Chayatin, Msi.

Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Muslimat NU 27 Malang, kemudian melanjutkan ke pendidikan sekolah dasar di SDN Bandulan I dan SDN Lesanpuro 6 Malang, lalu melanjutkan lagi ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di SMP Negeri 6 Malang dan menyelesaikan Sekolah Menengah Umum di SMU Negeri 8 Malang.

Pada Agustus 2007 penulis telah berhasil menyelesaikan pendidikannya di di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas brawijaya Malang



KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan kehadirat Allah SWT Sang Pencipta, Pembuat Kehendak, Pemberi Rahmat, Pemberi Nikmat, Pemberi Kemudahan, Pemberi Kelancaran dan Penguasa segala sesuatunya. Dengan Rahmat dan Hidayah dari Allah SWT Tugas akhir (skripsi) ini dapat kami selesaikan dengan beberapa kekurangan dan kelebihan yang ada didalamnya. Ucapan terimakasih tak lupa kami haturkan pada:

1. Ibu Tri Dewanti Widyaningsih, M. Kes. selaku dosen pembimbing I. Terimakasih atas ilmu, pengarahan, motivasi dan segala sesuatu yang bermakna dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Widya Dwi Rukmi Putri, STP,MP selaku dosen pembimbing II. Terimakasih atas ilmu, dukungan, pengarahan, motivasi dan segala sesuatu yang bermakna dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Agustin Krisna Wardani., Msi selaku dosen penguji I. Terima kasih atas segala pertanyaan, kritikan, saran yang telah diberikan, InsyaAllah semua itu akan bermakna bagi penulis di kemudian hari.
4. Ibu Fithri Choirun Nisa, STP. MP. selaku dosen penguji II dan sekaligus sebagai Ketua Jurusan Teknologi hasil pertanian Universitas Brawijaya, yang telah meluangkan waktu dan memberikan bayak masukan serta pelajaran yang berharga bagi penulis.
5. Seluruh Dosen, Laboran, Staff Jurusan THP, seluruh rekan-rekan THP khususnya angkatan 2002. dan semua pihak yang telah membantu penulis.
6. Ayah dan Ibu di rumah yang telah memberikan kepercayaan dan amanah yang cukup besar bagi penulis.

Semoga semua kebaikan dan bantuan yang ikhlas tersebut mendapat limpahan pahala dari-Nya.

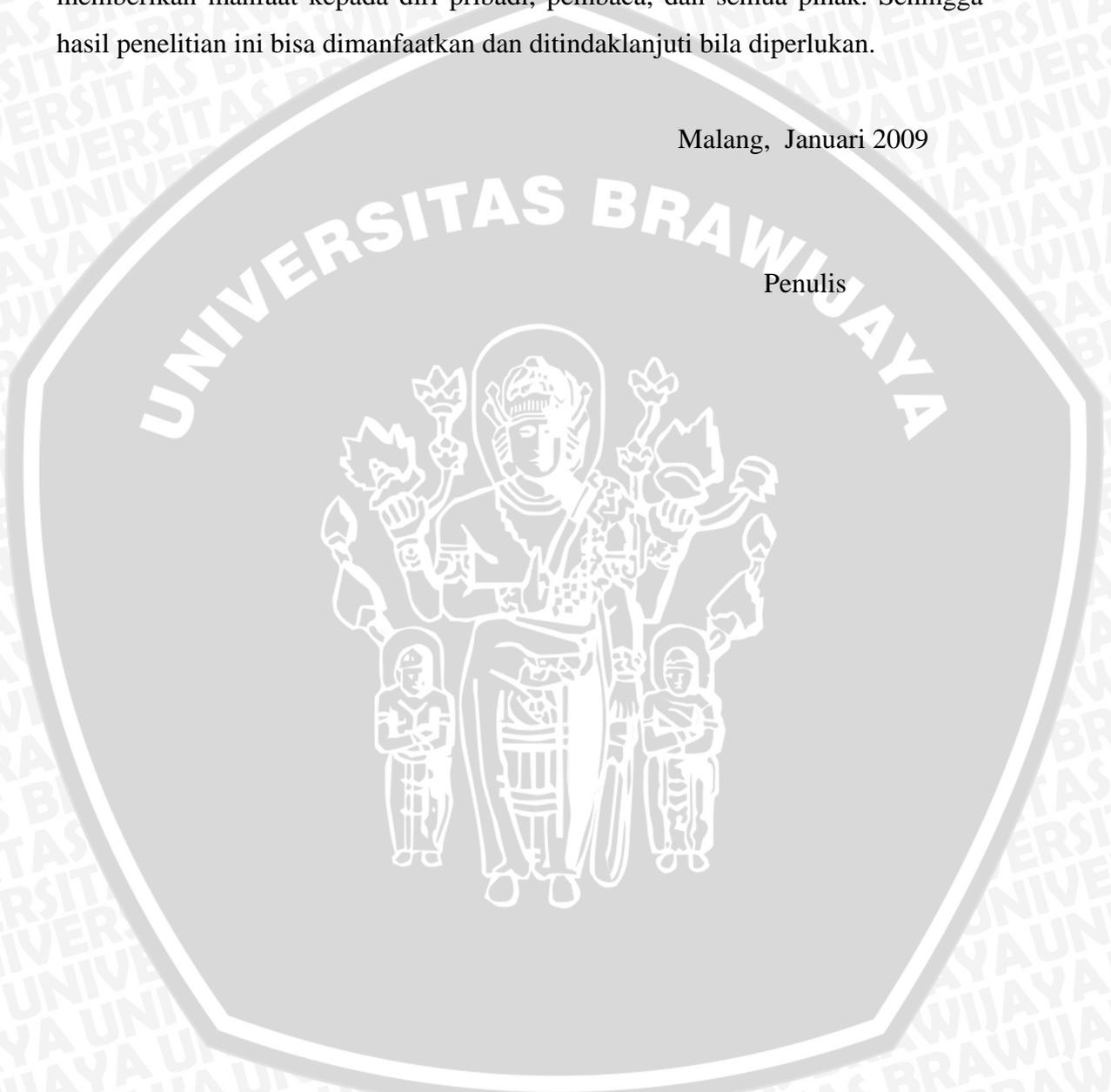
Penulis menyadari sepenuhnya bahwa semua yang tertuang dalam karya ini masih banyak mengandung kekurangan. Terlebih lagi penulis adalah termasuk sebagai peneliti pemula. Oleh karena itu, dengan lapang dada penulis akan

menerima berbagai masukan yang membantu perbaikan dari hasil penelitian ini, dan kami ucapkan terima kasih atas kebaikannya.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini bisa memberikan manfaat kepada diri pribadi, pembaca, dan semua pihak. Sehingga hasil penelitian ini bisa dimanfaatkan dan ditindaklanjuti bila diperlukan.

Malang, Januari 2009

Penulis



Nurul Lathifah. NIM. 0311013024. **Pemanfaatan Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Pada Pembuatan Tepung Terfermentasi (Kajian Konsentrasi Kultur Kering Campuran *L. plantarum*, *L. fermentum* dan *S. cerevisiae* serta Lama Fermentasi)**. Seminar Hasil Penelitian
Dosen Pembimbing: 1. Tri Dewanti., M.Kes
2. Widya Dwi Rukmi Putri., STP.MP

Ringkasan

Pemanfaatan biji sorghum menjadi berbagai produk pangan olahan merupakan salah satu upaya untuk mendukung diversifikasi pangan. Pemanfaatan sorghum dalam bentuk tepung lebih menguntungkan karena praktis serta mudah diolah menjadi berbagai produk makanan. Nilai nutrisi sorghum cukup memadai dengan kandungan protein 8-11%. Masalah dalam pemanfaatan sorghum untuk pangan adalah adanya senyawa tanin (antinutrisi) dalam biji, namun hal ini dapat diatasi dengan menerapkan teknologi yang tepat misalnya perendaman, perkecambahan, pemasakan dan fermentasi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan inokulan (starter kering) dan lama fermentasi yang tepat untuk menghasilkan tepung sorghum terfermentasi dengan nilai cerna yang tinggi. Penelitian ini disusun secara faktorial menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu faktor I adalah tingkat penambahan kultur starter (K) yang terdiri dari 3 level yaitu (2%, 4%, 6% b/b) dan faktor II adalah lama fermentasi (F) yang terdiri dari 3 level yaitu (12 jam, 24 jam, 36jam) dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data yang dihasilkan dianalisa menggunakan ANOVA, Apabila dari hasil uji menunjukkan ada pengaruh maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan BNT 5% kemudian jika ada interaksi antara kedua faktor, maka akan diuji dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan selang kepercayaan 5%.. Sedangkan pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan metode "Multiple Attribute".

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan prosentase kultur kering dan lama fermentasi Dapat meningkatkan daya cerna dari tepung sorghum. Hal ini ditandai dengan menurunnya kadar tanin dan adanya perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diserap oleh tubuh.

Hasil perhitungan analisa pemilihan perlakuan terbaik tepung sorghum terfermentasi menunjukkan bahwa tingkat penambahan kultur kering sebesar 4% dengan lama fermentasi 24 jam merupakan perlakuan terbaik. Hasil perlakuan terbaik tersebut memiliki nilai protein 9,13%, daya cerna protein sebesar 73,89%, N-amino 4,59%, kadar pati 60,44%, total gula 18,45%, kadar tanin 0,25%, kadar serat 2,29%, kadar abu 1,6%, total asam 0,403 %, kadar air 5,39%, daya serap uap air 5,36%, tingkat kecerahan (L*) 48,8.

**Kata kunci : Sorghum, Fermentasi, Kultur Kering, Tepung
Nurul Lathifah. 0311013024. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)
Utilization for Fermented Flour (Study On Mix Dried Culture *L. plantarum*,
L. fermentum and *S. cerevisiae* Addition And Fermentation Duration)
Supervisor : Tri Dewanti., M. Kes**

: Widya Dwi Rukmi Putri., STP. MP.

SUMMARY

Sorghum utilization for various food products is an alternative way to support food diversification program. Sorghum utilization as the flour form is more advantageous due to its practicality and easily to be processed into various processed food product. Nutrition value of sorghum is quite good with protein content 8-11%. One weakness of sorghum as a food source is its tannin content as antinutritional compound. Tannin content can be reduce trough appropriate processing technology.

The aim of this research was to determined the influence of inoculants addition (dried culture) and varying fermentation duration to produce fermented sorghum flour with a high digestibility.

This research was conducted in two factorial randomize block design. The first factors comprised three levels of dried culture addition (K) that were 2%, 4%, and 6% (b/b) and the second factors is comprised three levels of fermentation duration that were 12, 24, 36 hours, for each treatment combination was conducted in triplicate. The data was analyzed by ANOVA, if the result of analysis showing interaction between factors, the analysis continued by Duncan Multiple Range Test (DMRT), but if there is no correction, the analysis continued by LSD test with interval 5% to see the difference of treatment. The best treatment was determined by Multiple Attribute Method.

The result of this research showed that inoculants addition (dried culture) and fermentation duration significantly increase protein digestibility of sorghum fermented flour. It showed with the decrease of tannin content and the breaks down of complex nutrient to simpler so more absorbable.

The best treatment was the addition 4% inoculants (mix dried culture) with 24 hours fermentation. The product had protein content 9,13%, protein digestibility 73,89%, N-Amino content 4,59%, starch content 60,44%, total sugar content 18,45%, tannin content 0,25%, crude fiber content 2,29%, ash content 1,6%, total acid content 0,403 %, water content 5,39%, water reabsorption 5,36%, lightness (L*) 48,8.

Keyword : Sorghum, Fermentation, Dried Culture, Flour

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Manfaat.....	3
1.4 Hipotesa.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sorghum	4
2.2 Makanan Terfermentasi.....	7
2.3 Kultur Starter	10
2.4 Lactobacillus plantarum	16
2.5 Lactobacillus fermentum	17
2.6 Saccharomyces cereviceae	18
2.7 Tanin.....	20
2.8 Serat Pangan	22
2.9 Pengeringan	24
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan waktu	27
3.2 Bahan dan Alat	27
3.2.1 Bahan.....	27
3.2.2 Alat	28
3.3 Metode Penelitian.....	28
3.4 Pelaksanaan Penelitian	29
3.5 Pengamatan dan Analisa	35
3.6 Analisa Data	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Bahan Baku	36
4.2 Karakteristik Tepung Sorghum Terfermentasi.....	37
4.2.1 Daya Cerna Protein	37
4.2.2 Kadar Protein.....	39
4.2.3 Kadar Tanin	41
4.2.4 Kadar Pati	43

4.2.5 Kadar N-Amino	45
4.2.6 Total Asam	48
4.2.7 Kadar Serat	51
4.2.8 Total Gula	53
4.2.9 Kadar Air	55
4.2.10 Kadar Abu	57
4.2.11 Daya Serap Uap Air	59
4.2.12 Kecerahan (L*)	61
4.3 Perlakuan Terbaik	63

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66

DAFTAR PUSTAKA	67
-----------------------------	----

LAMPIRAN	74
-----------------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1	Komposisi Kimia Biji Sorghum.....	5
3	Komposisi Kimia Tepung Sorghum	25
2	Komponen Makronutrien dan Mikronutrien yang Digunakan Mikroba Untuk Metabolisme Sel.....	29
4	Analisa Bahan Baku Sorghum	36
5	Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Daya Cerna Protein Tepung Sorghum Terfermentasi	38
6	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Protein Tepung Sorghum Terfermentasi.....	40
7	Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Sorghum Terfermentasi.....	40
8	Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Tanin Tepung Sorghum Terfermentasi.....	42
9	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Sorghum Instan Terfermentasi.....	44
10	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar N-Amino Tepung Sorghum Terfermentasi.....	46
11	Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar N-Animo Tepung Sorghum Terfermentasi.....	47
12	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Total Asam Tepung Sorghum Terfermentasi.....	49
13	Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total Asam Tepung Sorghum Terfermentasi.....	50
14	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Serat Tepung Sorghum Terfermentasi.....	52
15	Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Serat Tepung Sorghum Terfermentasi.....	53
16	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Dan Lama Fermentasi Terhadap Total Gula Tepung Sorghum Terfermentasi	54
17	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Air Tepung Sorghum Terfermentasi.....	56
18	Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Sorghum Terfermentasi.....	57
19	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Abu Tepung Sorghum Terfermentasi.....	58
20	Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Abu Tepug Sorghum Terfermentasi.....	59
21	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermantasi Terhadap Daya Serap Uap Air Tepung Sorghum Terfermentasi	60
22	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermantasi Terhadap Kecerahan (L*) Tepung Sorghum Terfermentasi.....	62

23	Hasil Perhitungan Analisa Pemilihan Perlakuan Terbaik Tepung Sorghum Terfermentasi.....	64
24	Uji t Perbandingan Perlakuan Terbaik Tepung Sorghum Terfermentasi Dengan Kontrol.....	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1	Morfologi Biji Sorghum	6
2	Jalur Embden-Meyerhof	15
3	<i>Lactobacillus plantarum</i>	17
4	Tannin	20
5	Pengaruh Serat Pangan Pada Usus Besar Manusia.....	25
6	Diagram Alir Pembuatan Mediuon Tepung Jagung Untuk Pertumbuhan Kultur.....	31
7	Diagram Alir Pembuatan Kultur Starter Kering	32
8	Diagram Alir Pembuatan Tepung Sorghum	33
9	Diagram Alir Proses Pembuatan Tepung Sorghum Terfermentasi.....	34
10	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Daya Cerna Protein Tepung Sorghum Terfermentasi.....	37
11	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Sorgum Terfermentasi	39
12	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Tanin Tepung Sorgum Terfermentasi	42
13	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Sorgum Terfermentasi	44
14	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar N-Amino Tepung Sorgum Terfermentasi	46
15	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Total Asam Tepung Sorgum Terfermentasi	59
16	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Serat Tepung Sorgum Terfermentasi	51
17	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Total Gula Tepung Sorgum Terfermentasi	54
18	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Sorgum Terfermentasi	55
19	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Abu Tepung Sorgum Terfermentasi.....	57
20	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Daya serap Uap Air Tepung Sorgum Terfermentasi	60
21	Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kecerahan (L*) Tepung Sorgum Terfermentasi	62

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorghum (*Sorghum bicolor*) merupakan sereal yang sangat potensial untuk dikembangkan terutama di Indonesia. Sorghum dapat tumbuh di tanah yang kering dimana sereal yang lain tidak dapat tumbuh, perawatannya mudah dan memiliki kadar protein yang tinggi yaitu mencapai 12%. Sorghum dapat ditambahkan pada berbagai macam makanan karena hampir tidak berasa, tidak berbau dan secara alami berwarna putih. Sehingga merupakan bahan pangan serba guna dan memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan (Santoso, 2002).

Namun kendala yang dihadapi adalah rendahnya nilai daya cerna konsentrasi karena mengandung senyawa antigizi yaitu tanin yang dapat membentuk kompleks dengan alkaloid, protein dan juga polisakarida, serta resistensi kafirin yaitu protein utama yang ada pada sorghum (Woo, *et al.*, 2004). Salah satu alternatif pemecahan masalahnya adalah dengan melakukan proses fermentasi (Anonymous, 2006). Banyak keuntungan dan manfaat fermentasi pada produk pangan yaitu memproduksi enzim spesifik meningkatkan umur simpan produk pangan karena berfungsi biopreservatif, memperbaiki nutrisi dengan mensintesa beberapa vitamin dan menghilangkan senyawa anti gizi seperti asam fitat dan asam tanat (Chaven dan Khadam, 1998).

Untuk memperoleh produk hasil fermentasi yang baik, maka dalam proses tersebut diperlukan adanya starter yang sesuai. Starter dapat diartikan sebagai mikroba yang digunakan untuk memfermentasi suatu produk pangan. Menurut

Rahman (1989), banyaknya starter yang ditambahkan pada umumnya berkisar antara 3-10% dari volume medium fermentasi dengan jumlah sel khamir sekitar 10^7 - 10^8 sel/ml. Pada penelitian ini menggunakan *L. plantarum*, *L. fermentum* dan *S. cerevisiae*. Mosel *et al.* (1996) menyatakan organisme yang mampu tumbuh baik dengan cara menggunakan nutrisi secara optimal dalam bahan pangan adalah mikroorganisme yang secara alami terdapat dalam bahan pangan tersebut (*indigenus*). Dalam Wood (1998) menyatakan bahwa organisme bakteri asam laktat dan khamir yang digunakan secara alami terdapat dalam bahan pangan dengan kandungan karbohidrat tinggi seperti beras, jagung, sorghum dan singkong.

Pada penelitian yang dilakukan Gitaria dkk (2007), menunjukkan bahwa kultur starter dengan menggunakan metode pertumbuhan secara campuran (*L. plantarum*, *L. fermentum* dan *S. cerevisiae*) dalam media tepung jagung mempunyai viabilitas yang paling baik dan kemampuan bertahan hidup yang lebih baik. Menurut Taylor (2003) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kombinasi proses pemasakan dan fermentasi dapat meningkatkan pencernaan protein secara signifikan pada pembuatan bubur sorghum tradisional Afrika. Namun perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai lama proses fermentasi yang optimal untuk menghasilkan produk yang memiliki daya cerna tinggi dan memiliki sifat-sifat sensoris yang dapat diterima.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini menggunakan kajian lama fermentasi dan konsentrasi kultur kering pada pembuatan tepung sorghum terfermentasi untuk meningkatkan daya cerna sorghum.

1.2 Tujuan Penelitian

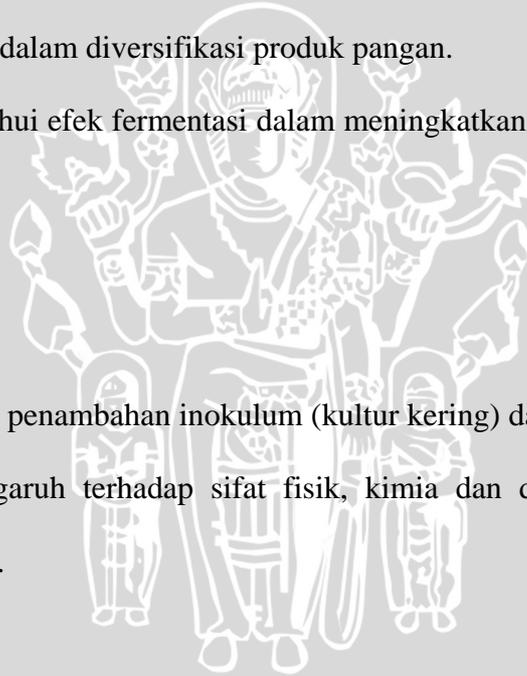
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi yang tepat dari konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap sifat fisik, kimia, dan daya cerna produk tepung sorghum terfermentasi yang berbahan baku sorgum.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Sebagai media dalam diversifikasi produk pangan.
2. Dapat mengetahui efek fermentasi dalam meningkatkan daya cerna tepung sorghum.

1.4 Hipotesa

Diduga dengan penambahan inokulum (kultur kering) dan lama fermentasi yang berbeda berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan daya cerna tepung sorghum terfermentasi.



II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sorgum

Sorghum yang dibudidayakan di Indonesia mempunyai nama ilmiah *Sorghum bicolor* (L) Moench. Nama yang sinonim dengan nama itu adalah *Holchus sorghum* L, *Andropogan sorghum* (L.) Bot, *Sorghum Vulaare* Pers. Selain itu di setiap daerah pengembangannya sorghum dikenal dengan nama Great Millet, Guinea Cora (Afrika Barat), Kafir Corn (Afrika Selatan), Milo Sorgo (Amerika Serikat), Kaoliang (Cina), Durra (Sudan), Mtama (Afrika Barat), Jola (Jawa), Chotam (India) (Cuevas and Rodriquez, *et al.*, 2004).

Tabel 1. Komposisi Kimia Biji Sorghum

Komponen	Biji Utuh	Endosperma	Germ	Dedak
Berat (g)	100	82,3	9,8	7,9
Protein (g)	12,3	12,3	18,9	6,7
Abu (g)	1,67	0,37	10,4	2,0
Lemak (g)	3,6	0,6	28,1	4,9
Pati (g)	73,8	82,5	13,4	34,6
Niacin (mg)	4,5	4,4	8,1	4,4
Riboflavin (mg)	0,13	0,09	0,39	0,4

Sumber : FAO (1991).

Kandungan protein sorghum cukup tinggi (12-13 %) dibandingkan dengan sereal lainya, selain itu, sorghum juga sumber karbohidrat yang dimanfaatkan sebagai pengganti beras dimusim paceklik. Berdasarkan potensinya perlu dikembangkan penggunaan sorghum untuk berbagai jenis makanan, baik bijinya maupun dalam bentuk tepung campuran (Mudjisihono, 1984).

Pati merupakan komponen utama endosperm sorgum. Berdasarkan kandungan amilosanya, sorgum digolongkan menjadi jenis ketan (*waxy sorgum*)

yaitu antara 1-2 % dan jenis beras (*non-waxy sorgum*) yaitu antara 21-28 % (Mudjisihono dan Suprpto, 1987).

Pada umumnya biji sorghum sulit untuk dicerna karena adanya pentosan dan serat kasar yang banyak pada lapisan perikarp dan lembaga. Untuk meningkatkan nilai cernanya, sorghum dapat diolah menjadi tepung setelah bijinya disosoh (Hulse, *et al.*, 1980). Bentuk ini diperoleh dengan cara menggiling beras sorgum sosoh sampai menjadi tepung. Komposisi tepung sorghum dalam 100 gram bahan ditunjukkan pada Tabel 3.

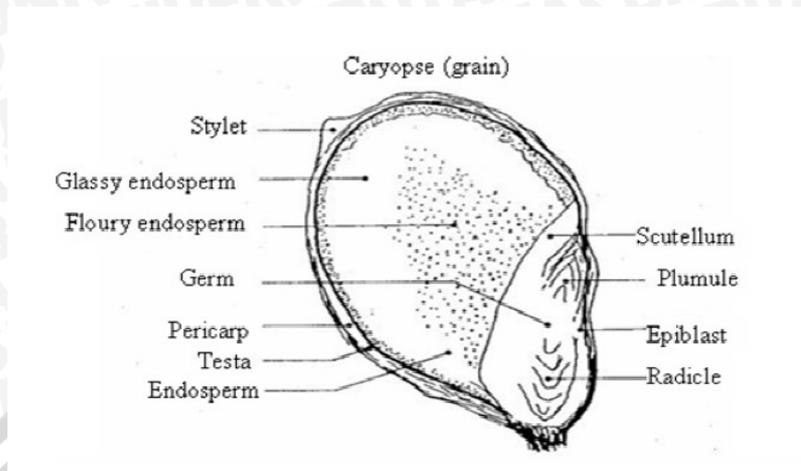
Tabel 2. Komposisi Kimia Tepung Sorghum

Komponen	Jumlah
Abu	0,68
Protein	6,98
Lemak	1,27
Pati	76,81
Serat kasar	1,90

Sumber : Suarni (2004)

Menurut Mudjisihono dan Suprpto (1987) sorghum dalam bentuk tepung mempunyai beberapa keuntungan seperti sebagai pembawa vitamin dan mineral serta dapat dicampur dengan berbagai jenis tepung lainnya untuk memperoleh nilai gizi dan bentuk yang dikehendaki.

Menurut Anonymous (1995) tepung sorghum mengandung tanin tidak lebih dari 0,3 % pada basis kering mengikat besi heme membentuk kompleks besi-tanat yang tidak larut sehingga zat besi tidak dapat diserap dengan baik. Rosales (1999) menambahkan bahwa tanin yang banyak terdapat pada sorghum adalah *condensed tannin* yang disebut procyanidin yang merupakan komponen fenolik utama pada sorghum.



Gambar 1. Morfologi Biji Sorghum (Dicko, *et al.*, 2005)

Protein sorghum dapat diklasifikasikan dalam empat fraksi berdasarkan karakteristik kelarutannya, yaitu: Albumin (larut air), Globulin (larut dalam larutan garam), prolamin (larut alkohol) dan glutelin (larut dalam larutan alkali atau asam). Jika dibandingkan dengan millet, albumin dan globulin sorghum lebih rendah dari millet, akan tetapi memiliki kandungan “cross-linked” prolamin yang lebih tinggi dari millet (FAO, 1991).

Alfa kafirin merupakan protein (*storage*) utama pada sorghum jumlahnya sekitar 60-70% dari total protein sorghum (Aboubacar, *et al.*, 2001). Protein ini terletak dalam endosperm (bagian starchy). *In vitro* digestibiliti protein meningkat, bila bagian pericarp dan lembaga dihilangkan. (Lending, *et al.*, 1988, dalam Duodu, *et al.*, 2003)

Protein sorghum memiliki daya cerna yang lebih rendah dibandingkan dengan sereal lain. Selain karena adanya tanin, protein sorghum juga mengandung kafirin yang bersifat resisten sehingga daya cerna sorghum oleh pepsin sangat rendah. Resistensi kafirin disebabkan karena protein utama sorghum tersebut memiliki banyak ikatan inter dan intra disulfid. Ikatan disulfid ini dapat dipecah

dengan adanya agen pereduksi. Dimana agen pereduksi akan memperkecil pembentukan ikatan disulfid (Woo, *et al.*, 2004).

Menurut Duodu *et al.* (2003) terdapat beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya pencernaan protein sorghum, yang terbagi sebagai faktor luar (exogenous) dan faktor dalam (endogenous). Faktor luar adalah faktor yang berasal dari interaksi antara protein sorghum dengan komponen non protein seperti polifenol, polisakarida non pati, pati, asam fitat dan lemak. Sedangkan yang dimaksud faktor dalam adalah faktor yang diakibatkan oleh perubahan struktur dalam protein sorghum itu sendiri, bukan merupakan interaksi dengan komponen non protein.

2.2 Makanan Terfermentasi (*Fermented Food*)

Selama berabad-abad manusia telah menggunakan proses fermentasi untuk menyiapkan sereal (biji-bijian). Jagung atau tepungnya (*maize*) yang difermentasi yaitu *kenkeys* telah digunakan luas di Ghana, maupun jenis makanan lainnya di seluruh Afrika. Fermentasi pada jenis kacang-kacangan sering digunakan di Indonesia serta negara Asia lainnya. Proses fermentasi juga mencegah beberapa serat dalam makanan serta menaikkan daya absorpsi zat besi (Imansyah, 2007).

Fermentasi muncul sebagai hasil dari metabolisme tipe anaerobik. Untuk mempertahankan hidup semua organisme membutuhkan sumber energi yang diperoleh dari metabolisme material makanan. Substrat energi yang paling umum digunakan oleh mikroorganisme adalah glukosa. Pada keadaan kekurangan atau tanpa oksigen, hasil dari metabolisme adalah sedikit energi, karbondioksida dan

produk akhir metabolit seperti asam laktat, asam asetat, etanol, sebagaimana sejumlah kecil asam organik volatil, alkohol dan ester (Buckle, *et al.*, 1979).

Makanan terfermentasi adalah hasil dari aktivitas beberapa spesies mikroorganisme yang memfermentasi makanan atau substrat untuk menghasilkan perubahan yang dikehendaki (Buckle, *et al.*, 1979). Berdasarkan Steinkraus (1995), fermentasi makanan secara tradisional memiliki beberapa fungsi :

1. Memperkaya diet melalui pengembangan dari perbedaan atau aneka ragam flavor, aroma dan tekstur dari substrat makanan.
2. Preservasi dari sejumlah substansi makanan melalui asam laktat, alkohol, asam asetat dan fermentasi alkalin.
3. Memperkaya substrat makanan secara biologi dengan protein, asam amino esensial, asam lemak esensial dan vitamin.
4. Detoksifikasi selama proses fermentasi makanan.
5. Pengurangan waktu pemasakan dan kebutuhan bahan bakar.

Sebagian besar fermentasi bakterial menghasilkan asam laktat sedangkan fermentasi yeast menghasilkan alkohol (Chaven and Khadam, 1989). Fermentasi pada makanan menyebabkan perubahan pada indeks kualitas makanan termasuk tekstur, flavor, kenampakan, nutrisi dan keamanan (Champbel-platt, 1994).

Salah satu kunci keberhasilan fermentasi pangan adalah pengaturan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba, antara lain suhu, kelembapan, Aw, pH, jenis dan komposisi bahan baku yang sesuai untuk pertumbuhan mikroba yang diinginkan. Setiap mikroba memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga untuk menghasilkan produk yang diinginkan,

pengetahuan terhadap karakteristik mikroba serta faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhannya sangat diperlukan untuk menghasilkan produk fermentasi yang diinginkan dan aman untuk dikonsumsi (Zubaidah, 1998). Efek pengawetan dari fermentasi antara lain menurunnya pH, biasanya dengan pembentukan asam laktat atau asetat serta membentuk zat antimikroba (Singleton, 1988 dan Anafia, 1997).

Banyak keuntungan dan manfaat fermentasi pada produk pangan yaitu memproduksi enzim spesifik (Campbell-platt, 1994), meningkatkan umur simpan produk pangan karena berfungsi biopreservatif (Ray, 1992), memperbaiki nutrisi dengan mensintesa beberapa vitamin dan menghilangkan senyawa anti gizi seperti asam fitat dan asam tanat (Chaven dan Khadam, 1998).

Pada produk-produk berbasis sereal, kacang-kacangan dan umbi-umbian telah banyak dibuktikan bahwa fermentasi merupakan salah satu cara pengolahan yang dapat meningkatkan nilai cerna pati dan protein sehingga produk-produk tersebut dapat dikonsumsi oleh orang-orang yang rentan organ pencernaannya seperti bayi, orang sakit, dan anak-anak. Produk metabolit hasil fermentasi berupa asam laktat yang terbentuk serta bakteriosin yang dapat membantu mencegah penyakit diare yang disebabkan bakteri pathogen (Akimrele, *et al.*, 1970).

Energi produk fermentasi sereal dapat mencapai 1,2 kkal/g dibandingkan sereal yang tidak difermentasi yang hanya sebesar 0,4 kkal/g. Hal tersebut membuktikan bahwa dengan proses fermentasi energi meningkat hingga tiga kali lipat. Selain itu juga meningkatkan daya cerna protein, mampu meningkatkan daya cerna produk yang tinggi tanin dimana pencernaan awal sebesar 32 - 40 % menjadi

41-60% setelah fermentasi. Fermentasi asam laktat pada sereal yang tidak mengandung tanin, ketika ditambahkan sorgum akan meningkat kelarutan unsur besi dari 4 % menjadi 9 % dan 50 % secara beruntun (Akimrele, et al., 1970).

2.3 Kultur Starter

Kultur starter dapat diartikan sebagai mikroba yang digunakan untuk memfermentasi suatu produk pangan. Jenis mikroba yang digunakan sebagai kultur starter harus memiliki kemampuan untuk menghasilkan perubahan yang diinginkan pada produk yang difermentasi (UK Centre, 2002). Faktor penting yang diperhatikan dalam pemilihan kultur starter yang baik adalah pengaruh kultur starter tersebut terhadap karakter produk akhir dan penggunaannya bersifat ekonomis (Danlac Institute, 2002).

Wibowo (1990) menyatakan bahwa pada tahap pembiakan kultur yang diutamakan bukanlah pembentukan produknya, akan tetapi diinginkan jumlah sel yang tinggi dan aktivitas dalam kemampuannya membentuk produk yang diinginkan. Oleh sebab itu pemilihan medium pertumbuhan mikroba yang merupakan faktor penting yang harus diperhatikan, medium kultur harus mengandung semua elemen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba, dalam proporsi yang serupa dengan yang ada pada sel mikroba. Umumnya yang disebut makronutrien adalah yang dibutuhkan dalam jumlah besar seperti C, H, O, N. Mesonutrien dibutuhkan dalam jumlah sedikit seperti Mg, P, S, dan mikronutrien dibutuhkan dalam jumlah yang sangat sedikit seperti Fe, Cu, Zn, dan Mo (Hidayat dkk., 2006).

Tabel 3. Tabel Komponen Makronutrien dan Mikronutrien yang Digunakan Mikroba Untuk Metabolisme Sel

Makronutrien (M) / Mikronutrien (m)	Bentuk Kimia dalam Medium	Fungsi
Karbon (M)	Organik -kultur murni: glukosa, asetat, piruvat, malat; kultur campuran: yeast extract, beef extract Anorganik -CO ₂ , HCO ₃ ⁻	Digunakan dalam pembentukan materi sel
Nitrogen (M)	Organik- asam amino, basa nitrogen Anorganik-NH ₄ Cl, (NH ₄) ₂ SO ₄ , KNO ₃ , N ₂	Konstituen utama protein dan asam nukleat
Fosfor (M)	KH ₂ PO ₄ , Na ₂ HPO ₄	a. Digunakan dalam asam nukleat dan fosfolipid b. Dibutuhkan untuk pertumbuhan
Sulfur (M)	Na ₂ SO ₄ , H ₂ S	a. Memenuhi fungsi struktural dalam asam amino sistein dan metionin b. Dibutuhkan karena terkandung dalam beberapa vitamin (thiamin, biotin dan asam lipoid)
Besi (M)	FeCl ₃ , Fe(NH ₄)(SO ₄)	Berperan dalam proses respirasi
Potassium (M)	KCl ₂ , K ₂ HPO ₄	Berperan dalam sintesis protein
Magnesium (M)	MgCl ₂ , MgSO ₄	a. Stabilisator ribosom, membran sel dan asam nukleat b. Dibutuhkan dalam transfer fosfat c. Dibutuhkan untuk pertumbuhan
Kobalt (m)	CoCl ₂	Untuk pembentukan vitamin B12
Seng (m)	ZnCl ₂	Memenuhi fungsi struktural dalam anhidrase karbon, dehidrogenase alkohol, polimerase RNA dan DNA
Molibdenum (m)	Na ₂ MoO ₄	Berperan dalam reduksi nitrat
Perunggu (m)	CuCl ₂	Berperan dalam proses respirasi
Mangan (m)	MnSO ₄	a. Detoksifikasi racun oksigen b. Berperan dalam proses fotosintesis

Sumber : Brock *et al.*, (1994)

Gilliland (1985) menyatakan bahwa kultur yang digunakan dalam proses fermentasi harus mempunyai sifat-sifat :

1. Tidak mengandung kontaminan.
2. Jumlah mikroba seragam dan proporsional jika berbentuk kultur campuran.
3. Aktif menghasilkan produk yang diharapkan.

Wibowo (1990), menambahkan bahwa kultur yang digunakan dalam keadaan aktif sehingga fase lag dalam proses fermentasi seminimal mungkin dan kemampuan menghasilkan produknya tetap stabil.

Metode pengeringan yang dapat diterapkan adalah pengeringan vakum, pengeringan semprot dan pengeringan beku (Tamime and Robinson, 1985).

Menurut Gilliland (1985), tahapan untuk produksi kultur kering adalah :

- a. Menginokulasi kultur pada medium yang sesuai.
- b. Inkubasi sampai kultur tersebut mencapai tahap pertumbuhan yang optimum.
- c. Menambahkan bahan pengikat yang sesuai pada kultur tersebut.
- d. Pengeringan atau pembekuan.
- e. Penyimpanan.

Mikroba pada umumnya terdapat dalam bentuk kultur campuran (Siringan, 2002). Kultur campuran tersebut bisa terdiri dari satu atau lebih kultur yang berbeda. Shuler dan Kargi (1992) menyatakan bahwa kultur campuran dengan jumlah yang proporsional sangat penting untuk menghasilkan beberapa produk fermentasi komersial. Dalam kultur campuran dapat terjadi interaksi baik positif maupun negatif yaitu kompetisi, netralisme, mutualisme, komensalisme dan parasitisme.

Penyediaan kultur starter dalam keadaan kering akan memudahkan cara penanganan dan distribusi kultur tersebut (Nuraida dkk, 1993). Kondisi proses pengeringan sangat menentukan kualitas kultur starter yang dihasilkan dan cenderung dapat menyebabkan beberapa perubahan karakteristik mikroba. Oleh sebab itu sebelum pengeringan sebaiknya ditambahkan bahan penyalut (mikroenkapsulat) yang mampu melindungi dan mempertahankan viabilitas mikroba (Wood, 1998).

Mikroba yang digunakan dalam pembuatan kultur starter adalah mikroba yang dapat menghasilkan asam laktat. Menurut Tamine and Robinson (1989), asam laktat dapat diproduksi baik oleh hewan, tanaman maupun mikroba. Jenis mikroba yang mampu menghasilkan asam laktat adalah bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat memperoleh energi melalui fermentasi karbohidrat dan laktosa yang akan memproduksi asam laktat dan komponen flavor atau aroma yang spesifik.

Richard (1990), menambahkan pada proses produksi khamir dari sereal, bahan baku yang digunakan umumnya diinokulasi dengan *Lactobacillus sp.* dan diinkubasi selama beberapa saat pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ untuk menghasilkan asam laktat, dimana khamir dapat tumbuh baik pada media yang mengandung asam laktat.

Kultur yang ditumbuhkan secara campuran memiliki viabilitas yang lebih tinggi daripada kultur tunggal. Fenomena tersebut diduga disebabkan adanya hubungan sinergis antara kultur BAL dengan khamir. Hal ini berkaitan dengan metabolit yang dihasilkan oleh *S. cerevisiae* yakni senyawa organik dan CO_2 .

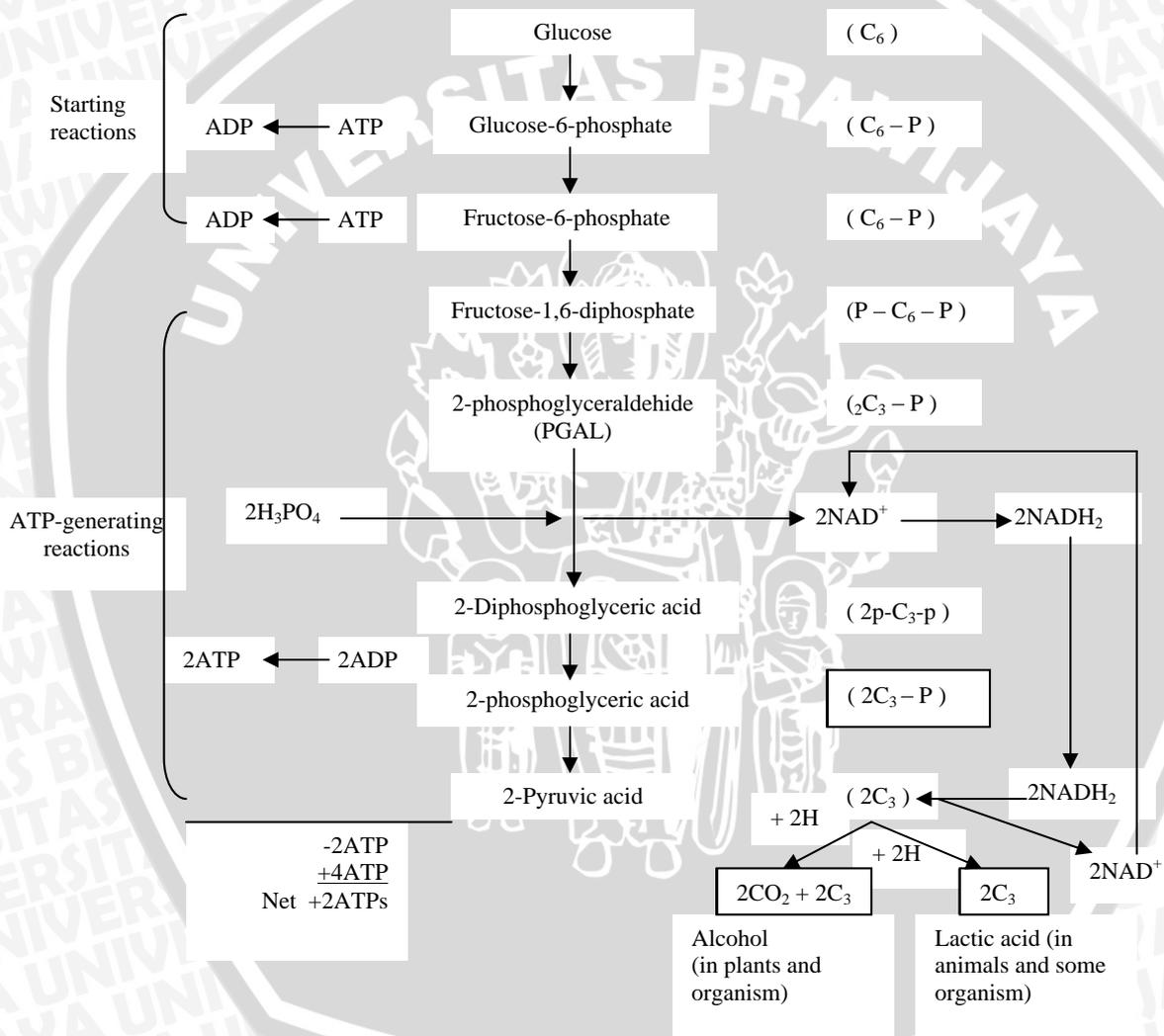
Pertumbuhan kultur pada medium dilakukan dalam kondisi aerob meskipun bakteri asam laktat yang digunakan merupakan jenis bakteri yang bersifat fakultatif anaerob. Tetapi jika kadar oksigen medium berlebih maka akan membentuk hidrogen peroksida (H_2O_2) yang menimbulkan efek toksik bagi sel. Kultur *L. plantarum* dan *L. fermentum* bersifat katalase negatif, namun memiliki enzim peroksidase. Oleh karena itu diduga dengan adanya khamir yang menghasilkan senyawa organik dan CO_2 dapat meminimalisir terbentuknya H_2O_2 . Dimana CO_2 akan menyeimbangkan kadar oksigen dalam medium, dan adanya senyawa organik (etanol) yang terbentuk mampu memecah H_2O_2 yang bersifat racun bagi senyawa yang tidak beracun dengan bantuan peroksidase Gitaria (2007).

Semua bakteri asam laktat mempunyai kemampuan untuk memfermentasi berbagai gula dan menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir dari proses metabolisme. Bakteri asam laktat yang memfermentasi karbohidrat melalui jalan homolaktan akan menghasilkan hanya asam laktat sebagai produk akhir. Sedangkan bakteri asam laktat yang memfermentasi gula melalui jalan heterolaktan menghasilkan asam laktat, etanol dan karbondioksida sebagai produk akhir (Dugas, 2002).

Bakteri homofermentatif maupun heterofermentatif dalam prosesnya berjalan melalui jalur Embden Meyerhoff Parnas (EMP). Pada homofermentatif, molekul glukosa 6C dihosporilisasi dan diisomerisasi sebelum dipecah oleh enzim aldolase menjadi gliseraldehid 3 fosfat. Hasil ini kemudian diubah menjadi piruvat sedangkan ATP diproduksi oleh tingkat substrat fosforilasi pada 2 sisi

untuk memberikan 2 molekul ATP untuk setiap molekul glukosa yang terfermentasi, dan untuk meningkatkan penggunaan NAD^+ pada oksidasi gliseraldehid 3 fosfat piruvat direduksi menjadi asam laktat menggunakan NADH (Adam and Moss, 2000).

Berikut ini adalah jalur glikolisis yang menghasilkan asam laktat:



Gambar 2. Jalur Embden-Meyerhof (Cappuccino and Sherman, 1983)

2. 4 *Lactobacillus plantarum*

Klasifikasi *Lactobacillus plantarum* menurut Dwijoseputro (1990) adalah sebagai berikut:

Divisi	: <i>Protophyta</i>
Klass	: <i>Scizomycetes</i>
Ordo	: <i>Eubacteriales</i>
Famili	: <i>Lactobacilliaceae</i>
Genus	: <i>Lactobacillus</i>
Spesies	: <i>Lactobacillus plantarum</i>

Golongan bakteri ini tumbuh pada pH 4 - 4,5 dan pada suhu 20-50 °C.

Sneath *et al.* (1986) menambahkan bahwa untuk pertumbuhannya, *Lactobacillus plantarum* memerlukan kalsium pantotenat, niasin, tiamin, piridoksal dan piridoksamin, asam folat serat vitamin B12.

Lactobacillus plantarum mempunyai peroksidase dan bersifat katalase negatif, peroksidase dapat mengkatalisis oksidasi senyawa-senyawa organik (alkohol, aldehid) atau NADH₂ dengan H₂O₂. Mekanismenya sebagai berikut : (Kuswanto, 1998)



Lactobacillus plantarum memiliki sel non motil, gram positif, sel batangnya pendek, dan membutuhkan substrat karbohidrat kompleks sebagai sumber energi. Asam laktat yang diproduksi efektif menghambat pertumbuhan bakteri lain yang merusak bahan pangan (Olasupo, *et al.*, 1995).



Gambar 3. *Lactobacillus plantarum*

Selain itu, bakteri ini mampu mensintesa vitamin yang dibutuhkan untuk pertumbuhan. Nabais and Malcata (1995) menyatakan bahwa *Lactobacillus plantarum* memiliki lebar 0,9-1,2 μm dan panjangnya 3-8 μm . umumnya terdapat dalam bentuk berpasang-pasangan atau dalam bentuk rantai pendek yang saling terpisah satu sama lain. *Lactobacillus plantarum* dapat diisolasi dari produk-produk yang berbahan baku susu, lingkungan, makanan ternak, produk saluran fermentasi, mulut, saluran pencernaan, serta kotoran manusia.

Akimrele (1970) telah melakukan studi secara mikrobiologi dan nutrisi pada jagung terfermentasi (ogi) dan menyatakan bahwa *Lactobacillus plantarum* ditemukan secara alami pada produk pangan tersebut. Odunfa, et al (1994) meneliti kemungkinan perbaikan dari nilai lisin yang rendah dalam ogi. *Lactobacillus plantarum* mampu memproduksi lisin dan meningkatkannya hingga 12 kali sedangkan yeast hanya mampu meningkatkan 3 - 4 kali.

2.5 *Lactobacillus fermentum*

Klasifikasi *Lactobacillus fermentum* menurut Dwijoseputro (1990) adalah sebagai berikut :

Sacharomyces cerevisiae berbentuk oval, ada yang hidup secara koloni dan ada pula yang soliter, berwarna ungu kebiruan. Tampak ada dua yang saling berdekatan dimana yang berukuran kecil disebut sel anakan dan sel yang berukuran lebih besar disebut sel induk (Suriawiria, 1996).

Sacharomyces cerevisiae tumbuh paling baik pada kondisi dengan persediaan air cukup dimana batas aktivitas air terendah untuk pertumbuhannya berkisar antara 0,88-0,94. Kisaran suhu pertumbuhannya 25°C - 30°C dengan suhu pertumbuhan maksimum 35-47°C. *Sacharomyces cerevisiae* lebih menyukai tumbuh pada kondisi asam, yaitu pada pH 4-4,5 dan tidak dapat tumbuh dengan baik pada medium alkali kecuali jika telah beradaptasi. *Sacharomyces cerevisiae* tumbuh baik pada kondisi aerobik, tetapi juga dapat tumbuh secara anaerobik meskipun lambat. *Sacharomyces cerevisiae* juga dapat melakukan respirasi yang mengoksidasi gula menjadi karbondioksida dan air (Fardiaz, 1992).

Menurut Zubaedah (1998) *Sacharomyces cerevisiae* mampu memfermentasi sukrosa, glukosa, fruktosa, galaktosa, maltosa, maltotriosa dan xilosa. Askusnya adalah 1-4, berperan dalam menghasilkan alkohol dan CO₂. Merupakan top yeast yang digunakan dalam industri fermentasi. Dalam proses fermentasi khamir, *Sacharomyces cerevisiae* dideteksi dapat menghasilkan enzim heksokinase, L-laktase dehidrogenase, glukosa 6 fosfat dehidrogenase dan alkohol dehidrogenase. *Sacharomyces cerevisiae* bersifat fermentatif kuat, tumbuh secara bergerombol serta mampu memproduksi alkohol dan CO₂.

Komposisi dinding sel *Sacharomyces cerevisiae* terdiri dari kitin, selulosa, dan hemiselulosa yang tahan terhadap penisilin, tetrasiklin, dan kloram

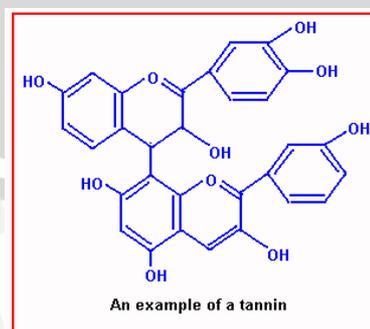
fenolik dan memiliki membran yang kuat sehingga mampu melindungi sel selama pembuatan kultur dari proses pengeringan (Pelezar, *et al.*, 1986).

2.7 Tanin

Tanin merupakan komponen atau senyawa polifenol dengan BM 500-3000 dan mempunyai kemampuan untuk mengendapkan protein, gelatin dan alkaloid (Hui, 1992). Sedangkan karakteristik tanin menurut Anonymous (2001), antara lain :

- Komponen oligomerik dengan struktur multipel yang memiliki gugus fenolik bebas
- Berat molekul berkisar antara 500 sampai >20.000
- Larut dalam air kecuali beberapa tannin yang memiliki BM tinggi
- Mampu mengikat protein dan membentuk kompleks tannin-protein baik yang larut ataupun tak larut dalam air

Menurut Hui (1992), molekul tanin merupakan melekul yang kompleks. Pada dasarnya ada 2 tipe tanin, yaitu proanthocynidin sebagai tanin terkondensasi dan asam hexahydroxydiphenic sebagai tanin terhidrolisa (Anonymous, 2001).



Gambar 4. Struktur Tannin

Senyawa tanin pada biji sorghum seperti dituliskan Beta *et al.* (2000) dibedakan menjadi asam fenolat, flavonoid dan condensed tanin.. Awika *et al.* (2003) menyebutkan condensed tanin yang biasa disebut procianidin merupakan komponen fenolik utama pada sorghum. Komponen tersebut terkonsentrasi pada testa dan pericarp sorghum. Keberadaan tanin ini kebanyakan tidak diinginkan, karena merupakan antigizi yang mampu mengikat makromolekul pangan dan kemudian menurunkan kecernaannya.

Tanin dikenal sebagai agen pengikat protein secara tidak spesifik, yang memiliki kemampuan untuk mengikat, mengkoagulasi, dan mengendapkan protein (Buttler, *et al.*, 1984 dalam Elkin, *et al.*, 1996). Pengaruh merugikan bila hewan ternak mengkonsumsi sorghum high-tannin adalah penurunan kecepatan tumbuh, rendahnya efisiensi penggunaan pakan, peningkatan pertumbuhan abnormal dan rendahnya produksi telur pada unggas (Elkin, *et al.*, 1996).

Tanin mengalami penurunan secara signifikan selama proses fermentasi oleh khamir dan bakteri asam asetat (Arthey and Ashurst, 2001). Roussos *et al.* (1997) juga menambahkan bahwa *Sacharomyces cerevisiae* memiliki kemampuan untuk memecah atau mendegradasi tanin selama proses fermentasi dan mengakibatkan penurunan kadar tanin. Fermentasi menyebabkan penurunan kadar tanin pada fermentasi biji coklat akibat adanya enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang terdapat secara alami pada tanaman coklat (Hompries, 1944).

Menurut Winarno dan Aman (1994), terjadinya penurunan kandungan tanin disebabkan adanya tanin yang terdegradasi sehingga tanin kehilangan

kemampuan untuk mengikat protein. Kehilangan kemampuan ini juga disebabkan terjadinya polimerisasi yang mengakibatkan kurang reaktifnya tanin maupun terjadinya peristiwa oksidasi tanin yang menghasilkan senyawa berwarna coklat. Winarno (1997) juga menyatakan bahwa senyawa tanin menyebabkan terjadinya proses pencoklatan karena merupakan salah satu senyawa fenol yang berperan dalam peristiwa oksidasi fenol dan menghasilkan senyawa melanin yang berwarna coklat.

2.8 Serat Pangan

Serat pangan adalah karbohidrat kompleks yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan yang ditemukan pada tanaman. Serat pangan bukanlah unsur atau makanan tunggal. Serat makanan tidak mengandung kalori dan dikenal sebagai makanan tinggi serat, rendah lemak seperti buah-buahan dan sayuran. Serat pangan dibagi menjadi dua kategori berdasarkan karakter fisiknya dan efek dalam tubuh yaitu larut air dan tidak larut air (Anonymous, 2002). Canoe (2001) menambahkan bahwa serat larut banyak terdapat dalam makanan seperti buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan sedikit pada sereal. Serat larut berupa gum dan pektin. Sedangkan serat tak larut dapat berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang banyak terdapat pada sereal dan sedikit pada buah-buahan dan sayuran.

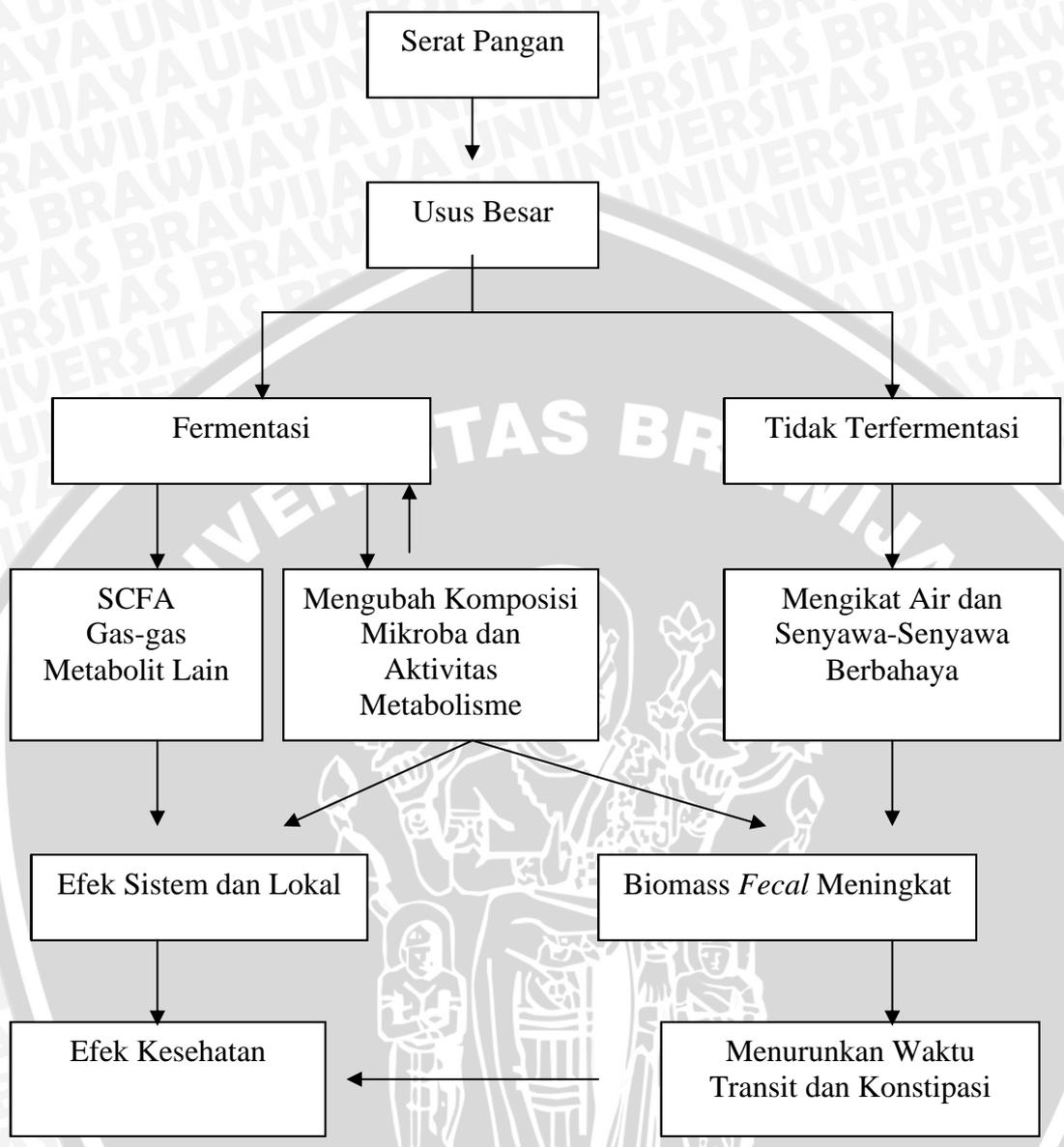
Serat makanan mencakup tiga fraksi utama, yaitu:

1. Polisakarida struktur, berkaitan dengan dinding sel tumbuhan termasuk selulosa, hemiselulosa, dan pektin.

2. Non-polisakarida struktur, terutama lignin.
3. Polisakarida non-struktur termasuk gum dan musilago (Canoe, 2001).

Walaupun merupakan bahan makanan yang tidak dapat dicerna, namun serat makanan mempunyai peranan yang sangat penting bagi pencernaan makanan dan gizi. Oleh Marsono diuraikan tentang fisik dan kimiawi serat makanan yaitu menaikkan digesta, memiliki kapasitas pengikatan air (*Water Holding capacity*) yang tinggi, terfermentasi di dalam usus besar menghasilkan asam lemak rantai pendek, bersifat penukar ion, serta mempunyai kemampuan absorpsi molekul organik (Susanto, 1991).

Asam lemak rantai pendek (C2 - C6) dihasilkan dalam usus besar melalui fermentasi serat pangan (Clausen *et al.*, 1991). Produk akhir dari fermentasi dalam usus besar adalah asam lemak rantai pendek (SCFA) dan beberapa gas (CO₂, CH₄, dan H₂). Terbentuknya asam lemak rantai pendek menyebabkan turunnya pH dalam pencernaan yang dapat memudahkan penyerapan (absorpsi) mineral seperti kalsium, magnesium, dan *zinc* serta dapat menurunkan resiko terkena kanker usus besar (Brandt, 2001). Sifat fisik-kimia serat pangan mempengaruhi karakteristik fermentasinya. Serat pangan larut seperti pektin dan gum, umumnya difermentasi secara cepat dalam kolon (usus besar), sedangkan serat pangan yang tidak larut seperti selulosa biasanya lebih tahan terhadap fermentasi (Henningson *et al.*, 2002).



Gambar 5. Pengaruh Serat Pangan dalam Usus Besar Manusia (Karppinen, 2003)

2.9 Pengeringan

Pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa panas. Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan

sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat mengakibatkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama (Naynie, 2007).

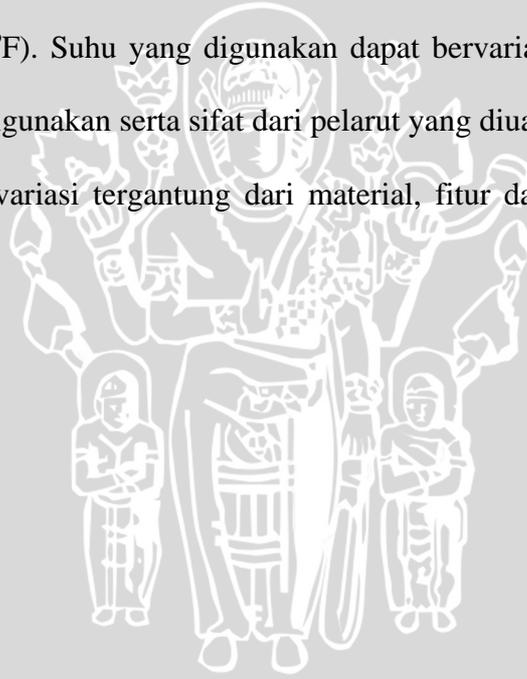
Keuntungan utama dari pengeringan dibanding dengan metode pengawetan lainnya adalah (Buckle, et al., 1985) :

- a. Bobot yang ringan. Kadar air makanan pada umumnya sekitar 60 % atau lebih dari 90%, kecuali biji-bijian dan hampir semua bagian air dikeluarkan dengan dehidrasi.
- b. Produk yang dikeringkan tampak lebih sedikit daripada aslinya.
- c. Kestabilan dalam suhu penyimpanan pada suhu kamar, tidak diperlukan alat pendingin tapi ada batasan pada penyimpanan maksimal untuk masa simpan yang cukup baik.

Menurut FMB (2000), pengeringan vakum adalah suatu proses dengan sistem *batch* yang baik. Pengeringan vakum dapat digunakan untuk mengeringkan bahan kimia yang sensitif ataupun bahan yang mudah rusak pada suhu tinggi. Pengeringan dengan pengering vakum berlangsung cepat, pemanasan terjadi dengan jalan memasukkan udara panas ke dalam ruang pengering melalui lubang-lubang yang terdapat pada setiap rak dan ada juga pengering hampa udara yang dikombinasikan dengan sabuk yang terbuat dari logam tahan karat. Sabuk yang bergerak di atas silinder pengering secara kontinyu untuk mengeringkan bahan. Panas diperoleh dari sabuk yang dipanasi (Taib, 1998). Pintu pengering harus

tertutup rapat untuk mengurangi hilangnya panas uap yang keluar dari bahan (Tamine and Robinson, 1989).

Menurut Malik (1990), pengeringan menggunakan pengering vakum adalah satu metode yang dapat diterapkan untuk pengawetan mikroba. Metode pengeringan dengan vakum dapat mempertahankan viabilitas mikroba apabila menggunakan medium pemanasan yang sesuai serta dilakukan pada kondisi yang sesuai pula dengan mikroba yang dikeringkan. Pada kisaran tekanan antara 28-29 inci Hg, titik didih pelarut harus berada diatas suhu dari air pendingin (lebih baik tidak kurang dari 25 °F). Suhu yang digunakan dapat bervariasi tergantung dari tekanan sistem yang digunakan serta sifat dari pelarut yang diuapkan. Biaya (*cost*) dari vakum dryer bervariasi tergantung dari material, fitur dan beberapa faktor lainnya.



III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan analisis dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi serta Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Pada bulan September 2007 – Oktober 2008.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan tepung sorghum terfermentasi adalah kultur kering campuran hasil penelitian perlakuan terbaik (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum* dan *Sacharomyces cerevisiae*), sorghum yang diperoleh di Pasuruan, sedangkan aquades dengan kemurnian teknis diperoleh dari Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya dan toko bahan kimia Panadia Malang.

Bahan yang digunakan untuk analisa adalah, Alkohol, HCl pekat, H₂SO₄ pekat, reagen nelson, reagen arsenomolibdat, indikator pp, asam oksalat, tablet kjeldahl, asam borat, indikator shertoshiro, petroleum eter, NaOH dan Aquades dengan kemurnian teknis, kertas saring, plastik, semua bahan-bahan kimia yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian dan dari toko bahan kimia Panadia Malang.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan tepung sorgum terfermentasi adalah timbangan digital (Metler AE 160), panci aluminium, baskom plastik berdiameter 30 cm, kompor listrik, pengering lampu, mesin penggiling, ayakan 80 mesh, *vacuum dryer*, blender.

Alat yang digunakan untuk analisa adalah perlengkapan Glassware, timbangan digital (*Metler AE 160*), *color reader* (Minolta CR-10), *Spektrofotometer* (UV-2100), oven "Memmert" (tipe 854 Schwabach W, Jerman), *destilator "Buchi"* (tipe K- 134), kompor listrik, pendingin balik, desikator, labu kjeldahl, pipet tetes, bola hisap, spatula kaca, corong kaca, buret, statif, tabung reaksi, cawan petri, kuvet dan tissue.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun secara faktorial menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu faktor I adalah tingkat penambahan kultur starter (K) yang terdiri dari 3 level dan faktor II adalah lama fermentasi (F) yang terdiri dari 3 level. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Faktor I : Tingkat Penambahan Kultur Kering (K)

K1 : Penambahan Kultur Kering 2%

K2 : Penambahan Kultur Kering 4%

K3 : Penambahan Kultur Kering 6%

Faktor II : Lama Fermentasi (F)

F1 : Fermentasi Selama 12 jam

F2 : Fermentasi Selama 24 jam

F3 : Fermentasi Selama 36 jam

Dari kedua faktor tersebut diperoleh 9 kombinasi perlakuan sebagai berikut :

K_1F_1 = Penambahan kultur 2%, lama fermentasi 12 jam

K_1F_2 = Penambahan kultur 2%, lama fermentasi 24 jam

K_1F_3 = Penambahan kultur 2%, lama fermentasi 36 jam

K_2F_1 = Penambahan kultur 4%, lama fermentasi 12 jam

K_2F_2 = Penambahan kultur 4%, lama fermentasi 24 jam

K_2F_3 = Penambahan kultur 4%, lama fermentasi 36 jam

K_3F_1 = Penambahan kultur 6%, lama fermentasi 12 jam

K_3F_2 = Penambahan kultur 6%, lama fermentasi 24 jam

K_3F_3 = Penambahan kultur 6%, lama fermentasi 36 jam

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Kultur Starter Dengan Menumbuhkan Kultur Secara

Campuran

- Pembuatan medium tepung untuk pertumbuhan kultur

Ditimbang tepung jagung sebanyak 3 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml dan dilarutkan dengan aquades sampai tanda batas, kemudian disterilisasi 121°C selama 15 menit.

- Penyediaan starter awal

Menumbuhkan satu ose *L. plantarum*, *L. fermentum* pada 10 ml MRS Broth dan *S. cerevisiae* pada 10 ml YPD Broth, kemudian diinkubasi pada suhu 27°C selama 24 jam.

- Kultur starter yang telah ditumbuhkan pada media MRSB untuk Lactobacillus dan YPDB untuk khamir, masing-masing secara terpisah dimasukkan dalam medium larutan tepung jagung kemudian diinkubasi selama 24 jam pada 27°C.

- Setelah inkubasi dimasukkan bahan penyalut, kemudian dimasukkan dalam pengering vakum dan dikeringkan pada 40°C selama 6 jam.

3.4.2 Pembuatan Tepung Sorghum

- Pembersihan. Biji yang telah dirontokkan dari malainya dibersihkan dengan tujuan menghilangkan logam, kerikil, dan kotoran lainnya.

Kadang-kadang dilakukan sortasi sekaligus dengan demikian didapatkan biji yang bersih dan seragam.

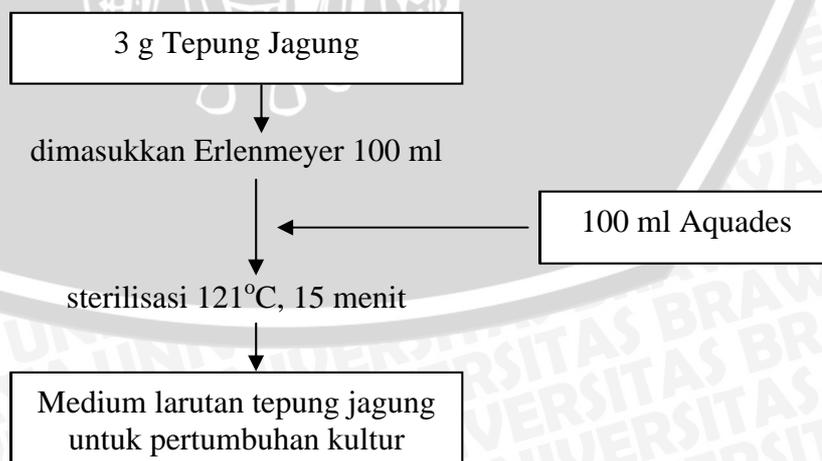
- Penyosohan. Biji yang telah bersih dimasukkan alat penyosoh untuk menghilangkan kulit ari yang masih melekat.

- Pencucian. Biji yang telah disosoh dibersihkan dan dicuci untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang masih tertinggal.

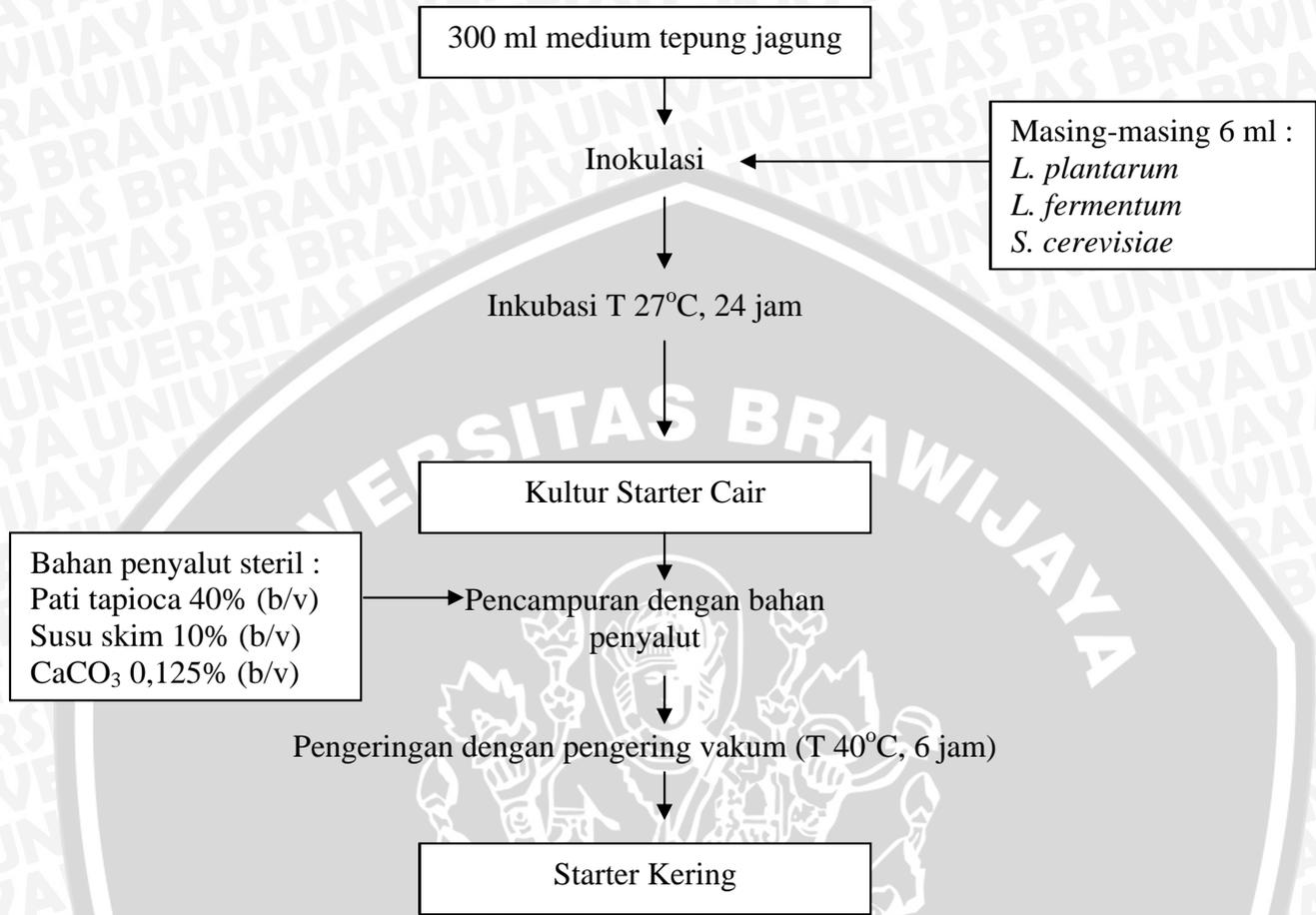
- Penirisan dan pengangin-anginan. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan air pada biji yang telah dicuci tadi.

3.4.3 Pembuatan Tepung Sorghum Terfermentasi

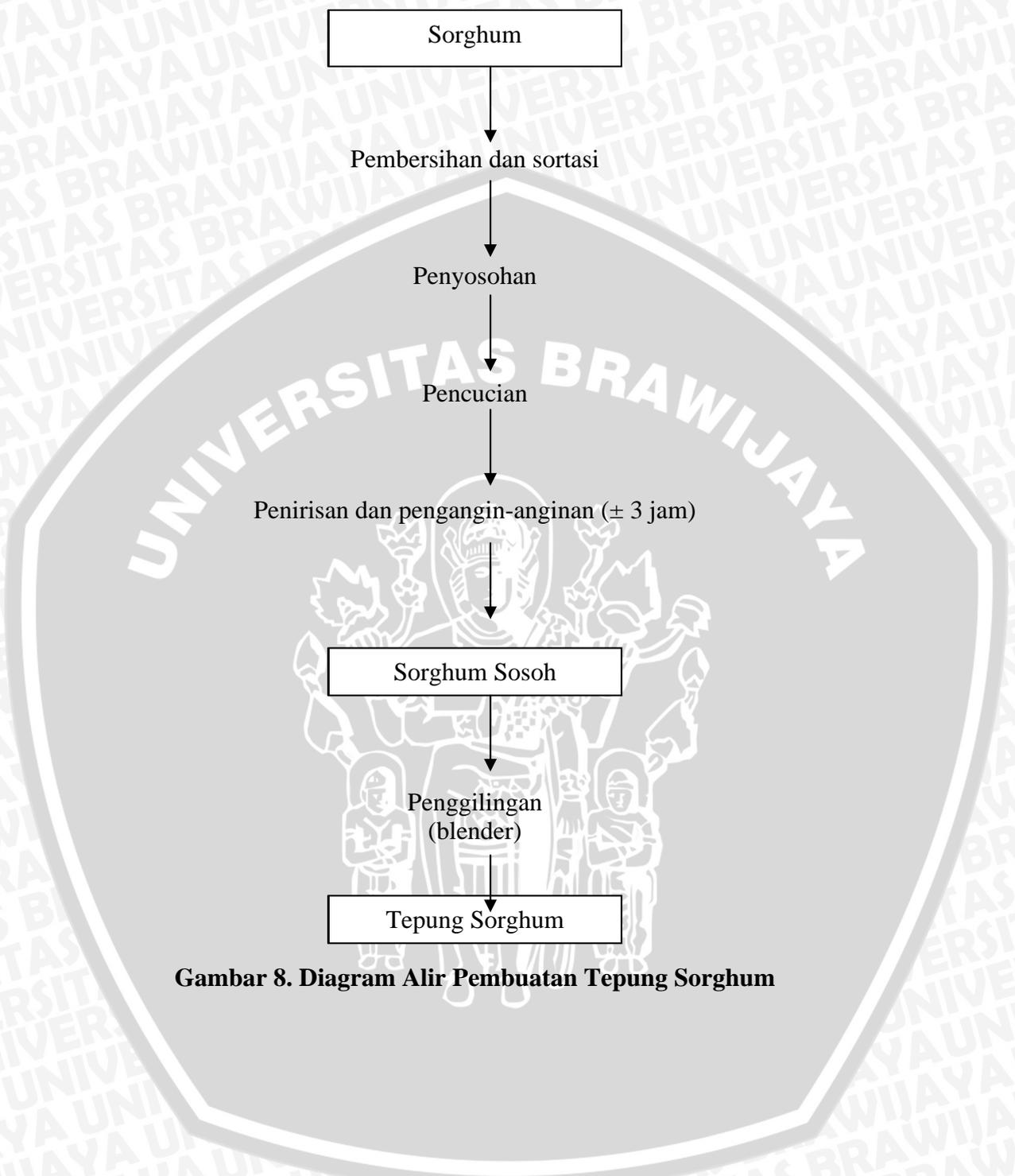
- Tepung sorghum ditimbang 100 g.
- Bahan lalu dilarutkan dengan 300 ml aquades lalu diaduk sampai rata.
- Dimasak pada suhu $80^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, selama ± 15 menit.
- Didinginkan sampai suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$, lalu dilakukan inokulasi kultur starter kering sesuai dengan proporsi perlakuan sambil diaduk sampai rata.
- Difermentasi dengan lama fermentasi sesuai dengan perlakuan yaitu fermentasi selama 12 jam, 24 jam, dan 36 jam.
- Dipanaskan pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$, selama ± 5 menit untuk menghentikan proses fermentasi.
- Pengeringan dalam pengering lampu suhu $\pm 60^{\circ}$ selama ± 7 jam.
- Penghalusan dengan menggunakan blender kecepatan 3 selama ± 2 menit.



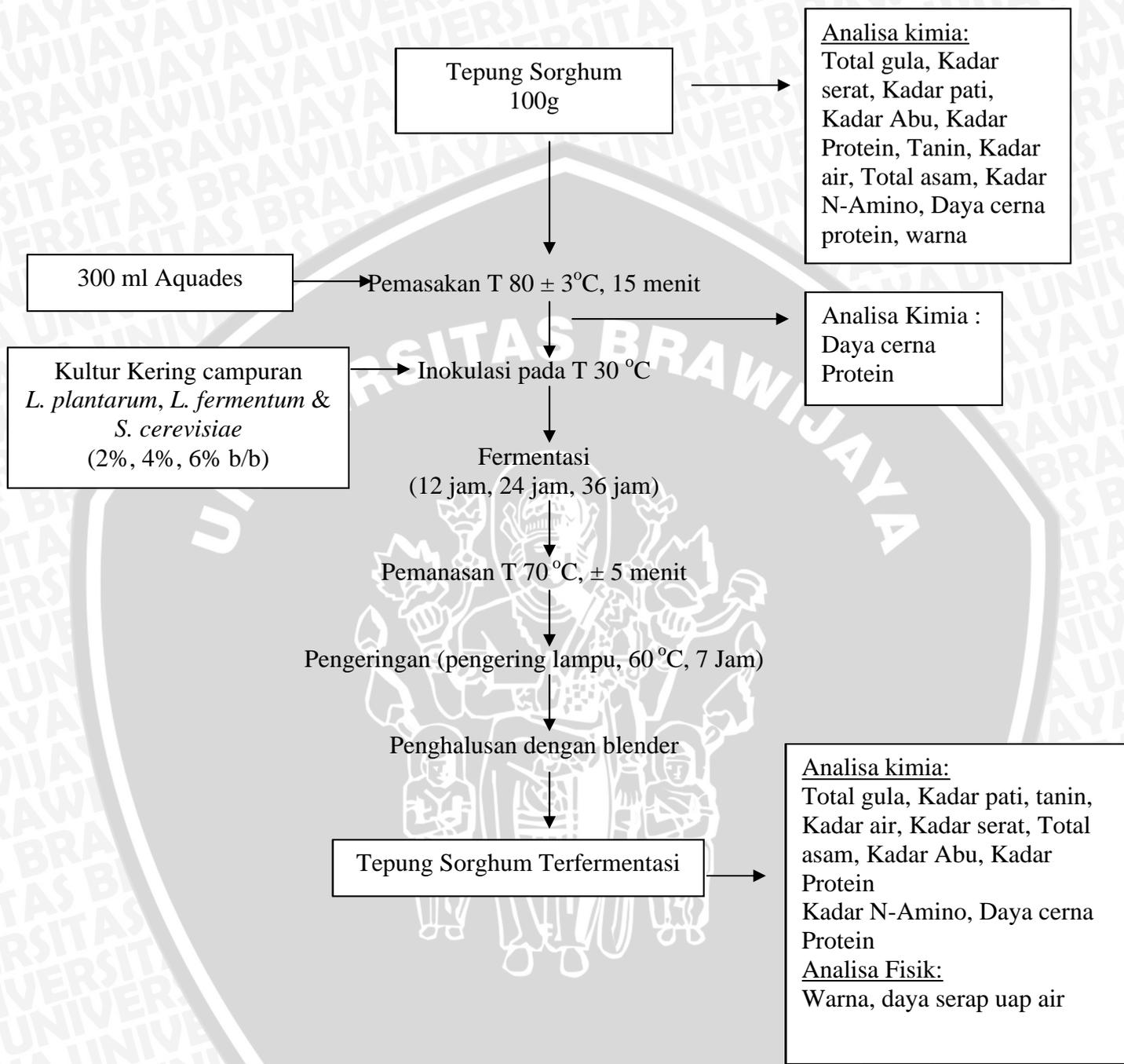
Gambar 6. Diagram Alir Pembuatan Medium Tepung Jagung Untuk Pertumbuhan Kultur (Gitaria, 2007)



Gambar 7. Diagram Alir Pembuatan Kultur Starter Kering (Gitaria, 2007)



Gambar 8. Diagram Alir Pembuatan Tepung Sorghum



Gambar 9. Diagram Alir Proses Pembuatan Tepung Sorghum Terfermentasi

3.5 Pengamatan dan Analisa

3.5.1 Pengamatan Dan Analisa Bahan Baku

Bahan baku yang dianalisa yaitu tepung sorghum. Pengamatan sifat kimia yang diamati yaitu Kadar protein (AOAC, 1990), Total gula (Apriyantono, 1989), Kadar pati (Sudarmadji dkk, 1997), Kadar air (Sudarmadji dkk, 1997), Total asam (Ranggana, 1979), Kadar N-Amino (Sudarmadji dkk, 1997), Daya cerna protein (AOAC, 1990).

3.5.2 Pengamatan Dan Analisa Tepung Sorgum Terfermentasi

Pengamatan sifat fisik yang dilakukan meliputi Warna (Yuwono dan Susanto, 1998), Daya serap uap air (Yuwono dan Susanto, 1998) Sedangkan pengamatan sifat kimia yang diamati yaitu Kadar protein (AOAC, 1990), Total gula (Apriyantono, 1989), Kadar pati (Sudarmadji dkk, 1997), Kadar air (Sudarmadji dkk, 1997), Total asam (Ranggana, 1979), Kadar N-Amino (Sudarmadji dkk, 1997), Daya cerna protein (AOAC, 1990).

3.6 Analisa Data

Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) metode Rancangan Acak Kelompok. Apabila dari hasil uji menunjukkan ada pengaruh maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan BNT 5% kemudian jika ada interaksi antara kedua faktor, maka akan diuji dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan selang

kepercayaan 5%, sedangkan pemilihan perlakuan terbaik dilakukan dengan metode “Multiple Attribute” (Zeleny, 1982).



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Bahan Baku

Analisa yang dilakukan pada bahan baku tepung sorghum meliputi uji kadar air, abu, total gula, pati, N-amino, Analisa serat, kadar tanin, protein, total asam, daya serap uap air dan daya cerna protein. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Bahan Baku

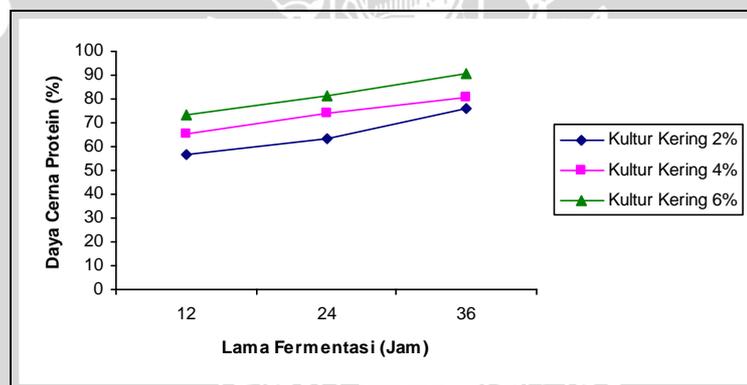
Analisa	Tepung Sorghum (%)	Literatur
Protein	10,44	10,11
Pati	66,67	68,72
Daya cerna protein	38,89	43,00
Kadar tanin	0,926	-
N-amino	1,97	-
Total gula	6,42	-
Total asam	0,09	-
Kadar air	9,05	11,4
Kadar abu	2,21	2,28
Kadar serat	4,04	3,98

Dari hasil analisa yang ada pada tabel, menunjukkan bahwa kadar air, abu, total gula, pati, N-amino, Analisa serat, kadar tanin, protein, total asam, dan daya cerna protein dari tepung sorghum yang digunakan dalam penelitian memiliki nilai yang sedikit berbeda dengan literatur. Menurut Pantastico (1989) komposisi kimiawi bahan pangan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan antara lain: suhu, salinitas, cahaya, tingkat kedalaman dan ditanam dilahan yang berbeda, maka komposisi kimianya juga akan berbeda.

4.2 Analisa Produk Tepung Sorghum Terfermentasi

4.2.1 Daya Cerna Protein

Uji daya cerna protein dilakukan secara invitro artinya dengan penggunaan hidrolisat enzim protease dengan tujuan untuk mengetahui nilai daya cerna dari masing-masing perlakuan. Rerata daya cerna protein tepung sorghum terfermentasi adalah 56,79% - 91,00 % (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap daya cerna protein menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan daya cerna protein dengan semakin meningkatnya konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 10. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap daya cerna protein tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat penambahan kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap daya cerna protein tepung sorghum terfermentasi, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap daya cerna protein tepung sorghum terfermentasi.

Rerata daya cerna protein tepung sorgum terfermentasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Daya Cerna Protein Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Kering	Lama Fermentasi	Bahan Baku (%)	Daya Cerna Protein (%)	Selisih (%)
2 %	12	38,89	56,79 a	17,90
	24	38,89	63,34 b	24,45
	36	38,89	75,75 c	36,86
4 %	12	38,89	65,42 b	26,53
	24	38,89	73,89 c	35,00
	36	38,89	80,81 d	41,92
6 %	12	38,89	73,43 c	34,54
	24	38,89	81,58 d	42,69
	36	38,89	91,00 e	52,11

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$) dg nilai BNT 5% = 4,10

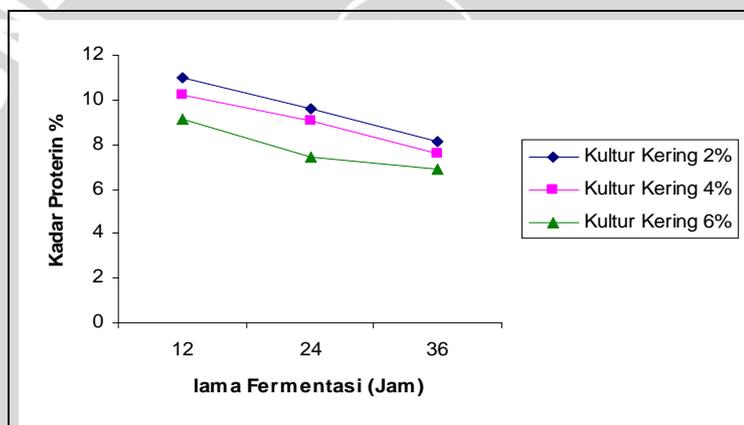
Tabel 5 menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi dan semakin banyak konsentrasi kultur yang ditambahkan maka daya cerna protein tepung sorghum terfermentasi akan semakin meningkat, yaitu sekitar 17,90% - 52,11%. Hal ini disebabkan karena selama fermentasi akan terjadi pemecahan komponen protein oleh *L. plantarum* dan *L. fermentum* karena *L. plantarum* dan *L. fermentum* mampu menghasilkan enzim proteolitik sehingga mampu memecah protein menjadi komponen asam-asam amino. Chaven *et al.* (1988) menyatakan bahwa aktifitas proteolitik bakteri asam laktat dalam memproduksi asam amino selama fermentasi lebih tinggi dibandingkan fermentasi yang dilakukan oleh khamir. Menurut Case (2000) menambahkan bahwa fermentasi oleh mikroba dapat memperbaiki daya cerna dari protein dan karbohidrat yang merupakan komponen utama penyusun sereal dan kacang-kacangan. Hal ini berarti bahwa jumlah asam amino yang terserap oleh tubuh akan meningkat.

Menurut Elyas *et al.* (2001), penurunan senyawa antinutrisi selama proses fermentasi juga dapat meningkatkan daya cerna protein, karena senyawa antigizi

dapat mengikat protein membentuk protein kompleks sehingga daya cernanya rendah.

4.2.1 Kadar Protein

Rerata kadar protein tepung sorghum terfermentasi adalah 6,92% - 10,81%. (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap kadar protein menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar protein dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 11. Pengaruh konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kadar protein tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap kadar protein tepung sorghum terfermentasi, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar protein tepung sorghum terfermentasi. Rerata kadar protein tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 6 dan 7 .

Tabel 6. Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Protein Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur (%)	Rerata Kadar Protein (%)	BNT 5%
2	9,98 c	0,68
4	8,73 b	
6	7,58 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 6 menunjukkan bahwa konsentrasi kultur kering 2% memiliki kadar protein paling tinggi sedangkan konsentrasi kultur kering 6% memiliki kadar protein yang paling rendah. Penurunan ini diduga karena selama fermentasi, terjadi perombakan protein menjadi asam amino dan peptida (senyawa yang lebih sederhana) oleh mikroba. Kandungan asam amino dan peptida penyusun protein dalam medium fermentasi diduga dapat mempengaruhi penurunan N-total selama fermentasi. Patrick *et al.* (2000) menyatakan bahwa asam amino di dalam sel dibentuk dari hidrolisis ikatan peptida protein oleh *peptidase* dan akan digunakan untuk pertumbuhan sel. Adanya pemanfaatan asam amino ini menyebabkan penurunan jumlah nitrogen total.

Wijaya (2008) menambahkan, Penurunan N total semakin meningkat dengan semakin banyaknya jumlah total BAL, sehingga berakibat semakin banyak pula asam amino dan peptida yang terbentuk. Hal ini ditunjukkan dengan adanya korelasi positif antara total BAL dengan penurunan total N, dimana 75,47% penurunan kadar total N dipengaruhi oleh total BAL.

Tabel 7. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Protein Tepung Sorghum Terfermentasi

Lama Fermentasi (Jam)	Rerata Kadar Protein (%)	BNT 5%
12	9,54 b	0,68
24	8,93 b	
36	7,83 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

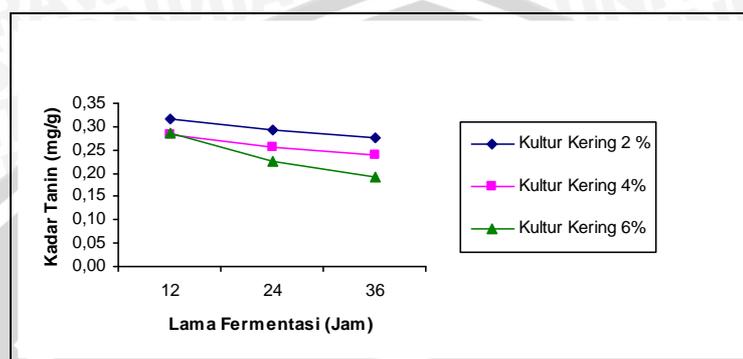
Tabel 7 menunjukkan bahwa dengan fermentasi selama 12 jam memiliki kandungan protein paling tinggi, sedangkan fermentasi selama 36 jam memiliki kadar protein paling rendah, dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan semakin lama proses fermentasi maka kadar protein semakin menurun. Hal ini diduga karena adanya hidrolisa protein menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh mikroba. Senyawa tersebut diduga mengalami penguapan selama proses fermentasi yang menyebabkan penurunan kadar protein pada tepung sorgum terfermentasi. Menurut Fardiaz (1992), senyawa-senyawa intermediet dan produk akhir hasil pemecahan asam amino sangat bervariasi. Selain itu dibebaskan alkohol dan berbagai gas seperti karbon dioksida, metana, hidrogen dan amonia. Amonia dilepaskan dalam jumlah yang tinggi pada pemecahan protein lebih lanjut. Pemecahan protein juga melepaskan senyawa-senyawa berbau busuk seperti hidrogen sulfida, merkaptan, indol, skatol, putresin dan kadaverin.

Hasan *et al.* (2006) menambahkan bahwa perendaman, pemanasan dan fermentasi dapat meningkatkan kadar protein pada sorgum kultivar gazeera sedangkan kadar protein pada kultivar gadarif menurun. Perbedaan respon antar kedua kultivar terhadap beberapa perlakuan proses disebabkan karena sifat alami dan tipe protein dari tiap kultivar.

4.2.3 Kadar Tanin

Rerata kadar tanin tepung sorgum terfermentasi adalah 0,31% - 0,19%. (Lampiran 4). Sehingga dapat diketahui bahwa terjadi penurunan yang signifikan jika dibandingkan dengan bahan baku yaitu sebesar 0,93%. Perilaku kedua faktor

perlakuan terhadap kadar tanin menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar tanin dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 12. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kadar tanin tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat penambahan kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap kadar tanin tepung sorghum terfermentasi, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar tanin tepung sorgum terfermentasi. Rerata kadar tanin tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Tanin Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Kering	Lama Fermentasi	Bahan Baku (%)	Rerata Kadar Tanin (%)	Selisih (%)
2 %	12	0,93	0,31 a	0,62
	24	0,93	0,29 a	0,64
	36	0,93	0,28 a	0,65
4 %	12	0,93	0,28 a	0,65
	24	0,93	0,26 a	0,67
	36	0,93	0,24 a	0,69
6 %	12	0,93	0,29 a	0,64
	24	0,93	0,22 a	0,71
	36	0,93	0,19 a	0,74

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$) dengan nilai BNT 5% = 0,04

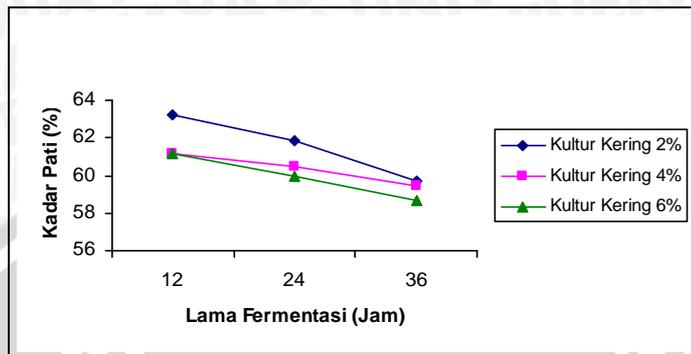
Tabel 8 menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi kultur yang ditambahkan dan semakin lama fermentasi maka kadar tanin tepung sorghum terfermentasi juga semakin menurun. Penurunannya yaitu sekitar 0,62 mg/g - 0,74 mg/g. Hal ini disebabkan oleh adanya mikroba terutama khamir yang dapat mendegradasi tanin dalam sorghum, sehingga semakin banyak kultur kering yang ditambahkan maka semakin banyak khamir yang akan mendegradasi tanin. Pernyataan tersebut sesuai dengan Campbell-platt (1994) yang menyatakan bahwa keuntungan dan manfaat fermentasi pada produk pangan yaitu memproduksi enzim spesifik. Selain itu, fermentasi juga dapat memperbaiki nutrisi dengan mensintesa beberapa vitamin dan menghilangkan senyawa anti gizi seperti asam fitat dan asam tanat (Chaven dan Khadam, 1998).

Menurut Anonymous (1998), Khamir mempunyai kemampuan untuk mendegradasi tanin dengan adanya tanase yaitu suatu enzim yang dapat mendegradasi tanin. Tanase memiliki kemampuan untuk memecah tanin menjadi asam galat dan glukosa (Anonymous, 2006). Kemampuan degradasi mikroorganisme terhadap senyawa fenol (tanin) dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme, struktur tanin dan toleransi mikroorganisme terhadap senyawa fenol tersebut (Suryanto, 2003).

4.2.4 Kadar Pati

Rerata kadar pati produk tepung sorghum terfermentasi berkisar antara 58,66% – 63,25%. Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap kadar pati

menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar pati dengan semakin meningkatnya penambahan kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 13. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kadar pati tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat penambahan kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap kadar pati tepung sorghum terfermentasi, sedangkan interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar pati tepung sorghum terfermentasi. Rerata kadar pati tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Pati Tepung Sorghum Terfermentasi

Persentase Kultur	Lama Fermentasi	Kadar Pati (%)	DMRT 5%
2%	12	63,25 f	0,64
	24	61,81 e	0,69
	36	59,73 b	0,71
4%	12	61,19 d	0,67
	24	60,44 c	0,72
	36	59,47 b	0,72
6%	12	61,12 d	0,70
	24	59,93 b	0,73
	36	58,66 a	-

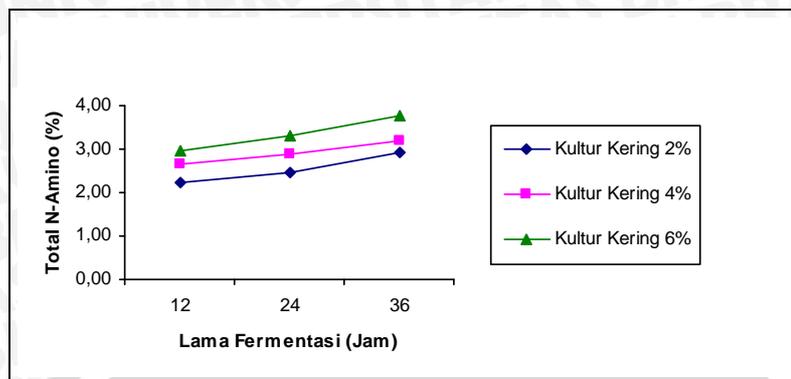
Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 9 menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi kultur kering yang ditambahkan maka kadar pati tepung sorgum terfermentasi akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan karena enzim yang dihasilkan oleh *L. plantarum* dan *L. fermentum* yang mampu memecah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat dimanfaatkan untuk metabolisme sel. Giraud (1994) telah meneliti *L. plantarum* (strain A6) yang diisolasi dari ketela pohon mampu mensintesa α amilase ekstraseluler dalam jumlah yang banyak. Adanya enzim tersebut menyebabkan isolat *L. plantarum* dapat memecah pati.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Lactobacillus* memiliki daya cerna yang lebih besar terhadap karbohidrat kompleks. Sesuai dengan pernyataan Salminen and Wright (1993) bahwa kelompok *Lactobacillus* memiliki daya cerna yang besar terhadap karbohidrat kompleks daripada laktosa. Selain itu, jumlah total bakteri asam laktat juga turut mempengaruhi konsumsi pati.

4.2.5 Kadar N-Amino

Rerata total N-Amino tepung sorgum terfermentasi adalah 2,22% - 3,77% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan kadar N-Amino dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 14. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap N-amino tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat penambahan kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap total N-Amino, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap total N-Amino tepung sorghum terfermentasi. Rerata Total N-Amino tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 10 dan 11.

Tabel 10. Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Total N-Amino Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Starter (%)	Rerata N-amino (%)	BNT 5%
2	2,53 a	0,12
4	2,91 b	
6	3,35 c	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 10 menunjukkan bahwa total N-Amino dengan penambahan kultur kering 2% memiliki kandungan N-Amino paling rendah, sedangkan untuk penambahan kultur kering 6% memiliki N-Amino paling tinggi, dapat diketahui bahwa dengan semakin besar konsentrasi kultur kering maka total N-Amino semakin meningkat, hal ini disebabkan karena semakin banyak persentase kultur kering yang ditambahkan maka akan terjadi peningkatan jumlah mikroba terutama *L. Plantarum* dan *L. fermentum* yang akan memecah protein menjadi asam-asam

amino, karena hanya golongan bakteri asam laktat yang dapat memecah protein menjadi asam-asam amino.

Menurut Pelezar and Reid (1998) bahwa penambahan inokulum akan meningkatkan konsentrasi mikroba, sehingga aktivitas proteolitik mikroba meningkat sehingga pemecahan protein menjadi asam-asam amino juga meningkat.

Tabel 11. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total N-Amino Tepung Sorghum Terfermentasi

Lama Fermentasi (Jam)	Rerata N-amino (%)	BNT 5%
12	2,61 a	0,12
24	2,89 b	
36	3,30 c	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 11 menunjukkan bahwa dengan fermentasi selama 12 jam memiliki total N-Amino paling rendah, sedangkan fermentasi selama 36 jam memiliki total N-Amino paling tinggi, dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan semakin lama proses fermentasi maka total N-Amino semakin meningkat. Perubahan N-amino pada produk hasil fermentasi mengindikasikan adanya aktivitas kultur, dimana selama fermentasi terjadi pembebasan asam amino sebagai hasil dari metabolisme protein. Fardiaz (1992) menyatakan bahwa BAL juga melakukan aktivitas proteolitik dengan mengeluarkan enzim proteinase ekstraseluler menghasilkan peptida sederhana dan asam amino sebagai sumber nitrogen bagi pertumbuhannya.

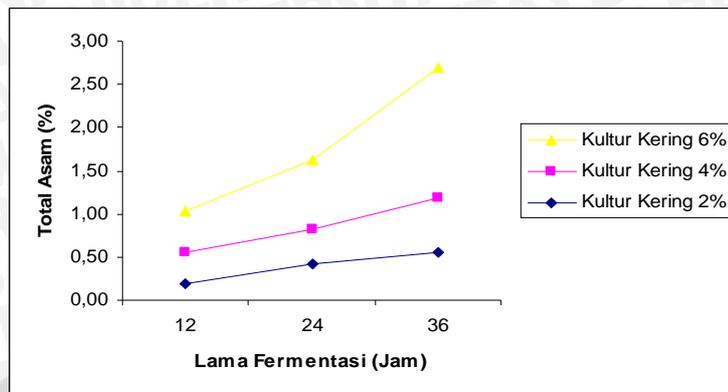
Total N-amino pada produk cenderung meningkat seiring lama fermentasi. Selama fermentasi, selain membutuhkan gula sebagai sumber karbon yang akan dimetabolisme menjadi energi, kultur juga merombak protein dan asam-asam

amino substrat sebagai sumber nitrogen. Nitrogen adalah sumber utama bagi pertumbuhan dan biosintesis komponen sel bakteri (Brankovic and Baras, 2001).

Kadar asam amino bebas yang tercermin dalam nilai N amino cenderung meningkat. Dave and Shah (1998) dalam Rakin *et al.* (2004) menyatakan bahwa jika jumlah asam amino kurang, maka bakteri akan mengaktifkan enzim proteolitik sehingga jumlah protein dalam substrat turun dan asam amino meningkat. Jumlah N-amino yang semakin meningkat diduga juga disebabkan oleh ketidak seimbangan antara pemecahan protein dan pemanfaatan asam-asam amino hasil degradasi protein oleh bakteri asam laktat, diduga aktivitas pemecahan protein lebih tinggi bila dibandingkan dengan jumlah asam amino yang dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat, sehingga asam amino hasil pemecahan protein yang belum dimanfaatkan jumlahnya lebih banyak dan akan terakumulasi pada medium, sehingga pada pengukuran, nilai N-amino akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi.

4.2.6 Total Asam

Rerata total asam tepung sorghum terfermentasi adalah 0,18% - 1,52% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan total asam dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 15. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap total asam tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu penambahan kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap total asam, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap total asam tepung sorghum terfermentasi. Rerata total asam tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 12 dan 13.

Tabel 12. Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Total Asam Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Starter (%)	Rerata Total Asam (%)	BNT 5%
2	0,35 a	0,51
4	0,54 a	
6	0,73 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 12 menunjukkan bahwa penambahan kultur kering 2% memiliki total asam terendah, sedangkan penambahan kultur kering 6% memiliki total asam tertinggi. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan semakin besar konsentrasi kultur kering yang digunakan maka total asam semakin meningkat. Diduga semakin banyak BAL (*L. fermentum* dan *L. plantarum*) maka pembentukan asam juga semakin besar. Tingginya jumlah bakteri asam laktat ini berpengaruh

terhadap peningkatan asam laktat yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ramadayanti (2001) dalam Zubaidah (2006) bahwa proses pertumbuhan sel dibarengi dengan terbentuknya metabolit berupa asam laktat yang dihasilkan dari perombakan gula, protein dan asam-asam lain. Selain itu diduga komponen serat sorgum juga dimanfaatkan sebagai sumber pangan yang fermentasinya menghasilkan asam-asam lemak rantai pendek (SCFA) berupa asam asetat, propionat, butirat, laktat, suksinat, piruvat, dan format (Kruh, 1982 dalam Miller and Wollin, 1996). Keberadaan asam-asam organik ini juga mempengaruhi tingginya total asam dalam medium fermentasi.

Tabel 13. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Total Asam Tepung Sorghum Terfermentasi

Lama Fermentasi (Jam)	Rerata Total Asam (%)	BNT 5%
12	0,38 a	0,51
24	0,47 a	
36	0,77 a	

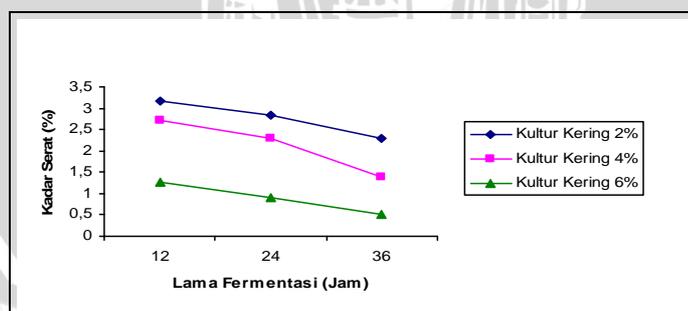
Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 13 menunjukkan bahwa dengan fermentasi selama 12 jam memiliki total asam paling rendah, sedangkan fermentasi selama 36 jam memiliki total asam paling tinggi, dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan semakin lama proses fermentasi maka total asam pada tepung sorgum terfermentasi semakin meningkat, hal ini diduga selama proses fermentasi terjadi pemecahan pati menjadi gula-gula sederhana, dimana gula-gula sederhana yang dihasilkan akan dikonversi menjadi asam laktat melalui jalur EMP. Sehingga semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak gula yang dihasilkan dan semakin banyak gula yang akan dikonversi menjadi asam, sehingga total asam akan meningkat.

Selama proses fermentasi, bakteri asam laktat mengubah glukosa menjadi asam laktat melalui *Embden Meyerhoff Pathway* (EMP). Terakumulasinya asam laktat ini menyebabkan tingkat keasaman medium fermentasi akan meningkat. Pada media dengan sumber utama glukosa dan laktosa, asam laktat yang dihasilkan adalah sekitar 90% dari produk akhir. Berbagai monosakarida dimetabolisme oleh bakteri asam laktat menjadi glucose-6-phosphate atau fructose-6-phosphate dan kemudian terjadi metabolisme melalui jalur *Embden Meyerhoff Parnas* (EMP) yang pada akhirnya dihasilkan asam laktat (Surono, 2004 dalam Cholis, 2007).

4.2.7 Kadar Serat

Rerata kadar serat kasar tepung sorghum terfermentasi berkisar antara 0,52% – 3,16%. perilaku kedua faktor perlakuan menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar serat dengan semakin meningkatnya konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 16. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kadar serat tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat penambahan kultur kering dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap kadar serat,

sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar serat. Rerata kadar pati disajikan pada Tabel 14 dan 15.

Tabel 14. Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Serat Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Starter (%)	Rerata Kadar Serat (%)	BNT 5%
2	2,44 b	0,93
4	2,13 b	
6	0,89 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 14 menunjukkan bahwa penambahan kultur kering 2% memiliki kadar serat yang paling tinggi yaitu 2,44% sedangkan penambahan kultur kering 6% memiliki kadar serat paling rendah yaitu 0,89%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kultur yang tambahkan maka kadar serat tepung sorghum terfermentasi akan semakin menurun. Penurunan kadar serat kasar disebabkan karena adanya pemanfaatan serat kasar oleh aktivitas bakteri asam laktat BAL untuk metabolisme sel. Selain itu disebabkan karena meningkatnya jumlah bakteri asam laktat BAL turut meningkatkan pemanfaatan serat kasar. Menurut Baron *et al.* (1989) BAL merupakan bakteri kolon yang dominan pada usus pencernaan manusia, BAL tersebut memiliki kemampuan yang sangat baik dalam metabolisme, berkembangbiak, menghasilkan senyawa-senyawa asam organik dan antibiotik dalam saluran pencernaan manusia.

Bakteri BAL memanfaatkan serat kasar yang dihidrolisis menjadi asam laktat, asam lemak rantai pendek, dan energi. Asam lemak rantai pendek (SCFA) yaitu asam asetat, asam propionat, dan asam butirrat merupakan hasil utama dari fermentasi serat pangan (Kruh, 1982 dalam Miller *and* Wollin, 1996).

Tabel 15. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Serat Tepung Sorghum Terfermentasi

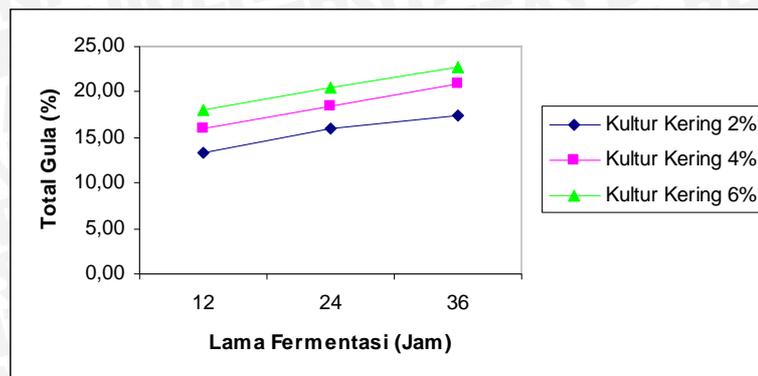
Lama Fermentasi (Jam)	Rerata Kadar Serat (%)	BNT 5%
12	2,38 b	0,93
24	1,70 ab	
36	1,39 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 15 menunjukkan bahwa fermentasi selama 12 jam memiliki kadar serat paling tinggi, sedangkan fermentasi selama 36 jam memiliki kadar serat paling rendah, dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan semakin lama proses fermentasi maka kadar serat pada tepung sorghum terfermentasi semakin menurun. Hal ini karena semakin lama waktu fermentasi maka semakin lama waktu bagi mikroba untuk mendegradasi dan memanfaatkan nutrisi pada produk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Henningson *et al.* (2002) yang menyatakan bahwa jumlah karbohidrat yang mencapai kolon manusia perhari sekitar 20 - 60 gram. Efek fisiologis dari karbohidrat ini tergantung beberapa faktor termasuk luas fermentasi usus besar, lama fermentasi dan fermentasi produk yang terbentuk.

4.2.8 Total Gula

Rerata total gula tepung sorghum terfermentasi adalah 12,24% - 22,00% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan menunjukkan kenaikan total gula dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 17. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap total gula tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) didapat hasil perlakuan lama fermentasi dan persentase kultur kering serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata pada total gula. Berdasarkan uji DMRT 5% (Lampiran 4) seperti tertera pada Tabel 16.

Tabel 16. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Total Gula Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur	Lama Fermentasi	Total Gula(%)	DMRT 5%
2%	12	12,24 a	0,64
	24	14,39 b	0,69
	36	15,67 c	0,71
4%	12	14,56 b	0,67
	24	15,52 c	0,72
	36	16,65 d	0,72
6%	12	18,02 e	0,70
	24	19,29 f	0,73
	36	22,00 g	0,73

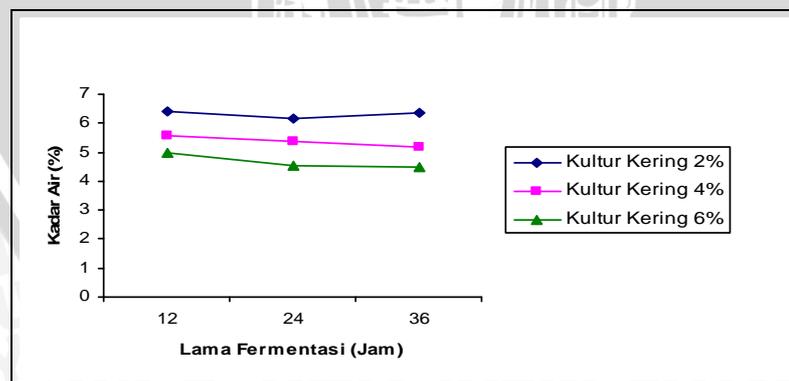
Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 16 menyebutkan bahwa semakin lama fermentasi dan semakin tinggi persentase kultur kering yang ditambahkan maka total gula tepung sorghum terfermentasi juga semakin meningkat, hal ini disebabkan karena adanya aktivitas mikroba dalam hal ini *L. plantarum* dan *L. fermentum* dalam memecah pati

menjadi gula-gula sederhana. Fardiaz (1992) menyatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi maka jumlah total gula cenderung meningkat sebab semakin lama waktu fermentasi substrat pati akan semakin banyak yang dipecah menjadi monosakarida dan disakarida. (Steinkraus, 1983 dalam Kasmidjo, dkk., 1992) menambahkan bahwa peningkatan total gula disebabkan oleh aktivitas mikrobial amilolitik yang menghidrolisis pati menjadi glukosa, maltosa, maltotriosa, dan dekstrin. Semakin rendah kandungan pati dalam bahan, akibat pemecahan pati menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana (glukosa), akan meningkatkan total gulanya.

4.2.9 Kadar Air

Rerata kadar air tepung sorghum terfermentasi adalah 4,48% - 6,41% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap kadar air menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar air dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 18. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kadar air tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu tingkat penambahan kultur kering dan lama

fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap kadar air tepung sorghum terfermentasi, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air tepung sorghum terfermentasi. Rerata kadar air tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 17 dan 18.

Tabel 17. Pengaruh Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Air Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Starter (%)	Rerata Kadar Air (%)	BNT 5%
2	6,32 c	0,44
4	5,38 b	
6	4,67 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 17 menunjukkan bahwa pada konsentrasi kultur kering 6% memberikan nilai kadar air yang paling rendah, sedangkan pada konsentrasi kultur kering 2% memberikan nilai kadar air yang paling tinggi. Hal ini disebabkan semakin banyaknya komponen bahan yang terpecah yang berakibat jumlah air yang terbebaskan semakin banyak, akibatnya tekstur bahan semakin lunak dan berpori. Keadaan ini menyebabkan penguapan uap air selama proses pengeringan semakin mudah, dengan demikian kadar air tepung sorghum terfermentasi semakin menurun. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Meyer (1982) yang menyatakan bahwa penurunan kadar air disebabkan karena penguapan air terikat, sebelum fermentasi sebagian molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom oksigen, nitrogen, karbohidrat, protein, garam-garam dan senyawa-senyawa organik lainnya sehingga sukar diuapkan dan selama proses fermentasi berlangsung enzim-enzim mikroba memecahkan karbohidrat dan senyawa-senyawa tersebut, sehingga air yang terikat berubah menjadi air bebas.

Tabel 18. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Air Tepung Sorghum Terfermentasi

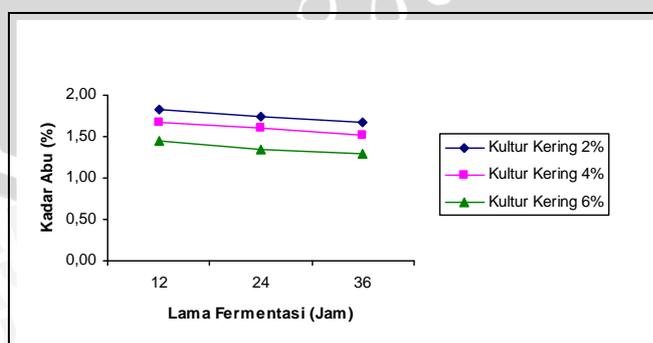
Lama Fermentasi (Jam)	Rerata Kadar Air (%)	BNT 5%
12	5,66 a	0,44
24	5,37 a	
36	5,35 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 18 menunjukkan bahwa fermentasi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air. Hal ini disebabkan semakin lama fermentasi maka akan semakin banyak komponen nutrisi yang terpecah sehingga air yang terikat pada bahan akan menjadi air bebas (Meyer, 1982). Tetapi selama fermentasi juga terjadi perombakan protein menjadi asam amino, dimana asam amino memiliki kemampuan untuk menarik air (Poedjiadi, 1994).

4.2.10 Kadar Abu

Rerata kadar abu tepung sorghum terfermentasi adalah 1,30% - 1,83% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap kadar abu menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kadar abu dengan semakin meningkatnya konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 19. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kadar abu tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 4) menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan yaitu penambahan kultur dan lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata ($\alpha=5\%$) terhadap kadar abu, sedangkan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar abu. Rerata kadar abu tepung sorghum terfermentasi disajikan pada Tabel 19 dan 20.

Tabel 19. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Kultur Kering Terhadap Kadar Abu Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur Starter (%)	Rerata Kadar Abu (%)	BNT 5%
2	1,75 c	0,06
4	1,59 b	
6	1,36 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 19 menunjukkan bahwa kadar abu pada konsentrasi kultur kering 2% memiliki kadar abu paling tinggi, sedangkan pada persentase kultur kering 6% memiliki kadar abu yang paling rendah. Dengan demikian dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi kultur kering maka kadar abu tepung sorghum terfermentasi akan semakin menurun. Penurunan kadar abu diduga disebabkan karena *L. plantarum*, *L. fermentum* dan *S. cerevisiae* mengkonsumsi mineral-mineral seperti fosfat, kalium, dan kalsium untuk biosintesa komponen sel dan sebagai kofaktor untuk mengubah gula menjadi etanol.

Menurut Suhartono (1989), komponen utama yang umumnya dibutuhkan semua jenis mikroba adalah fosfat, kalium, kalsium, sulfur dan magnesium. Menurut Nagodawithana (1991), "baker's yeast" membutuhkan 70 μg Fe, 200 μg Zn dan 12 – 15 μg Cu dalam satu liter medium.

Tabel 20. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Abu Tepung Sorghum Instan Terfermentasi

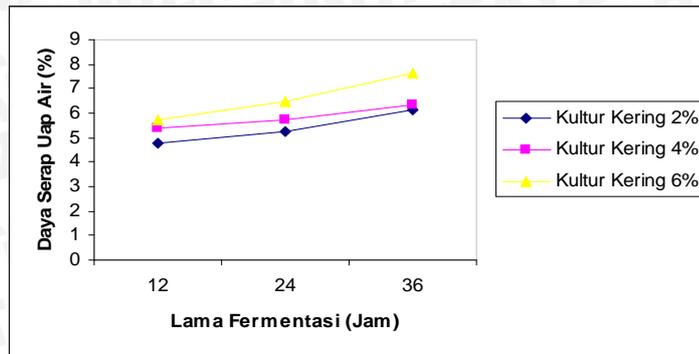
Lama Fermentasi (Jam)	Rerata Kadar Abu (%)	BNT 5%
12	1,65 b	0,06
24	1,56 a	
36	1,50 a	

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 20 menunjukkan bahwa dengan fermentasi selama 12 jam memiliki kadar abu paling tinggi, sedangkan fermentasi selama 36 jam memiliki kadar abu paling rendah, dengan demikian dapat diketahui bahwa dengan semakin lama proses fermentasi maka kadar abu pada tepung sorgum terfermentasi semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin lama fermentasi maka semakin lama waktu bagi mikroba untuk mengkonsumsi mineral-mineral yang ada dalam produk. Brock *et al.* (1994) menyatakan bahwa mineral yang dikonsumsi mikroba digunakan untuk pertumbuhan, digunakan dalam asam nukleat dan fosfolipid, memenuhi fungsi struktural dan asam amino dan berperan dalam sintesis protein.

4.2.11 Daya Serap Uap Air

Daya serap uap air berhubungan erat dengan kandungan komposisi kimia suatu bahan. Pada tepung sorghum terfermentasi, kandungan pati merupakan komponen penting yang berkaitan dengan daya serap uap air. Kandungan pati yang terdiri dari amilosa dan amilopektin akan meningkatkan tekstur porous pada produk akhir. Semakin porous tekstur maka akan semakin tinggi daya serap uap airnya (Syarief, dkk., 1987).



Gambar 20. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap daya serap uap air tepung sorghum terfermentasi

Rerata daya serap uap air tepung sorghum terfermentasi adalah 4,23% - 7,30% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap daya serap uap air menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan daya serap uap air dengan semakin meningkatnya konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) didapat hasil perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi kultur kering serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata pada daya serap uap air. Berdasarkan uji DMRT 5% (Lampiran 4) seperti tertera pada Tabel 21.

Tabel 21. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Penambahan Kultur Kering Terhadap Daya Serap Uap Air Tepung Sorghum Terfermentasi

Konsentrasi Kultur	Lama Fermentasi	Rerata Daya Serap Uap Air (%)	DMRT 5%
2%	12	4,23 a	0,220
	24	4,82 b	0,238
	36	5,14 c	0,246
4%	12	4,41 a	0,231
	24	5,36 c	0,248
	36	5,98 d	0,249
6%	12	5,06 c	0,242
	24	6,29 e	0,251
	36	7,30 f	0,252

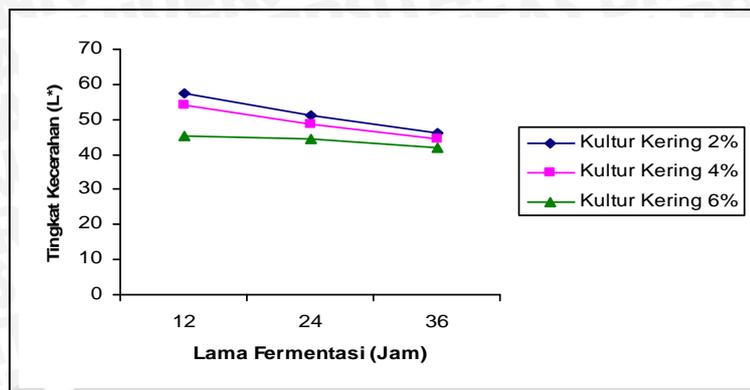
Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Tabel 21 menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi kultur kering yang ditambahkan maka daya serap uap air tepung sorghum terfermentasi juga semakin meningkat. Hal ini berhubungan dengan ikatan hidrofil dan hidrofobik yang ada pada komponen bahan, diduga pada bahan banyak terdapat ikatan hidrofilik dari pada ikatan hidrofobik sehingga tepung sorgum mempunyai kemampuan menyerap air yang tinggi. Kecenderungan kenaikan penyerapan uap air juga dapat disebabkan karena semakin banyaknya asam amino yang dipecah oleh mikroba akibat aktivitas proteolitik. Asam amino mempunyai sifat mampu menarik air (Poedjiadi, 1994). Semakin banyak protein yang terpecah menjadi asam amino merupakan salah satu penyebab meningkatnya penyerapan uap air dari bahan.

Schenk (1992) menyatakan bahwa RH lingkungan juga sangat menentukan apakah suatu produk akan mengabsorpsi air atau melepaskan uap air. Jika produk mempunyai ERH yang lebih rendah dari RH lingkungan, maka produk tersebut cenderung menyerap air dan menjadi basah atau lengket.

4.2.12 Analisa Kecerahan (L^*)

Rerata kecerahan (L) tepung sorghum terfermantasi adalah 42,10% - 57,53% (Lampiran 4). Perilaku kedua faktor perlakuan terhadap Kecerahan menunjukkan adanya kecenderungan penurunan kecerahan dengan semakin meningkatnya penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi.



Gambar 21. Pengaruh Konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi terhadap kecerahan (L*) tepung sorghum terfermentasi

Berdasarkan hasil analisis ragam (Lampiran 4) didapat hasil perlakuan lama fermentasi dan konsentrasi kultur serta interaksi keduanya memberikan pengaruh yang nyata pada daya serap uap air. Berdasarkan uji DMRT 5% (Lampiran 4) seperti tertera pada Tabel 22.

Tabel 22. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Penambahan Kultur Kering Terhadap Kecerahan (L) Tepung Sorghum Instan Terfermentasi

Konsentrasi Kultur	Lama Fermentasi	Kecerahan (L)	DMRT 5%
2%	12	57,53 f	1,94
	24	51,10 d	1,92
	36	46,00 b	1,89
4%	12	54,03 e	1,94
	24	48,88 c	1,91
	36	44,33 b	1,83
6%	12	45,33 b	1,87
	24	44,33 b	1,78
	36	42,10 a	1,70

Keterangan : Nilai rerata yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($\alpha = 0,05$)

Dari tabel 22 di atas dapat diketahui bahwa semakin lama fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi kultur kering yang ditambahkan maka Kecerahan (L) tepung sorghum terfermentasi juga semakin menurun. Hal ini disebabkan karena proses pengeringan tepung sorghum terfermentasi memakan waktu yang lama (\pm

8 jam). Hal tersebut menyebabkan browning pada tepung sorghum terfermentasi yang dihasilkan yang dapat mempengaruhi tingkat kecerahan. Perbedaan nilai kecerahan (L^*) dipengaruhi oleh diskolorisasi serta terjadinya reaksi pencoklatan. Perlakuan pemanasan dapat memberikan pengaruh terhadap terjadinya pencoklatan (Fellows, 1992).

Selain itu adanya kandungan polifenol pada tepung sorghum yang lebih tinggi menyebabkan terjadinya reaksi pencoklatan (Anonymous, 2006). Selain disebabkan oleh enzim, pencoklatan pada produk juga dapat disebabkan oleh reaksi non enzim, yakni reaksi antara gula reduksi dengan protein yang terkandung dalam bahan sebagai akibat prose pemanasan. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Winarno (1993) bahwa reaksi pencoklatan ada dua macam, yaitu pencoklatan secara enzimatik dan non enzimatik. Pencoklatan enzimatik dapat disebabkan karena terjadinya reaksi antara gula pereduksi dengan gugus amino protein sebagai akibat adanya pemanasan sehingga terbentuk warna coklat.

4.3 Perlakuan Terbaik

Analisa pemilihan perlakuan terbaik menggunakan metode “Multiple Attribute” (Zeleny, 1982) yang berdasarkan parameter fisik dan kimia tepung Sorghum terfermentasi. Nilai ideal dari perlakuan terbaik pada metode ini adalah nilai yang sesuai dengan pengharapan, yaitu merupakan nilai maksimal atau minimal dari suatu parameter. Hasil perhitungan analisa pemilihan terbaik tepung sorghum terfermentasi dapat dilihat pada lampiran 6.

Hasil perhitungan analisa pemilihan perlakuan terbaik tepung sorghum terfermentasi menunjukkan bahwa tingkat penambahan kultur kering sebesar 4% dengan lama fermentasi 24 jam merupakan perlakuan terbaik. Dengan nilai L Maks (L_{∞}) untuk masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 23 berikut:

Tabel 23. Hasil Perhitungan Analisa Pemilihan Perlakuan Terbaik Tepung Sorghum Terfermentasi

Perlakuan	Nilai L Maks (L_{∞})
Penambahan kultur 2%, lama fermentasi 12 jam (K1F1)	0,058
Penambahan kultur 2%, lama fermentasi 24 jam (K1F2)	0,047
Penambahan kultur 2%, lama fermentasi 36 jam (K1F3)	0,056
Penambahan kultur 4%, lama fermentasi 12 jam (K2F1)	0,050
Penambahan kultur 4%, lama fermentasi 24 jam (K2F2)	0,046 (**)
Penambahan kultur 4%, lama fermentasi 36 jam (K2F3)	0,060
Penambahan kultur 6%, lama fermentasi 12 jam (K3F1)	0,053
Penambahan kultur 6%, lama fermentasi 24 jam (K3F2)	0,065
Penambahan kultur 6%, lama fermentasi 36 jam (K3F3)	0,073

Keterangan: (**) merupakan perlakuan terbaik

Hasil perlakuan terbaik tersebut memiliki nilai Protein 9,13%, Daya Cerna Protein sebesar 73,89%, N-amino 4,59%, Kadar Serat 2,29% Kadar pati 52,09%, Total gula 18,45%, Total asam 0,40%, Kadar air 5,39%, Daya serap uap air 5,36%, Tingkat kecerahan (L^*) 48,8, Tingkat kekuningan (b^*) 14,8, Tingkat Kemerahan (a^*) 19,8.

Untuk membedakan hasil perlakuan terbaik dengan kontrol dilakukan uji t dengan menggunakan tepung sorgum yang difermentasikan dengan ragi tape sebagai kontrol. Hasil uji t tiap parameter pada tepung sorghum terfermentasi dengan kontrol dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Uji t Perbandingan Perlakuan Terbaik Tepung Sorghum Terfermentasi Dengan Kontrol

No	Parameter	Hasil Penelitian Terbaik	Kontrol	Uji t ($\alpha=5\%$)
1	Kadar Protein (%)	9,13	10,21	*
2	Kadar Pati (%)	60,44	62,12	*
3	Kadar Air (%)	5,39	5,40	tn
4	Total Asam (%)	0,40	0,35	*
5	Total Gula (%)	18,45	20,41	*
6	N-Amino (%)	4,59	3,22	*
7	Kadar Abu	1,6	1,7	*
8	Daya Serap Uap Air	5,36	4,74	*
9	Kadar Tanin	0,25	0,41	*
10	Tingkat Kecerahan (L*)	48,8	55,77	*

Keterangan :

Perlakuan Terbaik : K2F2 (Penambahan kultur 4% dan Lamam fermentasi 24 jam)

Kontrol : Penambahan ragi 4% dan fermentasi 24 jam

Dari hasil perhitungan uji t (5%) diperoleh hasil bahwa hampir semua parameter diatas menunjukkan nilai t hitung lebih besar dari t tabel untuk semua parameter, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan tepung sorghum yang difermentasi dengan kultur kering dan yang difermentasi dengan ragi tape menunjukkan perbedaan nyata. Hal ini diduga disebabkan adanya perbedaan jumlah total BAL dan total khamir yang ada pada kultur kering dan ragi tape.

V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan konsentrasi kultur kering dan lama fermentasi dapat meningkatkan daya cerna dari tepung sorgum sekitar 17,90% - 52,11% jika dibandingkan dengan bahan baku. Hal ini ditandai dengan menurunnya kadar tanin yaitu sekitar 0,62% - 0,74% dan adanya perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diserap tubuh.

Hasil perhitungan analisa pemilihan perlakuan terbaik tepung sorghum terfermentasi menunjukkan bahwa tingkat penambahan kultur kering sebesar 4% dengan lama fermentasi 24 jam merupakan perlakuan terbaik. Hasil perlakuan terbaik tersebut memiliki nilai Protein 16,13%, Daya Cerna Protein sebesar 73,89%, N-amino 4,59%, Kadar Serat 2,29%, Kadar Tanin 0,25%, Kadar Abu 1,6%, Kadar pati 52,09%, Total gula 18,45%, Total asam 0,40%, Kadar air 5,39%, Daya serap uap air 5,36%, Tingkat kecerahan (L^*) 48,8.

5.2 Saran

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai umur simpan tepung sorgum instan terfermentasi.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang aplikasi tepung sorgum terfermentasi menjadi produk yang dapat diterima konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboubacar, A., Axtell, J.D., Huang, C.P., Hamaker, B.R. 2001. **A rapid protein digestibility assay for identifying highly digestible sorghum lines.** *Cereal Chem.* 78:160-165.
- Adams, M. R. and M. O. Moss. 2000. **Food Microbiology 2nd ed.** Royal Society of Chemistry. Cornwall. UK
- Akimrele, L. A., Adeginka, O. Edward C. C. A., Olatunji, F. O., Dina J. A., And Koleso, A. O. **The Development and Production of Soy-Ogi a Corn Based Complete Protein Food.** FIRO. Research Report No. 42.
- Anafia, R. B. 1997. **Pengaruh Penambahan Susu Skim dan Lama Fermentasi Terhadap Resiko Kimia dan Organoleptik Yoghurt Biji Kecapir.** Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Unika Widya Karya. Malang
- Anonymous. 1993. **Sub-part I-United State Standart For Sorghum.** <http://www.ch-non-food.com/sorghum%20US.pdf>. Tanggal akses 2 Desember 2007.
- _____. 1995. **Codex Standart For Sorghum Flour.** <http://www.codexalimentarius.net/download/standart/58/CXS173e.pdf>. Tanggal Akses 20 November 2007.
- _____. 1996. **Kacang-kacangan Sumber Serat Yang Kaya Gizi.** <http://www.ebookpangan.com/ARTIKEL/kacang-kacangan.pdf>. Tanggal akses 10 November 2007.
- _____. 1998. **Microbial Degradation of Tannins a Current Perspective.** <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fegi.htm>. Tanggal akses 5 Oktober 2008
- _____. 2001. **Tannins: Fascinating But Sometimes Dangerous Molecules.** <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagens/tanin>. Tanggal Akses 3 Oktober 2008.
- _____. 2004. **Yeast.** <http://en.wikipedia.org/wiki/yeast>. Tanggal akses 12 Juni 2007.
- _____. 2005a. **Tannin.** <http://www.suaramedia.com/harian/0206/15/ragam2.htm>. Tanggal Akses 5 Oktober 2008.

_____. 2005b. Chapter 2 Basic Principles of Fermentation.
<http://www.fao.org/docrep/x0560e/x0560e07.htm>. Tanggal Akses 15
September 2008.

_____. 2006. **Flavones, Flavonoid, and Flavonols**.
<http://skylinecollage.net/case/ref/564.pdf>. Tanggal Akses 3 Oktober
2008.

Appriyanto, A., D. Fardiaz, N. L. Puspita Sari, Sedarwati, dan S. Budiyanto. 1989.
Analisa Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat
Jendral Pendidikan Tinggi Pusat AntarUniversitas Pangan dan Gizi. IPB.
Bogor

Arthey, D. dan P.R. Ashurt, 2001. **Fruit Processing: Nutrition, Products and
Quality Management**. Second Edition. Aspen Publishers, Inc.
Maryland

Awika, J.M., L.W. Rooney, X.L. Wu, R.L. Prior, and L. Cisneros. 2003.
Antioxidant Properties of Sorghum Measured by Three Methods. In
J. A. Dahlberg, R. Kochenower, R. Klein, B. Rooney, S. Bean,
B.Pendleton, J. Stack, and B. Maunder (eds.) **Proc. 23rd Biennial
Grain Sorghum Research and Utilization Conference**, p. 34.
Albuquerque, New Mexico, U.S.Beta, T., L. W. Rooney, J.R.N. Taylor.
2000. **Effect of chemical conditioning on the milling of high-tannin
sorghum**. J. Sci. Food Agric 80:2216-2222.

Baron, J. M. 1989. **Friendly Bacteria Lactobacillus acidophilus &
Bifidobacterium**. Reserved by the The Roger Wyburn-Mason and Jack
M.Blount Foundation for Eradication of Rheumatoid Disease AKA The
Arthritis Trust of America.

Bennion, M. 1980. **The Science of Food**. John Eiley and Sons. New York.

Beta, T., L.W. Rooney, L.T. Marovatsanga and J.R.N. Taylor. 2000. **Effect of
Chemical Treatments on Polyphenols and Malt Quality in
Sorghum**. J. Cereal Sci. 31(2000);295-302

Brandt, L. A. 2001. **Prebiotics Enhance Gut Health**. Medical Research Council.
Dunn Clinical Nutrition Center. Cambridge. UK

Buckle, K.A; R.A Edwards; G. Fleet and M. Wootton. 1989. **Ilmu Pangan**.
Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono. UI Press. Jakarta.

Cambell-Platt, G. 1994. **Fermented Foods- A World Perspective**. Food
Research International. 27:253.

Canoe. 2001. **What is Fiber?**

http://www.canoe.ca/heat_musk/fiber_menu.htm. Tanggal akses 9 Januari 2008

Cappuccino, J.G and N. Sherman. 1983. **Microbiology a Laboratory Manual**.
Advison-Wesley Pub. Comp.Inc. USA

Chaven, U.D., J.K. Chavan and S.S. Kadam. 1988. **Effect of Fermentation On Soluble Proteins and In Vitro Digestibility of Sorghum, Greengram and Sorghum-Greengram blends**. Journal Foods Science. 53:1574.

Cholis, N. M. 2007. **Evaluasi Efek Sinbiotik Isolat Indigenus Asal Bekatul Padi *L. plantarum* B₂ dan Komersial *L. casei* Pada Medium Fermentasi Bekatul Secara *In Vivo***. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya.

Danlac Institute. 2002. **Starter Cultures and Starter Media**.
(<http://www.danlac.com/starter.culture.html>)

Dicko, H. M., Harry Gruppen, Alfred S. Traoré, Alphons G. J. Voragen and Willem J. H. van Berkel. 2005. **Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities**. Wageningen University. Netherlands.

Dugas, J. 2002. **Lactic Acid Bacteria In Laboratory manual For The Food Microbiology Laboratory**. In John L. (ed). University of Wisconsin Madison.

Duodu, K.G., J.R.N. Taylor, P.S. Belton and B.R. Hamaker. 2003. **Factors Affecting Sorghum Protein Digestibility**. J. Cereal Scie. 38(2003)117-131

Dwijoseputro, D. 1990. **Dasar-Dasar Mikrobiologi**. Djambatan. Malang.

Elkin, R.G., M.B. Freed, B.R. Hamaker, Y. Zhang and C.M. Parsons. 1996. **Condensed tannins are only partially responsible for variations in nutrient digestibilities of sorghum grain cultivars**. J. Agric. Food Chem. 44:848-853.

Elyas, S. H. A., Abdullahi H. El Tinay, Nabila E. Yousif, Elsiddiq A. E. Elsheikh. 2001. **Effect of Natural Fermentation on Nutritive Value and In Vitro Protein Digestibility of Perl Millet**. Department of Agriculture and Technology. Sudan.

- FAO. 1991. **Sorghum and Millets in Human Nutrition**. <http://www.fao.org/DOCREP/T0818e/T0818E01.htm>. Tanggal akses 23 Agustus 2008.
- Fardiaz, S. 1992. **Mikrobiologi Pangan**. PAU Pangan dan Gizi . IPB. Bogor.
- FMB Co. Inc. 2002 (<http://Fmbco.com/smbdgd01.htm>)
- Fennema, O.R. 1996. **Food Chemistry**. Marcel Dekker Inc. New York.
- Gilliyand, S.E. 1985. **Bacterial Starter Culture For Foods**. CRC pressInc. California.
- Giraud, E. Alain, C., Mairic. P., 1994. **Degradation of Raw Starch by Wild Amyolytic Strain of *Lactobacillus plantarum***. Applied and Environmental Microbiology: 4319-4323
- Hasan, A.B., Isam, A. M. A, Nuh, M. O., Mohamed M. Eltayep, Gammaa A. Osman, Elfadil, E. B. 2006. **Effect of Processing Treatment Followed by Fermentation on Protein Content and Digestibility of Perl Millet Cultivar**. Department of Food Science and Technology. University of Khartoum. Sudan.
- Henningsson, A. M., M. E. Bjork, and E. Margareta G. L. Nyman. 2002. **Combinations of Indigestible Carbohydrates Affect Short-Chain Fatty Acid Formation in The Hindgut of Rats**. The American Society for Nutritional Sciences J. Nutr. 132: 3098 – 3104
- Huda, N., Zakaria, R. F. dan Suparno. 2004. **Sifat Fungsional Bubuk Ikan Selar Kuning (*Selaroides leptoleptis*)**. Balitbang Pertanian. Jakarta.
- Hui, Y. H. 1992. **Encyclopedia of Food Science And technology**. Vol. 4. John Willey and sons. New York.
- Hulse, J. H., E. E. M. Lang and O. E. Pearson. 1980. **Composition of The Millets: Their Composition and Nutritive Value**. Academic Press. New York.
- Imansyah, B. S. 2007. **Makanan Fermentasi Sebagai Obat Diare**. <http://www.pikiranrakyat.com/cetak/0504/27/cakrawala/lainnya06html>. 28 oktober 2007
- Karpinnen, S. 2003. **Dietary Fibre Components of Rye Bran and Their Fermentation In Vitro**. Desertation. Faculty of Science, Department of Bioscience, Division of Biochemistry, University of Helsinki. Finland

Khattak, Ali Khan. 2002. **Physiological Effects of Dietary Complex Carbohydrates and Its Metabolites Role in Certain Diseases.** Pakistan Journal of Nutrition. 1 (4). P. 161 – 168

Kuswanto, K.R. dan S. Sudarmadji. 1988. **Proses-Proes Mikrobiologi Pangan.** PAU Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta.

Malik, K.A.1990. **Liquid Drying of Microorganisms Using A Simple Apparatus UNESCO/WWFCC.** Education Committee.Germany.
(<http://www.cbs.knaw.nl/publications/online/7liquid.htm>)

Meyer, L. H. 1978. **Food Chemistry.** Connecticut the AVI Publishing Company.

Miller, T. L. and J. M. Wolin. 1996. **Pathways of Acetate, Propionate, and Butyrate Formation by The Human Fecal Microbial Flora.** Applied and Environmental Microbiology Journal. p. 1589 – 1592

Mudjisihono, R. dan H. S. Suprpto. 1987. **Budidaya dan Pengolahan Sorgum.** Penebar Swadaya. Jakarta.

Nabais, R.M. and Malcata, F.X. 1995. **Optimizing of Lactic Fermentation of Slice Carrots.** Journal of Food Processing and Preservation. 19 : 427-449.

Narita, V. **Saccharomyces cereviceae Superjamur Yang Memiliki Sejarah Luar Biasa.** <http://www.kompas.com/kompas>. Tanggal akses 9 Mei 2007.

Naynie. 2007. **Pengeringan Kabinet Dryer.**
<http://naynienay.wordpress.com/2007/12/01/pengeringan-kabinet-dryer>.

Odufa, S.A., Adeyele,S.1985. **Microbiological Changes During The Traditional Production of Ogi Baba.** Journal Cereals science. 3:173-180.

Omafuvbe, O. B., Olumuyiwa, S. F., Bolanle A. Osuntogun, and Steve R. A. Adewusi. 2004. **Chemical and Biochemical Changes in African Locus Bean (*Parkia biglobosa*) and Melon (*Citrullus vulgaris*) Seeds During Fermentation to Condiments.** Department of Chemistry. University of Lagos. Nigeria.

Pelezar, M.J and R.D. Reid. 1998. **Microbiology.** Mc Graw Hill Book Comp. Inc. New York.

Ranggana, S. 1979. **Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products.** Mc. Graw Hill. New Delhi

- Ray, B. 1992. **Cells of Lactic Acid Bacteria as Food Biopreservatives** dalam Ray, B. dan Daeschel, M. (eds). **Food Biopreservatives of Microbial Origin**. CRC Press, Inc. New York
- Rosales, R. B. 1999. **Condensed Tannins in Tropical Forage Legumes: Their Characterisation and Study of Their Nutritional Impact From the Standpoint of Structure-activity Relationship**. Department of Agriculture, The University of Reading. Kansas State University.
- Roussos, S., B. K. Lonson, M. Raimbault and G. V. Gonzales. 1997. **Proceeding of The Second International Symposium On Solid State Fermentation of Montpellier-France**. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht (19:235-244 dan 20: 245-255)
- Salminen, S. and A. von Wright. 1993. **Lactic Acid Bacteria**. Marcell Dekker Inc. New York
- Santoso. 2002. **Sorgum Bisa Hijaukan Lahan Pantai**. <http://www.minggupagi.com/article.php?Sid=3874>. tanggal akses 2 Februari 2008.
- Shuler, M.L. and Kargi, F. 1992. **Bioprocess Engineerig** : Basic Concepts. Prentice Hall. Englewood-Cliffs. New Jersey. USA.
- Siringan, A. 2002. **Aseptic and Pure Culture Techniques**. (<http://www.sei.dost.gov.ph/intel-philsceincefair/tech.doc>)
- Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E. and Holth, J.G. 1986. **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology Vol.2** William and Wilkins. USA
- Steinkraus, K.H. 1983. **Hanbook of Indigenous Fermented Foods**. Marcel Dekker Inc. New York.
- Suarni. 2004. **Pemanfaatan Tepung Sorgum Untuk Produk Olahan**. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Makasar.
- Sudarmadji, S., B. Haryadi, dan Suhardi. 1997. **Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian**. Penerbit Liberty. Yogyakarta
- Suriawiria, V. I. 1996. **Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis**. Penerbit Alumni. Malang.
- Tamine, A.Y. and Robinson, R.K. 1989. **Yoghurt : Science and Technology** Pergamo Press. New York.

- Taib, G. 1998. **Operasi Pengeringan Pada Pengolahan Hasil Pertanian P.T** Mediatama Sarana Perkasa. Bogor.
- Taylor, J. 2003. **Allevation of the Adverse Effect of Cooking on Sorghum Protein Digestability Through Fermentation in Traditional African Porridges**. Cereal Food Research Unit, Department of Food Science. University of Pretoria. Pretoria. South Africa.
- UK. Center. 2002. **Starter Culture Yoghurt**. (<http://www.cip.ukcentre.com/yoghurt.htm>).
- Wibowo, D. 1990. **Dasar-Dasar Teknologi Fermentasi**. PAU Pangan dan Gizi. UGM. Yogyakarta.
- Winarno, F. G. Dan M. Aman. 1973. **Fisiologi Lepas Panen**. Departemen THP. FATEMATA. IPB. Bogor.
- Woo, H. D., S. J. Choi, H. J. Ha, R. B. Hamaker and T. W. Moon. 2004. **In Vitro Protein And Starch digestability of Sorghum in The Presence of Sodium Bisulfite**. IFT Annual Meeting, July 12-16 Las Vegas. NV.
- Wood. 1998. **Microbiology of Fermented Food**. Blackie Academic & Professional. New York.
- Yuwono, S.S. dan Susanto, T. 1997. **Pengujian Fisik Pangan. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian**. Fakultas Teknologi Pertanian-Universitas Brawijaya. Malang
- Zeleny, M. 1982. **Multiple Criteria Decision Making**. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Zubaidah, E. 1998. **Teknologi Pangan Fermentasi**. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Brawijaya . Malang.
- Zubaidah, E. 2006. **Pengembangan Pangan Probiotik Berbasis Bekatul**. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.

Lampiran 1. Prosedur Analisa

Analisa Kimia:

a. Penentuan Kadar Protein N-Amino (Sudarmadji dkk, 1997)

- Disiapkan 1 g sampel dan di masukkan kedalam labu ukur 50 ml
- Ditambahkan aquades sampai tanda batas lalu dihomogenkan
- Larutan diuapkan sampai volumenya 25 ml dan didinginkan
- Larutan disaring dengan kertas saring
- Filtrat yang didapatkan ditambahkan aquades sampai volumenya 50 ml dan ditambahkan 2 ml formalin 38% dan 2 tetes indikator pp

Perhitungan:

$$\text{N-Amino(\%)} = \frac{(\text{ml NaOH sampel} - \text{ml NaOH blanko}) \times \text{N NaOH} \times 14,008 \times \text{p}}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

Standarisasi Larutan NaOH 0,1 N

- Timbang 0,1 g asam oksalat dengan BM 126
- Masukkan kedalam erlenmayer 250 ml
- Ditambahkan aquades sebanyak 25 ml
- Ditambahkan larutan indikator pp sebanyak 2-3 tetes
- Titrasi dengan larutan NaOH sampai terbentuk warna merah jambu
- Ulangi sebanyak 3x ulangan

Perhitungan:

$$\text{N NaOH} = \frac{\text{berat asam oksalat (g)}}{0,126 \times \text{ml NaOH}}$$

b. Penentuan Total Asam (Rangana, 1979)

- 10 g sampel diambil dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml
- Ditambahkan aquades sampai tanda batas lalu dihomogenkan dan disaring
- Filtrat diambil 50 ml dan dimasukkan kedalam erlenmayer
- Ditambahkan indikator pp1% sebanyak 2-3 tetes
- Dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda

Perhitungan:

$$\text{Total Asam (\%)} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times P \times \text{BM Asam}}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

Standarisasi Larutan NaOH 0,1 N

- Timbang 0,1 g asam oksalat dengan BM 126
- Masukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml
- Ditambahkan aquades sebanyak 25 ml
- Ditambahkan larutan indikator pp sebanyak 2-3 tetes
- Titrasi dengan larutan NaOH sampai terbentuk warna merah jambu
- Ulangi sebanyak 3x ulangan

Perhitungan:

$$N \text{ NaOH} = \frac{\text{berat asam oksalat (g)}}{0,126 \times \text{ml NaOH}}$$

c. Analisa Protein (AOAC, 1990)

- Ditimbang sampel sebanyak $\pm 0,2-1$ g
- Cawan yang telah di isi sampel dimasukkan kedalam labu kjeldahl
- Selanjutnya ditambahkan 1 pucuk sendok (2 ml) asam sulfat pekat

- Kemudian didestruksi, mula-mula dengan suhu rendah sampai suhu tinggi ($\pm 450\text{ }^{\circ}\text{C}$) dan dilakukan dalam almari asam selama $\pm 2\text{-}3$ jam (larutan sampai jernih)
- Kemudian diangkat dan didinginkan
- Ditambahkan aquades 75 ml
- Dipasang pada alat destruksi, kemudian ditambahkan NaOH 40% sebanyak 15 ml
- Dipanaskan selama ± 15 menit
- NH_3 yang terbentuk ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 5 ml asam borat 4%
- Larutan dalam Erlenmeyer dititrasi dengan HCL 0,02 N sampai terjadi perubahan warna dari hijau muda menjadi ungu muda
- Volume HCL yang terpakai dicatat
- Rumus perhitungan:

$$\%N = \frac{14,01 \times V \times N}{W} \times 100 \times FK$$

Keterangan:

N = normalitas HCL

W = berat sampel (mg)

V = volume larutan HCL sampel – blanko (ml)

FK = faktor koreksi

d. Penentuan Kadar Pati (Sudarmadji dkk, 1997)

- Timbang 2-5 g sample yang berupa bahan padat yang telah dihaluskan atau bahan cair dalam gelas piala 250 ml, tambahkan 50 ml aquades dan aduk selama 1 jam
- Suspensi disaring dengan kertas saring dan cuci dengan aquades sampai volume filtrat 250 ml. filtrat ini mengandung karbohidrat yang larut dan dibuang
- Untuk bahan yang mengandung lemak, maka pati yang terdapat sebagai residu pada kertas saring dicuci 5x dengan 10 ml eter, biarkan eter menguap dari residu, kemudian cuci lagi dengan 150 ml alkohol 10% untuk membebaskan karbohidrat yang terlarut
- Residu dipindahkan secara kuantitatif dari kertas saring kedalam erlenmeyer dengan pencucian 200ml aquades dan ditambahkan 20ml HCL 25% (BJ=1,125), tutup dengan pendingin balik dan panaskan diatas penangas air mendidih selama 2,5 jam
- Setelah dingin netralkan dengan larutan NaOH 45% dan encerkan sampai volume 250 ml, kemudian disaring. Tentukan kadar gula yang dinyatakan sebagai glukosa dari filtrat yang diperoleh.

Perhitungan:

Beat pati = berat glukosa x 0,9

e. Analisa Kadar Air (AOAC, 1990)

- Timbang dengan teliti 2-10 g sampel pada cawan logam yang telah diketahui beratnya
- Masukkan cawan yang telah berisi sampel kedalam oven selama 5-6 jam pada suhu 98-100 °C
- Keluarkan cawan yang berisi sampel tersebut dari dalam oven, kemudian didinginkan pada desikator, sampel; segera ditimbang mencapai suhu kamar
- Masukkan cawan kedalam oven kembali, dikeringkan lagi selama 1-2 jam dan ditimbang
- Proses tersebut diulangi sampai diperoleh berat konstan dengan perbedaan berat tidak lebih dari 2 mg. Kehilangan berat tersebut dihitung sebagai prosentase kandungan air dan dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

f. Analisa Nilai Cerna Protein (AOAC, 1990)

Dilakukan dengan cara invitro:

- Sebanyak 20 mg sampel dilarutkan kedalam 9 ml 0,1 N buffer pole pH 2,0
- Kemudian ditambahkan 1 ml enzim pepsin 2% dan diinkubasi selama 5 jam pada suhu 30°C di dalam waterbath bergoyang
- Selanjutnya disentrifugasi pada 300 rpm selama 20 menit dan mengambil supernatant sebanyak 5 ml, kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi
- Ke dalam supernatant tersebut ditambahkan 5 ml TCA konsentrasi 20% dan diinkubasi pada suhu kamar selama 15 jam

- Selanjutnya disaring dengan kertas whatman no. 41
- Nitrogen protein dalam filtrat tersebut dianalisa dengan mikro kjeldahl dan hasil perhitungannya sebagai berikut:
- % Protein tercerna = $\frac{\text{mg N dalam filtrat} \times 6,25 \times \text{faktor pengenceran}}{\text{mg bahan} \times \% \text{ protein bahan}} \times 100\%$

g. Analisa Kadar Total Gula (Apriyantono, 1989)

Pembuatan Kurva Standar

1. Pipet ke dalam tabung reaksi 0.0 (blanko), 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, dan 1.0 ml larutan glukosa standar. Tambahkan air sampai total volume masing-masing tabung reaksi 1.0 ml
2. Tambahkan dengan cepat 5 ml pereaksi Anthrone ke dalam masing-masing tabung reaksi
3. Tutup tabung reaksi (dapat digunakan kelereng) campur merata
4. Tempatkan dalam waterbath 100°C selama 12 menit (rendam dalam air mendidih)
5. Dinginkan dengan cepat menggunakan air mengalir
6. Pindahkan kedalam kuvet, baca absorbansinya pada 630 nm
7. Buat kurva hubungan antara absorbansi dengan mg glukosa

Penetapan Sampel

1. Masukkan 1 ml sampel (dari persiapan sampel) ke dalam tabung reaksi
2. Selanjutnya lakukan tahap (2) sampai (6) seperti pada pembuatan kurva standar
3. Tentukan konsentrasi total gula dalam sampel

h. Kadar Abu (Sudarmadji dkk, 1997)

1. Ditimbang bahan 6 gram dalam kurs porselin yang kering dan telah diketahui beratnya.
2. Dipijarkan dalam muffle sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan.
3. Dimasukkan kurs dan abu ke dalam desikator dan ditimbang berat abu setelah dingin.

$$\% \text{ Abu} = \frac{\text{Berat Abu (g)}}{\text{Barat Bahan (g)}} \times 100\%$$

i. Kadar Serat (Sudarmadji dkk, 1997)

1. Ditimbang 2 g sampel yg telah di ekstrak lemaknya, kemudian dipindahkan kedalam erlenmeyer 600 ml
2. Tambahkan 200 ml larutan H₂SO₄ mendidih 0,255 N dan ditutup dengan pendingin balik, didihkan selama 30 menit
3. Suspensi disaring melalui kertas saring dan residu yang tertinggal dalam Erlenmeyer dicuci dengan aquades mendidih. Cucilah residu dalam kertas saring sampai air cucian tidak bersifat asam lagi (uji dengan kertas lakmus)
4. Pindahkan secara kuantitatif residu dari kertas saring ke dalam Erlenmeyer kembali dengan spatula, dan sisanya dicuci dengan larutan NaOH mendidih 0,313 N sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk ke dalam Erlenmeyer. Didihkan dengan pendingin balik selama 30 menit.
5. Saringlah melalui kertas saring yang diketahui beratnya atau krus Gooch yang telah dipijarkan dan diketahui beratnya, sambil dicuci dengan larutan

K₂SO₄ 10%. Cuci lagi residu dengan aquades mendidih dan kemudian dengan 15 ml alcohol 95 %

6. Keringkan kertas saring atau kurs dengan isinya pada 110°C sampai tercapai berat konstan. dinginkan dalam desikator dan timbang.

Berat residu = berat serat kasar

j. Kadar tanin (Awika and Rooney, 2003)

1. Diambil 1 gram sampel dan ditambahkan 40 ml etanol 80%, aduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam, lalu sentrifus dengan kecepatan 8000 rpm, pada suhu 20°C selama 15 menit.
2. Filtrat pada sentrifuse pertama disimpan, lalu endapan dilakukan ekstraksi ulang dengan menggunakan setengah dari bahan. Filtrat hasil ekstraksi kedua dicampur ditera sampai 100 ml dengan aquades (filtrat fenol).
3. Kemudian diambil 1 ml filtrat dan ditambahkan 4 ml reagen folin 10% serta 5 ml Na₂CO₃. Setelah itu dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 765 nm.
4. Di sisi lain, filtrat fenol tersebut kemudian ditambahkan 1% NaCl dalam 10 % gelatin. Distirer selama 30 menit, dan disentrifuse 3000 rpm selama 5 menit.
5. Filtrat (fenol non tanin) hasil ekstraksi tersebut kemudian diambil 1 ml dan ditambahkan 4 ml reagen folin 10% serta 5 ml Na₂CO₃.
6. Setelah itu dibaca absorbansinya pada panjang gelombang 765 nm. Kadar tanin didapat dengan mengurangi kadar total fenol dengan kadar fenol non taninnya.

Analisa Fisik

a. Penyerapan Uap Air (Yuwono dan Susanto, 1998)

- Stoples kaca diisi air setengah dari tingginya
- Sampel seberat 1,5 g disiapkan dalam cawan petri yang telah diketahui beratnya, sampel tidak boleh kontak dengan air kemudian stoples ditutup rapat
- Setelah 4 jam sampel diambil dan ditimbang beratnya

Perhitungan:

$$\text{Nilai penyerapan uap air} = \frac{\text{berat akhir} - \text{berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

b. Analisa Warna (Susanto dan Yuwono, 1998)

Menentukan skala warna berdasarkan standar warna yang telah ditentukan dengan menggunakan alat *colour reader* dengan tahapan sebagai berikut:

- Menyiapkan sampel,
- Menghidupkan *colour reader*
- Menentukan target pembacaan $L^*a^*b^*$ *color space* atau $L^*C^*H^*$,
- Memulai pengukuran warna

Keterangan :

L : untuk parameter kecerahan (Lightness)

A dan b untuk koordinat kromatisitas

C untuk kroma

H untuk sudut hue (warna)

Lampiran 2. Pemilihan Perlakuan Terbaik (Zeleny, 1982)

Untuk menentukan perlakuan terbaik digunakan metode “*multiple attribute*” dengan prosedur pembobotan sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai ideal masing-masing parameter

Nilai ideal adalah nilai yang sesuai dengan pengharapan, yaitu maksimal atau minimal dari suatu parameter. Untuk parameter dengan rerata semakin tinggi semakin baik, maka nilai terendah sebagai nilai terjelek dan nilai tertinggi sebagai nilai terbaik.

- b. Menghitung derajat kerapatan (dki)

Derajat kerapatan dihitung berdasar nilai ideal untuk masing-masing parameter.

- Bila nilai ideal (x^*i) minimal maka:

$$dki = \frac{Xik}{Xi} = \frac{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}{\text{nilai dari } m \sin g - m \sin g \text{ alternatif}}$$

- Bila nilai ideal (x^*i) maksimal, maka:

$$dki = \frac{Xik}{Xi} = \frac{\text{nilai dari } m \sin g - m \sin g \text{ alternatif}}{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}$$

- c. Menghitung jarak kerapatan (**Lp**)

Dengan asumsi semua parameter penting, jarak kerapatan dihitung berdasarkan jumlah parameter = 1/ jumlah parameter.

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_{10} = 1/10 = 0,100$$

L1= menjumlah derajat kerapatan dari semua parameter pada masing-masing perlakuan

$$\mathbf{L1} = (\lambda_1, k) = 1 - \sum (\lambda_i \cdot 1x \cdot dki)$$

$$L2 = (\lambda 1, k) = \sum \{\lambda_i^2 (1 - d_{ki})^2\}$$

$L \sim = \max \{\lambda_i (1 - d_{ki})\}$; dipilih nilai maksimal dari perhitungan di atas

- d. Perlakuan terbaik dipilih dari perlakuan yang mempunyai nilai $L1$, $L2$ dan $L \sim$ minimal.

Contoh Perhitungan Perlakuan Terbaik

- a. Asumsi nilai ideal (d_{ki}) untuk masing-masing alternatif:

Parameter	Asumsi Nilai Ideal (x^*i)
Kadar Protein	Nilai maksimal
Daya Cerna Protein	Nilai maksimal
N-Amino	Nilai maksimal
Kadar Pati	Nilai maksimal
Total Asam	Nilai minimal
Kadar Air	Nilai minimal
Daya Serap Uap Air	Nilai minimal
Kelarutan Dalam Air	Nilai maksimal
Tingkat Kecerahan (L^*)	Nilai maksimal
Tingkat Kekuningan (b^*)	Nilai minimal
Tingkat Kemerahan (a^*)	Nilai maksimal

- b. Derajat Kerapatan (d_{ki})

- Bila nilai ideal (x^*i) maksimal, maka:

$$d_{ki} = \frac{X_{ik}}{X_i} = \frac{\text{nilai dari masing-masing alternatif}}{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}$$

Misalnya, Daya cerna protein (nilai ideal maksimal) pada alternatif K1F1:

$$D_{ki} = \frac{74,813}{92,013} = 0,813$$

- Bila nilai ideal (x^*i) minimal, maka:

$$d_{ki} = \frac{X_{ik}}{X_i} = \frac{\text{nilai kenyataan yang mendekati ideal}}{\text{nilai dari masing-masing alternatif}}$$

Misalnya, kadar protein (nilai ideal minimal) pada alternatif K1F1:

$$D_{ki} = \frac{15,303}{17,200} = 0,890$$

$$17,200$$

c. Jarak Kerapatan

Diasumsikan semua parameter penting : $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_7 = 1/12 = 0,083$

$$L_1 = (\lambda_1, k) = 1 - \sum (\lambda_i \cdot 1 \times d_{ki})$$

$$= 1 - \{ (0,083 \times 0,813) + (0,083 \times 1,000) + \dots \}$$

$$= 0,240$$

$$L_2 = (\lambda_1, k) = \sum \{ \lambda_i^2 (1 - d_{ki})^2 \}$$

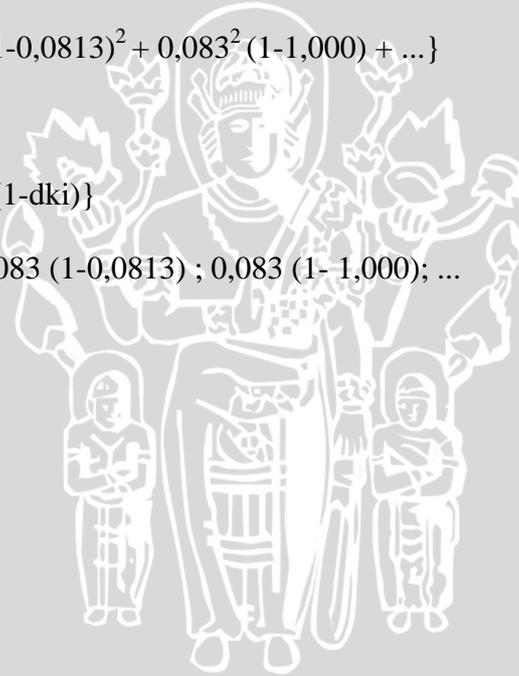
$$= \{ 0,083^2 (1 - 0,0813)^2 + 0,083^2 (1 - 1,000) + \dots \}$$

$$= 0,009$$

$$L_{\sim} = \text{maks} \{ \lambda_i (1 - d_{ki}) \}$$

$$= \text{maks} \{ 0,083 (1 - 0,0813) ; 0,083 (1 - 1,000) ; \dots \}$$

$$= 0,066$$



Lampiran 3. Hasil Analisa Bahan Baku

Data Bahan Baku (Tepung Sorgum)

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	I	II	III	
Kadar Protein	12,440	11,280	11,650	11,790
Kadar Pati	64,240	65,780	64,570	64,863
Kadar Tanin	0,937	0,926	0,915	0,926
Kadar Air	8,770	9,370	9,010	9,050
Kadar Abu	2,380	2,140	2,110	2,210
N-Amio	1,980	1,990	1,950	1,973
Total Gula	6,120	6,010	7,140	6,423
Total Asam	0,080	0,100	0,090	0,090
Daya Cerna Protein	38,890	40,270	37,510	38,890
Kadar Serat	4,250	3,970	3,890	4,037
Kecerahan (L)	62,100	62,700	62,400	62,400
Kemerahan (a*)	24,900	23,700	23,100	23,900
Kekuningan (b*)	12,200	12,500	12,100	12,267



Lampiran 6. Analisa Kontrol

Data Analisa Kontrol (Tepung Sorgum Yang difermentasi Dengan Ragi Tape)

Perlakuan	Ulangan			Rerata
	I	II	III	
Kadar Protein	15,770	15,370	15,540	15,560
Kadar Pati	53,690	53,880	53,160	53,577
Kadar Tanin	0,430	0,390	0,410	0,410
Kadar Air	5,570	5,240	5,400	5,403
Kadar Abu	1,670	1,710	1,720	1,700
N-Amio	3,280	3,050	3,340	3,223
Total Gula	19,880	20,450	20,890	20,407
Total Asam	0,340	0,360	0,340	0,347
Daya Cerna Protein	4,800	4,650	4,770	4,740
Kadar Serat	2,620	2,580	2,520	2,573
Kecerahan (L)	56,500	56,100	54,700	55,767
Kemerahan (a*)	15,200	15,900	16,700	15,933
Kekuningan (b*)	18,200	19,700	18,800	18,900



Lampiran 8. Gambar Produk



**Gambar Tepung Sorgum Perlakuan Terbaik
(Kultur Kering 4% dan Fermentasi 24 jam)**



**Gambar Kontrol
(Ragi 4% dan Fermentasi 24 jam)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.

