

**KAJIAN PERUBAHAN BIOKIMIAWI STAKHIOSA DAN ASAM LEMAK
ESSENSIAL PADA TEMPE KEDELAI (*Glycine max*) SELAMA PROSES
FERMENTASI**



Oleh :

**Rully Triwibowo
H 0606026**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN**

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

commit to user
2011

PERNYATAAN

Dengan ini kami selaku tim pembimbing skripsi mahasiswa program sarjana,

Nama : Rully Triwibowo

NIM : H 0606026

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Menyetujui naskah publikasi ilmiah atau naskah penelitian sarjana yang disusun oleh yang bersangkutan dan dipublikasikan (dengan atau tanpa*) mencantumkan nama tim pembimbing sebagai *Co-Author*.

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir. MAM Andriani, MS
NIP. 19500525 198609 2 001

Setyaningrum Ariviani, S.TP.M.Sc.
NIP. 19760429 200212 2 002

* coret yang tidak perlu

**KAJIAN PERUBAHAN BOKIMIAWI STAKHIOSA DAN ASAM
LEMAK ESSENSIAL PADA TEMPE KEDELAI (*Glycine max*) SELAMA
PROSES FERMENTASI**

Rully Triwibowo¹

Ir. MAM Andriani, MS² Setyaningrum Ariviani, STP,M.Sc.³

ABSTRAK

Tempe kedelai merupakan makanan yang sangat dikenal oleh masyarakat Indonesia. Tempe kedelai diketahui mempunyai kadar stakhiosa penyebab terjadinya flatulensi yang lebih rendah dibanding kedelai. Tempe kedelai juga diketahui mempunyai kadar asam lemak essensial (asam oleat, linoleat, dan linolenat) yang lebih tinggi dibanding kedelai.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar stakhiosa dan asam lemak essensial (asam oleat, linoleat dan linolenat) selama proses fermentasi. Penentuan stakhiosa menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatography* (AOAC 1999). Penentuan kadar asam lemak essensial meliputi asam oleat, linoleat dan linolenat menggunakan metode *Gas Chromatography* (Park dan Goins, 1994). Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif waktu fermentasi yang optimal ditinjau dari kadar stakhiosa yang paling rendah dan kadar asam lemak essensial yang tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar stakhiosa tempe kedelai semakin menurun seiring semakin lama fermentasi. Persentase penurunan kadar stakhiosa tertinggi pada 24 jam waktu fermentasi. Sedangkan perubahan kadar asam oleat, asam linoleat maupun asam linolenat tempe kedelai selama 96 jam fermentasi mempunyai pola yang sama. Kadar asam lemak essensial terendah terdapat pada 48 jam waktu fermentasi dan tertinggi pada 96 jam waktu fermentasi.

Kata kunci: Tempe Kedelai (*Glycine max*), Stakhiosa, Asam lemak essensial.

1) Mahasiswa Jurusan/Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta dengan NIM H0606026

2) Pembimbing Utama

3) Pembimbing Pendamping

**THE STUDY OF STAKIOSA AND ESSENTIAL FATTY ACIDS
BIOCHEMICAL CHANGES IN SOYBEAN TEMPEH (*Glycine max*)
DURING FERMENTATION PROCESS.**

Rully Triwibowo¹

Ir. MAM Andriani, MS² Setyaningrum Ariviani, STP,M.Sc.³

ABSTRACT

Soybean tempeh is a food that is known by the people of Indonesia. It is known to have levels of stakiosa which causes flatulensi lower than soybean. It is also known to have levels of essential fatty acids (oleic acid, linoleic, and linolenic), which is higher than soybean.

This study aims to determine changes in levels of stakiosa and essential fatty acids (oleic acid, linoleic, and linolenic) during the fermentation process. The determination of stakiosa used High Performance Liquid Chromatography method (AOAC 1999). The determination of essential fatty acids include oleic acid, linoleic, and linolenic used Gas Chromatography method (Park and Goins, 1994). This research are expected to provide an alternative optimal fermentation time observed from the lowest level of stakiosa and the high level of essential fatty acid.

The results showed that stakiosa levels of soybean tempeh decreased over the longer fermentation. The percentage of the highest decrease level of stakiosa found in 24 hours fermentation. While changes in level of oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid in soybean tempeh fermentation for 96 hours has the same pattern. The lowest level of essential fatty acids found in 48 hours fermentation time and the highest in 96 hours fermentation.

Key words : soybean tempeh (*Glycine max*), stakiosa, essential fatty acids

1) Student of Agricultural Technology Department, Agricultural Faculty, Sebelas Maret University

2) Supervisor

3)

4)

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tempe adalah produk fermentasi yang amat dikenal oleh masyarakat Indonesia dan telah mulai digemari pula oleh berbagai kelompok masyarakat di dunia. Tempe dapat dibuat dari berbagai bahan. Tetapi yang biasanya dikenal sebagai tempe oleh masyarakat pada umumnya ialah tempe yang dibuat dari kedelai (Kasmidjo, 1990).

Melalui proses fermentasi, tempe kedelai menjadi lebih enak dan meningkat nilai nutrisinya. Tempe yang masih baru (baik) memiliki rasa dan bau yang spesifik. Fermentasi tempe mampu menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan yang terdapat pada kedelai (Astawan, 2004).

Indonesia merupakan negara produsen tempe terbesar di dunia dan menjadi pasar kedelai terbesar di Asia. Sebanyak 50% dari konsumsi kedelai di Indonesia dilakukan dalam bentuk tempe, lalu 40% tahu, dan 10% dalam bentuk produk lain (seperti tauco, kecap, dan lain-lain). Konsumsi tempe rata-rata per orang per tahun di Indonesia saat ini diduga sekitar 6,45 kg (Anonim, 2008^a). Tempe kedelai merupakan makanan berbahan baku kedelai yang dibuat dari proses fermentasi yang pada umumnya menggunakan aktivitas beberapa jenis kapang *Rhizopus*, seperti *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae*. Kandungan gizi tempe kedelai tidak kalah dengan pangan lainnya yaitu karbohidrat, lemak dan protein yang cukup tinggi serta mudah dicerna oleh tubuh (Anwar, 1994).

Tempe kedelai berpotensi untuk melawan radikal bebas, sehingga dapat melambatkan proses penuaan dan mencegah terjadinya penyakit degeneratif (*arteriosclerosis*, jantung koroner, diabetes, kanker, dan lain-lain). Selain itu tempe kedelai juga mudah dicerna oleh tubuh dibandingkan kedelai dan mengandung zat antibakteria penyebab diare, penurunan kolesterol darah, pencegah penyakit jantung, hipertensi, dan lain-lain. Oleh karena itu, tempe kedelai sangat baik untuk diberikan kepada segala kelompok umur (dari bayi hingga lanjut usia), sehingga bisa disebut sebagai makanan semua umur.

Namun begitu, masih ada kandungan pada tempe kedelai yang berpotensi merugikan kesehatan manusia yaitu adanya oligosakarida (stakhiosa dan rafinosa,) yang dapat menyebabkan flatulensi (Astawan, 2004).

Dilaporkan bahwa *Rhizopus oryzae*, mensekresi enzim amilase yang dapat mendegradasi senyawa senyawa karbohidrat dan senyawa senyawa penyebab flatulen pada tempe, kemudian dilaporkan juga *Rhizopus oligosporus* yang menghasilkan enzim α -galaktosidase memiliki kemampuan untuk memetabolisasikan senyawa oligosakarida penyebab flatulen tersebut sehingga terdegradasi. Dilaporkan juga bahwa dalam usar (nama umum inokulasi pada tempe yang berupa daun) dari Malang, Jawa Timur dijumpai *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus arrius* dan *Mucor rouxii* sedangkan dalam starter tempe dari Solo (Surakarta) didapatkan *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus stolonifer* (Kasmidjo 1990 ; Rehmz & Barz 1995, Wiesel et al., 1997 dalam Xin-Mei Feng, 2006).

Tempe kedelai juga mengandung berbagai unsur yang bermanfaat, seperti hidrat arang, protein, karbohidrat, serat, vitamin, enzim, daidzein, genistein, komponen anti-bakteri serta lemak (Anonim, 2009^a).

Lemak adalah unsur makanan yang penting karena selain nilai energinya yang tinggi, lemak merupakan pelarut beberapa vitamin yang terdapat dalam makanan (Martin, 1992).

Lemak dalam biji kedelai merupakan senyawa cadangan energi yang terdiri dari trigliserida dengan sedikit fosfolipida (termasuk lesitin) dan senyawa senyawa derivat trigliserida seperti zat warna, sterol dan tokoferol (Kasmidjo 1990).

Selama fermentasi tempe terjadi proses degradasi lemak oleh kapang, sehingga akhirnya dapat dibebaskan menjadi asam lemak, komponen utama asam lemak dari trigliserida tempe kedelai adalah asam-asam lemak tak jenuh yang merupakan asam lemak essensial, yaitu didominasi oleh asam linoleat, asam linolenat dan asam oleat. Asam linoleat berperan dalam pertumbuhan, pemeliharaan membran sel, pengaturan metabolisme kolesterol, menurunkan tekanan darah, menghambat lipogenesis hepatic, transport lipid, prekursor

dalam sintesis prostaglandin, membentuk arakhidonat dan dalam proses reproduksi (Pudjiadi, 1997), sedangkan asam lemak jenuh komponen trigliserida kedelai ialah asam palmitat dan asam stearat, selain itu nilai gizi asam lemak essensial dalam minyak nabati kedelai (asam lemak tidak jenuh) dapat mencegah timbulnya *arteriosclerosis* atau penyumbatan pembuluh darah (Ketaren, 1986)

Dilaporkan bahwa lebih dari sepertiga lemak netral dari kedelai terhidrolisis oleh enzim lipase yang dihasilkan oleh aktivitas *Rhizopus oligosporus* selama fermentasi (Sutedja, 1978).

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu adanya penelitian tentang perubahan kadar biokimiawi stakhiosa (sumber penyebab terjadinya flatulensi) serta asam lemak essensial yang didominasi oleh asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat akibat aktivitas ragi atau mikrobial pada tempe kedelai selama berbagai periode waktu fermentasi.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi tempe kedelai terhadap perubahan kadar stakhiosa ?
2. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi tempe kedelai terhadap perubahan kadar asam lemak essensial (asam linoleat, asam linolenat, asam oleat) ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perubahan kadar stakhiosa pada tempe kedelai selama fermentasi
2. Mengetahui perubahan kadar asam lemak essensial (asam linoleat, asam linolenat, asam oleat) pada tempe kedelai selama fermentasi

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan alternatif waktu fermentasi tempe kedelai yang optimal ditinjau dari kadar stakhiosa yang paling rendah
2. Memberikan alternatif waktu fermentasi tempe kedelai yang optimal ditinjau dari kadar asam lemak tak jenuh (asam linoleat, asam linolenat, asam oleat) sebagai asam lemak essensial



II. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Kedelai

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang penting di Indonesia, (tertera pada Gambar-2.1) Kebutuhan akan kedelai meningkat setiap tahunnya. Diperkirakan setiap tahunnya kebutuhan akan biji kedelai adalah $\pm 1,8$ juta ton dan bungkil kedelai sebesar $\pm 1,1$ juta ton (Anonim 2009^b).

Kedelai atau *Glycine max* (L) Merr termasuk familia *Leguminosae*, sub famili *Papilionaceae*, genus *Glycine max*, berasal dari jenis kedelai liar yang disebut *Glycine unriensis*. Menurut Ketaren (1986), secara fisik setiap kedelai berbeda dalam hal warna, ukuran dan komposisi kimianya. Perbedaan secara fisik dan kimia tersebut dipengaruhi oleh varietas dan kondisi dimana kedelai tersebut dibudidayakan. Biji kedelai tersusun tiga komponen utama, yaitu kulit, daging (kotiledon), dan hipokotil dengan perbandingan 8:90:2. Komposisi kedelai adalah 40,5% protein, 20,5% lemak, 22,2% karbohidrat, 4,3% serat kasar, 4,5% abu, dan 6,6% air (Snyder and Kwon, 1987).



Gambar 2.1 Tanaman dan Biji Kedelai (Anonim, 2009^a)

Komposisi kimia kedelai kering per 100 gr biji adalah kalori sebesar 331 kkal, protein sebesar 34,9 gr, lemak sebesar 18,1 gr, karbohidrat 34,8 gr, kalsium 227 mg, fosfor 585 gr, besi 8 mg dan Vitamin A 110 SI. Protein merupakan salah satu komponen yang cukup besar dari tempe kedelai disusul karbohidrat dan lemak. (Direktorat Gizi Depkes RI. 1972 dalam Koswara, 1992).

Kandungan lemak kedelai kira-kira sebesar 18-23 %. Kedelai merupakan sumber asam lemak essensial linoleat dan oleat. Kandungan utama asam lemak kedelai adalah asam lemak tidak jenuh. Kandungan asam lemak tidak jenuh kedelai sebesar 78,69 % dan asam lemak jenuhnya 14,49 % (Smith and Circle, 1978 dalam kasmidjo 1990).

Komposisi asam lemak essensial pada kedelai terdiri dari asam linoleat sebesar (15-64 %), asam oleat sebesar (11-60 %) dan asam linoleat sebesar (1-12%). (Bailey,A.E, 1950 dalam Ketaren 1986)

Dalam kedelai terdapat tiga jenis isoflavon, yaitu daidzein, glisitein, dan genistein. Pada tempe, di samping ketiga jenis isoflavon tersebut juga terdapat antioksidan faktor II (6,7,4 trihidroksi isoflavon) yang mempunyai sifat antioksidan paling kuat dibandingkan dengan isoflavon dalam kedelai. Antioksidan ini disintesis pada saat terjadinya proses fermentasi kedelai menjadi tempe oleh bakteri *Micrococcus luteus* dan *Coreyne bacterium* (Astawan, 2003).

2. Tempe Kedelai

Tempe adalah produk fermentasi dari kacang kedelai (*Glycine max*) yang dihasilkan oleh aktivitas kapang *Rhizopus sp.* Proses fermentasi menyebabkan sejumlah protein, lemak dan karbohidrat mengalami degradasi menjadi fraksi-fraksi yang lebih sederhana dan lebih mudah dicerna daripada bahan asalnya (Anwar, 1994)

Tempe kedelai (tertera pada Gambar-2.2) merupakan makanan hasil fermentasi tradisional berbahan baku kedelai dengan bantuan jamur *Rhizopus oligosporus*. Mempunyai ciri-ciri berwarna putih, tekstur kompak dan flavor spesifik. Warna putih disebabkan adanya miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Tekstur yang kompak juga disebabkan oleh miselia-miselia jamur yang menghubungkan antara biji-biji kedelai tersebut. Terjadinya degradasi komponen-komponen dalam kedelai menyebabkan terbentuknya flavor spesifik setelah fermentasi (Kasmidjo, 1990).

Tempe yang baik adalah tempe yang tampak kompak, seluruh bahan diselaputi miselium kapang yang berwarna putih, tidak bernoda hitam akibat timbulnya spora, tidak berlendir, mudah diiris, tidak busuk dan tidak berbau amoniak.

Proses pembuatan tempe meliputi beberapa tahap yaitu perebusan kedelai, perendaman, pengupasan kulit kedelai, penirisan dan pendinginan, inokulasi dengan kapang tempe, pengemasan dan inkubasi (Shurtleff & Aoyagi, 1980)

Sebagai makanan tradisional tempe kedelai berpotensi untuk digunakan melawan radikal bebas, sehingga dapat menghambat proses penuaan dan mencegah terjadinya penyakit degeneratif (*arteriosclerosis*, jantung koroner, diabetes melitus, kanker, dan lain-lain) (Astawan, 2003).



Gambar 2.2 Produk Tempe (Anonim, 2009^b)

Komposisi kimia dari pengolahan kedelai menjadi tempe adalah protein sebesar 18,3%, nitrogen sebesar 2,9%, lemak sebesar 4%, dan karbohidrat 12,7%. Protein merupakan salah satu komponen yang cukup besar dari tempe kedelai disusul karbohidrat dan lemak, data dari Steinkraus (1960); Hermana (1996); dalam Kasmidjo (1990). Sedangkan Cahyadi, 2006 melaporkan bahwa akibat pengolahan kedelai menjadi tempe, kadar nitrogen totalnya sedikit bertambah, kadar abu meningkat, tetapi kadar lemak dan kadar nitrogen asal proteinnya berkurang, komposisi kimianya yaitu protein kasar sebesar 41,5% (db), serat kasar sebesar 3,4% (db), minyak kasar sebesar 22,2% (db), dan karbohidrat 29,6% (db).

Selama pembuatan tempe terjadi kenaikan suhu sampai 40°C. Kondisi uap air, oksigen, dan panas serta zat gizi harus cukup dan tidak boleh berlebihan. Apabila kondisi pemeraman sesuai maka miselium kapang akan tumbuh dan mengeluarkan enzim protease, lipase, dan amilase ke

lingkungan sekitarnya. Enzim-enzim tersebut akan menguraikan protein, lemak, dan karbohidrat yang terdapat pada kepingan biji kedelai menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti asam amino, asam lemak, dan glukosa (Ali, 2008).

Proses pembuatan tempe melibatkan tiga faktor pendukung, yaitu bahan baku yang dipakai (kedelai), mikroorganismenya (kapang tempe), dan keadaan lingkungan tumbuh (suhu, pH, dan kelembaban). Dalam proses fermentasi tempe kedelai, substrat yang digunakan adalah biji kedelai yang telah direbus dan mikroorganismenya yang digunakan berupa kapang antara lain *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus stolonifer* (dapat terdiri atas kombinasi dua spesies atau ketiganya) dan lingkungan pendukung yang terdiri pH awal 6.8 dan kelembaban nisbi 70 - 80% (Ferlina, 2009).

Pada tahap inokulasi terjadi fermentasi oleh *Rhizopus sp* yang diperoleh dari laru daun, laru tempe maupun tepung ragi. Laru tempe paling sedikit mengandung tiga spesies kapang dari genus *Rhizopus*, yaitu *R. oligosporus*, *R. oryzae*, dan *R. stolonifer* atau *R. chlamydosporus*. Pada proses pembuatan tempe *R. oligosporus* mensintesis enzim pemecah protein (protease) lebih banyak sedangkan *R. oryzae* lebih banyak mensintesis enzim pemecah pati (α -amilase). Kapang memerlukan oksigen yang cukup untuk memacu pertumbuhannya, apabila kadar oksigen kurang pertumbuhan kapang pada substrat lambat. Uap air yang berlebihan akan menghambat difusi oksigen ke dalam kedelai sehingga dapat menghambat pertumbuhan kapang. Untuk itu pada saat pembungkusan sebaiknya aliran udara diatur agar tidak terlalu kedap, yaitu dengan memberi lubang apabila dibungkus dengan plastik. Selain oksigen kapang juga memerlukan suhu dan kelembaban yang sesuai untuk pertumbuhannya. Kedelai calon tempe harus mengandung cukup air. Apabila terlalu kering dan kelembaban kurang maka substrat kedelai sukar ditembus oleh miselium kapang. Sebaliknya apabila terlalu basah, maka akan menghambat penyebaran oksigen sehingga pertumbuhan miselium kapang terhambat (Anonim, 2009^a)

3. Perubahan Biokimiawi Oligosakarida Pada Tempe

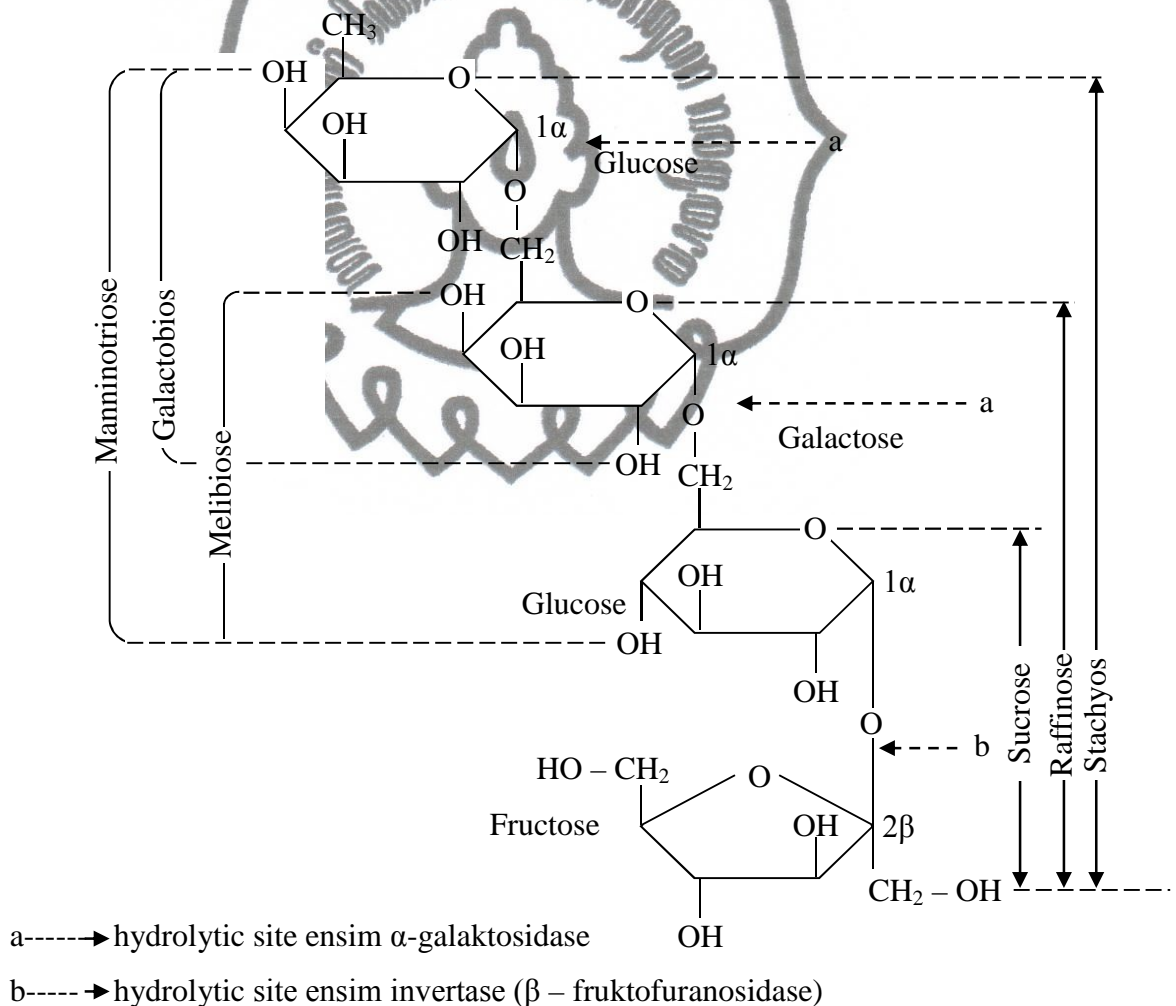
Karbohidrat merupakan polihidroksi aldehida atau keton, atau senyawa yang menghasilkan senyawa ini bila dihidrolisa. Secara umum terdapat tiga macam karbohidrat berdasarkan hasil hidrolisisnya, yaitu monosakarida, oligosakarida, dan polisakarida. Oligosakarida adalah rantai pendek unit monosakarida yang terdiri dari 2 sampai 10 unit monosakarida yang digabung bersama-sama oleh ikatan kovalen dan biasanya bersifat larut dalam air. Polisakarida adalah polimer monosakarida yang terdiri dari ratusan atau ribuan monosakarida yang dihubungkan dengan ikatan 1,4- α -glikosida (α =alfa). Didalam dunia hayati, kita dapat mengenal berbagai jenis karbohidrat, baik yang berfungsi sebagai pembangun struktur maupun yang berperan fungsional dalam proses metabolisme (Hart, 1983).

Gula utama dalam kedelai pada pembuatan tempe adalah oligosakarida (sukrosa, stakhiosa dan rafinosa) yang bisa dilihat pada gambar 2.3. Stakhiosa, rafinosa, melibiosa merupakan senyawa gula kedelai tergolong keluarga senyawa rafinosa yang mana menjadi salah satu faktor penghambat konsumsi kedelai (Kasmidjo, 1990).

Selama proses fermentasi jenis senyawa karbohidrat, termasuk oligosakarida mengalami degradasi (hidrolisa) oleh sistem enzimatik mikroorganisme, yaitu dalam hal ini enzim α -galaktosidase oleh aktivitas *Rhizopus oligosporus* (Winarno, 1980).

Komponen - komponen gula yang terdapat dalam biji kedelai meliputi : sukrosa (4,53%), rafinosa (0,73%), stakhiosa (2,73). Setelah dilakukan perebusan terjadi penurunan gula menjadi sukrosa (1,84%), rafinosa (0,35%), stakhiosa (1,40%) sedang gluktoksa, galaktosa dan fruktosa larut setelah perlakuan perebusan. Selama proses fermentasi gula tergolong pada heksosa cepat terfermentasi. Dilaporkan bahwa sukrosa turun sebesar 84% sedangkan stakhiosa, rafinosa, dan melibiosa secara bersama-sama turun sebesar 65%, dari kadar dalam biji sebelum perendaman. (Kasmidjo, 1990)

Pada proses fermentasi tempe, terjadi pencernaan enzimatis pada protein, lemak dan karbohidrat. Peristiwa ini terjadi karena pada pertumbuhan kapang memerlukan energi yang diperoleh melalui pemecahan protein, lemak dan karbohidrat. Enzim-enzim tersebut adalah enzim protease, amilase, lipase dan fitase serta α -galaktosidase. Pada masa inkubasi 12 jam pertama enzim yang aktivitasnya tertinggi adalah enzim α -galaktosidase oleh aktivitas *Rhizopus oligosporus* yang mendegradasi oligosakarida pada kedelai kemudian menguraikan karbohidrat menjadi gula sederhana. (Hermana, 1996)



Gambar 2.3 Struktur Stakhiosa Beserta Sub-Komponennya dan Monosakarida Penyusun Stakhiosa Beserta Ikatan Antar Monosakarida serta Posisi Pemecahan Enzimatisnya (Kasmidjo, 1990)

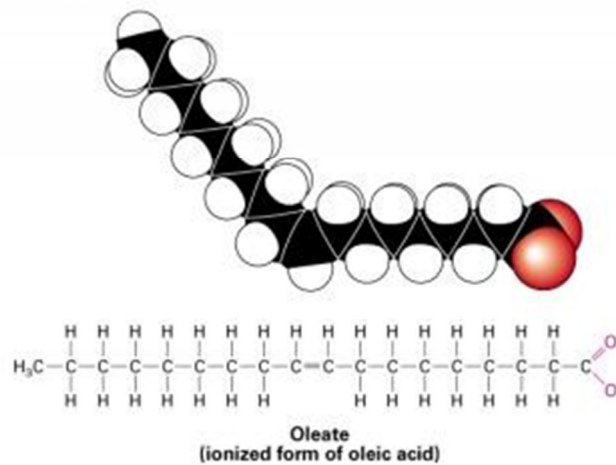
4. Perubahan Biokimiawi Asam Lemak Pada Tempe

Komponen utama asam lemak dari trigliserida kedelai adalah asam lemak tak jenuh, yang didominasi oleh asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat. Sedangkan asam lemak jenuh komponen trigliserida kedelai ialah asam palmitat dan asam stearat (Kasmidjo 1990)

Asam-asam lemak jenuh ataupun tidak jenuh yang dijumpai pada trigliserida, umumnya merupakan rantai tidak bercabang dan jumlah atom karbonnya selalu genap. Ada dua macam trigliserida, yaitu trigliserida sederhana dan trigliserida campuran. Trigliserida sederhana mengandung asam-asam lemak yang sama sebagai penyusunnya, sedangkan trigliserida campuran mengandung dua atau tiga jenis asam lemak yang berbeda. Pada umumnya, trigliserida yang mengandung asam lemak tidak jenuh bersifat cairan pada suhu kamar, disebut minyak, sedangkan trigliserida yang mengandung asam lemak jenuh bersifat padat yang sering disebut lemak. (Anonim 2009^b)

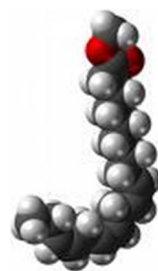
Pada pembuatan tempe, setelah inkubasi setelah 12 jam, mikrobia mensekresi enzim lipase. Enzim tersebut menguraikan lemak menjadi asam-asam lemak bebas seperti asam palmitat, stearat, oleat, dan terutama linoleat dan linolenat. Asam lemak bebas meningkat 0,5% pada kedelai menjadi 21% pada tempe (Hermana, 1996)

Lemak kedelai terdiri dari asam palmitat, asam stearat, asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat. Dimana, kadar asam linoleat paling tinggi. Pada fermentasi 24 jam asam linoleat dan asam linolenat bebas ditemukan meningkat masing – masing menjadi 3,5 – 6 gr dan 0,3 – 0,5 gr per 100 gr setelah fermentasi 24 jam (Hermana, 1996)



Gambar 2.4 Struktur Asam Oleat (Anonim, 2010)

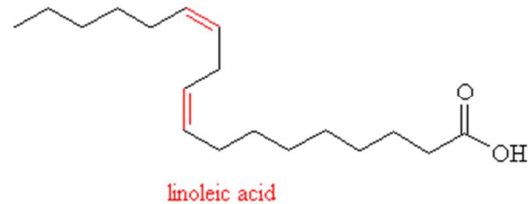
Asam oleat atau asam $Z\text{-}\Delta^9$ -oktadekenoat yang tergambar diatas merupakan asam lemak tak jenuh yang tersusun dari 18 atom C dengan satu ikatan rangkap di antara atom C ke-9 dan ke-10. Sedangkan asam linolenat merupakan asam lemak tak jenuh majemuk (*polyunsaturated fatty acid*, PUFA) yang tersusun dari rantai 18 atom karbon. Salah satu isomer asam linolenat, asam α -linolenat (ALA), adalah asam lemak Omega-3 yang dikenal memiliki khasiat lebih daripada asam-asam lemak lain, khususnya dalam mencegah rusaknya membran sel. Asam lemak ini juga merupakan prekursor asam lemak Omega-3 lain yang dijumpai pada tubuh manusia, asam eikosapentaenoat (EPA) dan asam dokosaheksaenoat (DHA). (Anonim, 2010)



Gambar 2.5 Struktur Asam Linolenat (Anonim, 2010)

Asam linolenat (tertera pada Gambar-2.5) adalah asam lemak tidak jenuh dengan tiga ikatan ganda (*polyunsaturated fatty acid* atau PUFA) yang dapat berperan menurunkan kolesterol serum serta LDL. Asam linoleat merupakan asam lemak essential yang dibutuhkan manusia. Asam lemak ini

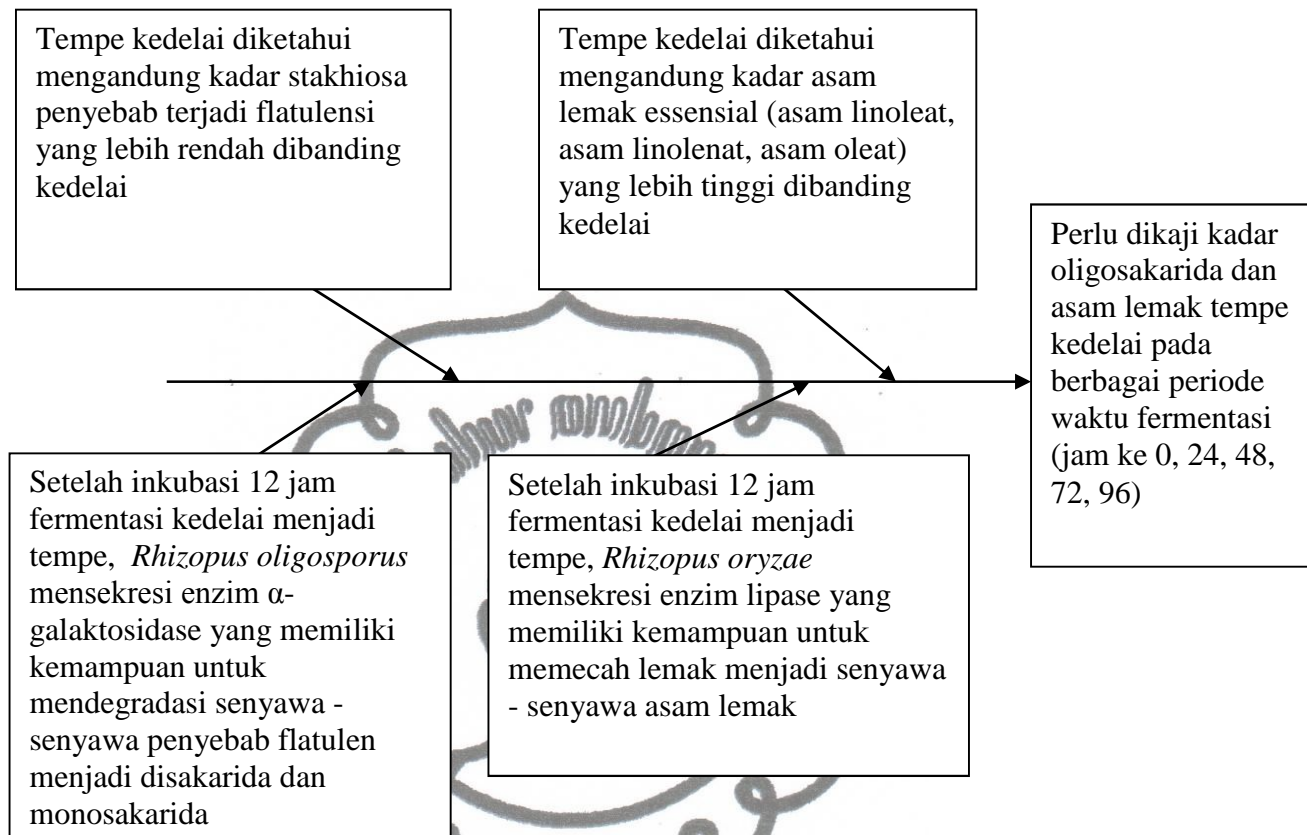
disebut penting karena mereka tidak dapat disintesis oleh tubuh manusia dan harus dikonsumsi dalam makanan.



Gambar 2.6 Struktur Asam Linoleat (Anonim, 2010)

Asam linoleat (*linoleic acid*) (tertera pada Gambar-2.6) tergolong kedalam asam lemak tidak jenuh ikatan ganda (*Polyunsaturated Fatty Acid*) yang essensial untuk tubuh. Asam linoleat berperan dalam pertumbuhan, pemeliharaan membran sel, pengaturan metabolisme kolesterol, menurunkan tekanan darah, menghambat lipogenesis hepatic, transport lipid, precursor dalam sintesis prostaglandin, membentuk arakhidonat dan dalam proses reproduksi (Pudjiadi, 1997). Pergantian diet tinggi asam lemak jenuh dari makanan, dengan mengkonsumsi asam linoleat telah direkomendasikan dalam usaha mencegah penyakit jantung koroner (Galli, et.al., 1994). Tubuh memerlukan asam linoleat 3-6% dari seluruh kalori yang dibutuhkan (Erasmus, 1996) dan yang direkomendasikan adalah 3 gram per harinya.

B. Kerangka Berpikir



Gambar 2.7. Kerangka Berpikir Penelitian

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta dan Laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada serta Sentra Kerajinan Tempe Surakarta. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Oktober 2010.

B. Bahan dan Alat

1. Bahan :

- a. Kedelai kuning (*Glycine max*) asal Amerika (impor) yang diperoleh dari toko Regen
- b. Air bersih (sumur)
- c. Ragi tempe merk RAPRIMA PT. Aneka Fermentasi Industri (AFI)
- d. Bahan-bahan kimia untuk analisis sampel ekstrak tempe
- e. Daun pisang dan kertas

2. Alat :

- Alat dan bahan untuk analisis HPLC dan GC :
 - Kadar oligosakarida : Seperangkat HPLC, standar oligosakarida, serta pelarut sampel.
 - Kadar asam tak jenuh (essensial) : Seperangkat GC, standar asam lemak, serta pelarut sampel

Peralatan pendukung : bekkor glass, erlenmeyer, corong, pengaduk, pipet volum dan pro pipet, mikro pipet, vorteks, tabung reaksi, dll.

- Alat untuk pembuatan tempe :

Pisau, telenan, tampah besar, ember, keranjang, rak bambu, pengaduk kayu, pengukus, karung goni, kompor dan bahan bakarnya, tali, dll.

C. Tahapan Penelitian

1. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap penelitian yang pertama ini bertujuan untuk menyiapkan tempat, semua peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan tempe serta mempersiapkan pula peralatan dan bahan untuk pengujian sampel atau uji laboratorium.

2. Pembuatan Tempe

Metode dasar yang akan dipakai untuk membuat tempe kedelai pada penelitian ini merujuk pada referensi dari Kasmidjo (1990) dan Cahyadi (2006). Sebelum dibuat tempe, kedelai perlu mendapatkan perlakuan pendahuluan, yakni harus direbus 25 menit dahulu kemudian direndam selama \pm 24 jam. Setelah itu, kedelai ditiriskan dan dicuci dengan air untuk mengupas kulitnya kemudian biji kedelai dibelah dan dicuci kembali, lalu direbus lagi selama 25 menit.

Kemudian diinokulasi (peragian) yang sebelumnya telah mengalami perlakuan pendahuluan seperti pencucian, kemudian direndam selama semalam, dan ditiriskan kemudian difermentasi. Lalu akan dianalisis kandungan oligosakarida dan asam lemaknya selama proses fermentasi. Proses pembuatan tempe disajikan pada Gambar-3.1

3. Analisis Sampel

1) Kadar Oligosakarida : Dianalisis HPLC

2) Kadar Asam lemak : Dianalisis GC

Dibandingkan dengan metode lain, metode kromatografi cairan tekanan tinggi (HPLC) dan kromatografi gas (GC) lebih akurat untuk mengukur kadar senyawa organik, termasuk asam lemak dan oligosakarida baik kualitas maupun kuantitas.

3.1 Pengujian kadar stakhiosa

Alat-alat yang digunakan :

HPLC, Sentrifuse, Tabung reaksi bertutup, Pipet 5 ml, Vortex, Waterbath

Bahan-bahan yang digunakan :

Sampel Tempe, Pb Asetat, Aquadest, Standar stakhiosa (Sigma)

Penentuan kadar gula dianalisis dengan HPLC (AOAC 1999) :

3 gr sampel tempe ditambah 5 ml Aquadest lalu dihomogenisasi selanjutnya ditambah Pb Asetat tetes demi tetes hingga jernih kemudian diencerkan hingga 10 ml dan disaring dengan kertas saring Whatman 0,45 µm. Selanjutnya dimasukkan ke injector HPLC sebanyak 20 µl. Untuk perhitungan konsentrasi gula yang ada pada bahan, dilakukan pembuatan kromatogram standar. Sedangkan berat standar stakhiosa ditimbang sebesar 6 mg/ml dalam perbandingan pengenceran 10 : 1.

Kandungan stakhiosa dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Stakhiosa} = \frac{\text{Luas area sampel}}{\text{Luas area standar}} \times \frac{C \times fp}{\text{Bobot sampel}}$$

Keterangan: C = Konsentrasi standar stakhiosa

fp = faktor pengenceran

Kondisi analisis stakhiosa dengan HPLC :

1. SHIMADZU ©Kolom : C:18
2. Flow rate : 0,75 ml/menit
3. Detektor : RID (Reflective Index Detector) 156
4. Mobile Phase : Aquadest Dmin Bebas Ion; atau Aquabides.
5. Konsentrasi Pb Asetat 10 %
6. C dengan tekanan pompa saat operasi 344 psi°Suhu : 60° C
7. Suhu Kolom : 60° C
8. Waktu : 15 menit

3.2 Pengujian kadar asam lemak

Alat-alat yang digunakan :

Gas Chromotography, Sentrifuse, Tabung reaksi bertutup, Pipet 5 ml, Vortex, Waterbath

Bahan-bahan yang digunakan :

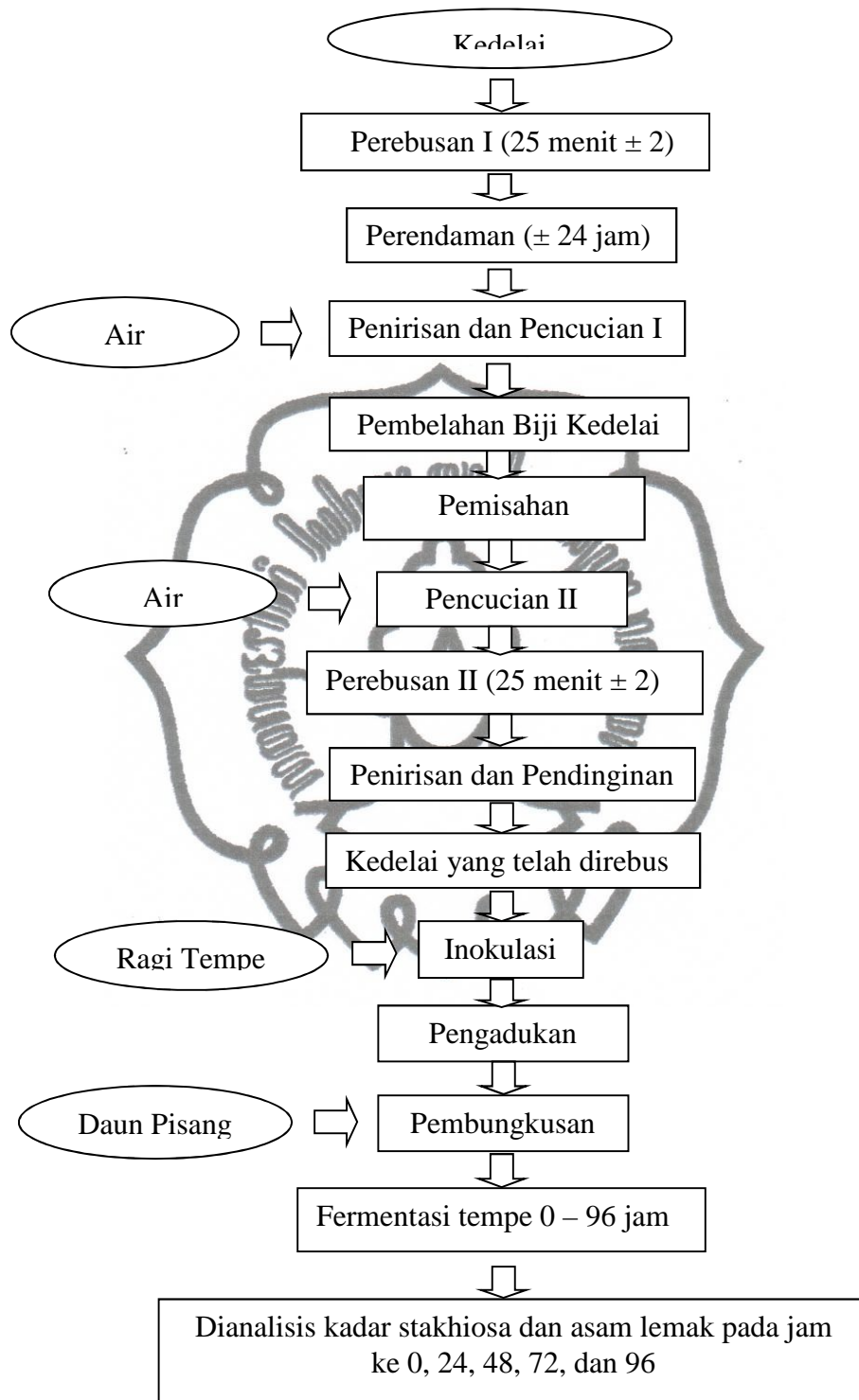
Sampel Tempe, NaOH 0,5N p.a (E.Merck), n Heksan 1 ml, BF₃-methanol, Standar internal (Supelco), Methanol.p.a (E.Merck)

Penentuan komposisi asam lemak (Park dan Goins, 1994) :

Setelah sampel tempe dipreparasi, diambil sebanyak 0,5 - 0,7 gr kemudian dilarutkan dalam 4 ml akuades lalu dihomogenisasi, homogenat diambil sebanyak 100 µl lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Pada sampel ditambahkan larutan 100 µl metilen klorida dan 1 ml NaOH 0,5 N dalam metanol. Setelah diberi gas nitrogen dan ditutup, tabung reaksi dipanaskan dalam penangas air suhu 90 ° C selama 10 menit. Tabung reaksi kemudian didinginkan, ditambahkan BF₃-methanol (14%) sebanyak 1 ml. Setelah diberi gas nitrogen, pemanasan dilanjutkan pada suhu yang sama selama 10 menit. Tabung reaksi kemudian didinginkan pada suhu ruang dan ditambah 1 ml akuades dan 200 - 500 µl heksana dan divortex selama 1 menit untuk mengekstrak metil ester asam lemak. Setelah disentrifugasi, lapisan atas siap untuk analisis GC. Sampel siap diinjeksikan 1 µl sebanyak pada Gas Chromatography. Sedangkan untuk volume inject standar yaitu sebesar 3 µl

Kondisi analisis dengan GC (Gas Chromatography) :

1. Kolom DE-65 (Agilent Technologies, USA), 2 m
2. Carrier gas Nitrogen dengan tekanan 1,5 kg/cm²
3. Suhu injektor 250° C
4. Suhu kolom/oven Terprogram ; 150 ° C - 200° C
Kenaikan suhu ; 8 ° C / minute
5. Injeksi sebanyak 1 µl



Gambar 3.1 Diagram Proses Pembuatan Tempe

D. Rancangan Percobaan dan Analisa Data

Pada penelitian ini digunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor yaitu variasi periode waktu fermentasi yang terdiri dari 5 taraf yaitu jam ke 0, 24, 48, 72, 96. Data hasil penelitian dianalisis kemudian dibahas secara deskriptif melalui grafik dengan parameter waktu periode fermentasi.



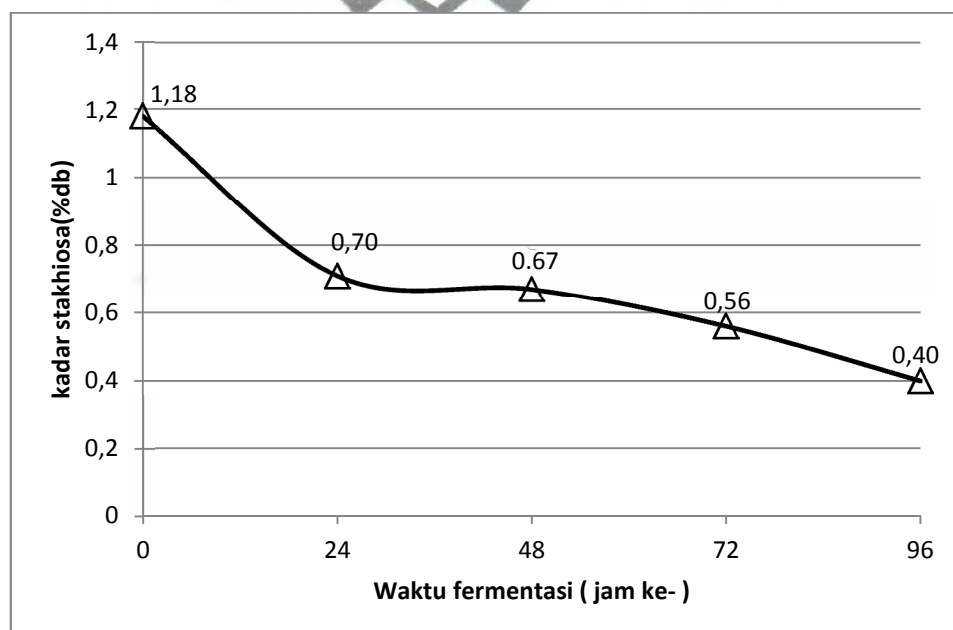
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Stakhiosa

Kedelai sebagai bahan baku dalam pembuatan tempe kedelai mempunyai senyawa yang merugikan sistem metabolisme dan pencernaan dalam tubuh manusia diantaranya adalah stakhiosa. Selama fermentasi oleh mikroorganisme mengalami degradasi membentuk senyawa - senyawa sederhana, sehingga efek negatif tersebut dapat dikurangi atau dihilangkan. Didalam kedelai terkandung 1,3% - 3,8% (total berat kering) senyawa oligosakarida yang terdiri dari stakhiosa dan rafinosa. Senyawa tersebut memiliki ikatan α -galaktosidik sehingga tidak tercerna dalam sistem pencernaan manusia dan dapat menyebabkan efek flatulensi (Soetrisno, 1995).

Penentuan kadar stakhiosa pada penelitian ini menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Untuk melihat perhitungan data dan kromatogram perubahan kadar stakhiosa dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan hasil penelitian maka diperoleh grafik seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Kadar Stakhiosa Tempe Kedelai Pada Berbagai Periode Waktu Fermentasi

Berdasarkan Gambar 4.1 diketahui bahwa kadar stakhiosa menurun seiring dengan semakin lama waktu fermentasi. Menurut Winarno (1980) selama fermentasi terjadi penurunan kadar stakhiosa akibat terdegradasi oleh enzim α -galaktosidase yang disekresikan mikroba (*Rhizopus oligosporus*).

Perlakuan perendaman dan perebusan dapat menyebabkan pengurangan kadar kandungan gula utama pada kedelai yaitu stakhiosa, rafinosa dan sukrosa berturut turut sebesar 51 %, 48 % dan 41 % dari kadar awalnya. Stakhiosa akan berkurang lebih lanjut selama fermentasi oleh jamur tempe, menjadi kira –kira 30 % kadar stakhiosa kedelai mentah. (Handajani 1992 dan Steinkraus 1967 dalam Kasmidjo, 1990).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diketahui bahwa persentase penurunan kadar stakhiosa tempe kedelai pada berbagai periode waktu fermentasi berbeda-beda. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Kadar Stakhiosa dan Persentase Penurunan Kadar Stakhiosa Tempe Kedelai Pada Berbagai Periode Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi (jam)	Kadar stakhiosa (% berat kering)	% penurunan kadar stakhiosa
0	1,18 %	0
24	0,70 %	40,67 %
48	0,67 %	4,28 %
72	0,56 %	16,41 %
96	0,40 %	28,57 %

Sumber : Hasil penelitian

Menurut Hermana (1996), setelah inkubasi 12 jam fermentasi kedelai menjadi tempe, *Rhizopus oligosporus* mensekresi enzim α -galaktosidase yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa -senyawa penyebab flatulen menjadi disakarida dan monosakarida.

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pada periode waktu fermentasi 24 jam pertama terjadi penurunan persentase kadar stakhiosa paling besar dibanding periode waktu fermentasi lainnya. Penurunan kadar stakhiosa pada berbagai periode waktu fermentasi berturut turut dari yang terbesar yaitu 40,67 % pada 24 jam waktu fermentasi, 28,57 % pada 96 jam waktu fermentasi, 16,41 % pada 72

jam waktu fermentasi, dan 4,28 % pada 48 jam waktu fermentasi. Persentase penurunan kadar stakhiosa dari 0 jam hingga 96 jam waktu fermentasi tempe kedelai sebesar 66,10 %. Menurut Kasmidjo (1990), stakhiosa dapat didegradasi oleh enzim α -galaktosidase menjadi sukrosa, glukosa dan galaktosa. Persentase penurunan kadar stakhiosa terendah terdapat pada 48 jam waktu fermentasi, hal ini dikarenakan bahwa *Rhizopus oligosporus* memanfaatkan monosakarida dan disakarida (hasil degradasi 24 jam fermentasi) dengan baik sebagai pendorong terjadinya pertumbuhan spora *Rhizopus oligosporus*. (Hesseltine, 1965)

B. Kadar Asam Lemak Essensial

Kadar lemak dalam kedelai terkandung sebesar 18-23 %, sebanyak 88,10% nya terhidrolisis menjadi asam lemak setelah menjadi tempe. Kedelai merupakan sumber asam lemak linoleat, oleat dan linolenat sebagai asam lemak essensial (Smith and Circle, 1978).

Di dalam kedelai terkandung kadar asam lemak essensial sebesar (85%) yang terdiri dari asam linoleat sebesar (15-64 %), asam oleat sebesar (11-60 %) dan asam linoleat sebesar (1-12%). (Bailey, A.E, 1950 dalam Ketaren 1986)

Selama fermentasi tempe kedelai terjadi proses degradasi lemak oleh kapang, sehingga akhirnya dapat dibebaskan menjadi asam lemak, komponen utama asam lemak dari trigliserida tempe kedelai adalah asam-asam lemak tak jenuh yang merupakan asam lemak essensial, yaitu didominasi oleh asam linoleat, asam linolenat dan asam oleat. Asam lemak essensial tersebut jika dikonsumsi tubuh akan mendapatkan banyak manfaat, antara lain berperan dalam pertumbuhan, pemeliharaan membran sel, pengaturan metabolisme kolesterol, menurunkan tekanan darah, menghambat lipogenesis hepatic, transport lipid, prekursor dalam sintesis prostaglandin, membentuk arakhidonat dalam proses reproduksi (Pudjiadi, 1997)

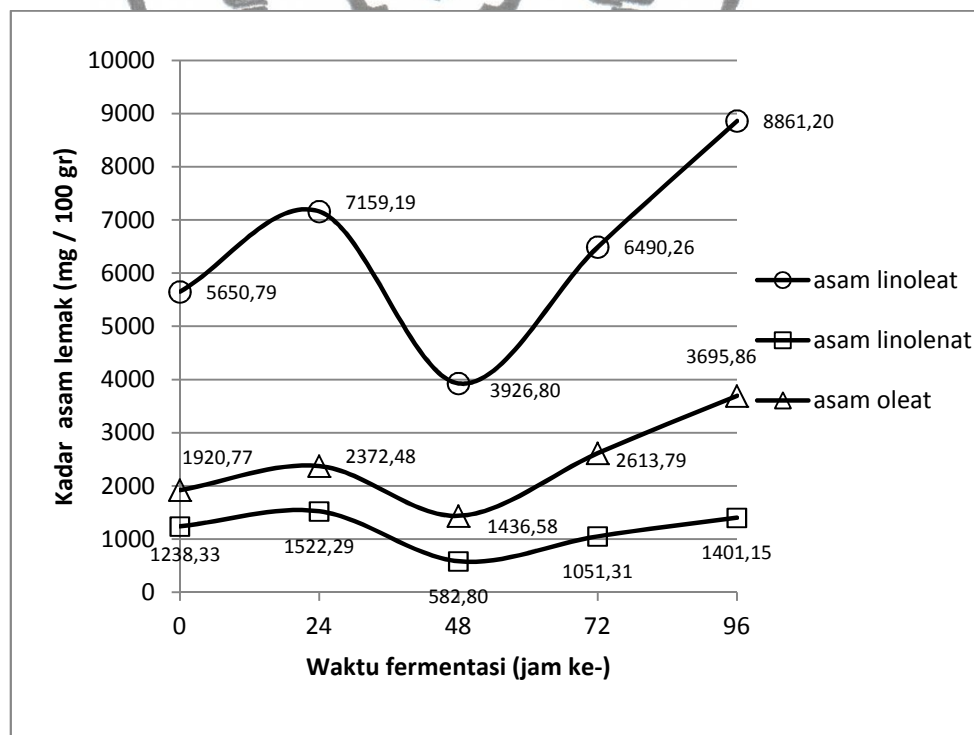
Menurut Hesseltine (1965) dan Wagenknecht *et al* (1961) perubahan asam lemak pada kedelai menjadi tempe terjadi selama fermentasi. Asam

lemak netral dalam kacang kedelai mengandung asam palmitat, stearat, oleat, linoleat, dan asam linolenat, dimana asam linoleat terdapat paling banyak.

Dalam penelitian sebelumnya oleh Deliani (2008) dapat dijelaskan bahwa kadar asam miristat, asam stearat, asam palmitoleat, asam arakidat, asam gadoleinat dan asam behenat masing – masing tidak terdapat perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan asam-asam lemak tersebut sedikit sekali terdapat dalam kedelai.

Penentuan kadar asam lemak menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Untuk melihat kromatogram perubahan kadar dan perhitungan data kadar asam lemak essensial dapat dilihat pada lampiran.

Asam lemak essensial tempe kedelai pada berbagai periode waktu fermentasi disajikan pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.2



Gambar 4.2. Grafik Kadar Asam Lemak Essensial Tempe Kedelai Pada Berbagai Periode Waktu Fermentasi

Gambar 4.2 memperlihatkan bahwa selama fermentasi, terjadi pola perubahan kadar asam lemak essensial yang sama, baik untuk asam oleat

(C18:1), asam linoleat (C18:2) maupun asam linolenat (C18:3). Pada 24 jam fermentasi terjadi peningkatan kadar asam lemak essensial, setelah 48 jam fermentasi terjadi penurunan, dan selanjutnya terjadi peningkatan kadar asam lemak essensial lagi pada 72 jam dan 96 jam fermentasi.

Fermentasi menyebabkan penurunan kandungan lemak kedelai sebesar 0,8% - 2,8%. (Murata et al, 1971 ; Wang et el, 1965). Kadar lemak berkurang selama proses fermentasi akibat hidrolisis lipida menjadi asam-asam lemak bebas dan gliserol oleh aktivitas enzim lipase yang disekresikan oleh mikrobia (*Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus*). (Muchtadi, 1978 dalam Deliani, 2008).

Tempe dan kedelai mengandung banyak asam lemak essensial, terutama asam linoleat (Wagenknect *et al* 1961 dalam Steinkraus, 1977). Dalam penelitian Ini, dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.2 bahwa asam linoleat mempunyai kadar tertinggi dari asam-asam lemak lainnya.

Tabel 4.2. Kadar Asam Lemak Essensial dan Persentase Perubahan Kadar Asam Lemak Essensial Tempe Kedelai Pada Berbagai Waktu Fermentasi

Waktu fermentasi (jam)	Kadar Asam Lemak Essensial (mg / 100 gr bahan kering)			Kadar Asam Lemak Essensial (% perubahan)		
	C18:1	C18:2	C18:3	C18:1	C18:2	C18:3
0	1920,77	5650,79	1238,33	0	0	0
24	2372,48	7159,19	1522,29	+ 23,51%	+26,69%	+ 22,93%
48	1436,58	3926,80	582,80	- 39,44%	- 45,15%	- 61,71 %
72	2613,79	6490,26	1051,31	+ 81,94%	+65,28%	+ 80,38 %
96	3695,86	8861,20	1401,15	+ 41,39%	+36,53%	+ 33,27 %

Sumber : Hasil penelitian

Pola peningkatan kadar asam lemak essensial yang terjadi pada jam ke 24, 72 dan 96 jam waktu periode fermentasi disebabkan karena adanya pertumbuhan jamur tempe yang aktif selama fermentasi dan adanya degradasi lemak oleh enzim lipase, dimana setelah inkubasi 12 jam hingga 24 jam fermentasi kedelai menjadi tempe, *Rhizopus oryzae* mensekresi enzim lipase yang memiliki kemampuan memecah lemak menjadi asam lemak (Hermana, 1996). Sedangkan penurunan terjadi pada 48 jam waktu fermentasi disebabkan oleh adanya aktivitas

mikrobia, dimana mikroba yang tumbuh pada tempe hampir tetap atau bertambah sedikit, dan terjadi penurunan jumlah asam lemak yang dibebaskan.

Pada 24 jam pertama waktu fermentasi, asam lemak essensial yang terdiri dari asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat mengalami pola kenaikan persentase perubahan masing-masing sebesar 23,51 %, 26,69 % dan 22,93%. Menurut Hermana (1996) setelah inkubasi 12 jam hingga 24 jam fermentasi kedelai menjadi tempe, *Rhizopus oryzae* tumbuh aktif serta mensekresi enzim lipase yang memiliki kemampuan memecah lemak menjadi senyawa asam lemak.

24 jam kedua waktu fermentasi yaitu pada 48 jam fermentasi, asam lemak essensial (asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat) mengalami penurunan persentase perubahan masing-masing sebesar (-39,44 %), (-45,15 %) dan (-61,71 %) dari kadar sebelumnya, hal ini juga sejalan dengan persentase penurunan kadar stakhiosa paling kecil terdapat pada waktu 48 jam fermentasi. Pada fase 30-50 jam fermentasi tempe kedelai, terjadi penurunan suhu dan jumlah asam lemak yang dibebaskan dan pertumbuhan jamur hampir tetap atau bertambah sedikit (Sudarmadji 1977). Selain itu diduga adanya kemungkinan, setelah metabolit primer dan sel mikrobia dihasilkan, terjadi proses dimana sel mikrobia merubah metabolit primer menjadi metabolit sekunder untuk mempertahankan tubuh mikrobia tersebut.

24 jam ketiga waktu fermentasi, asam lemak essensial yang terdiri dari asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat mengalami kenaikan yang cukup pesat dari kadar sebelumnya yaitu masing-masing sebesar 81,94 %, 65,28 % dan 80,38%. Hal ini dikarenakan kapang tempe *Rhizopus oligosporus* mempunyai aktivitas lipopolitik yang kuat serta menghidrolisis sepertiga lemak netral dalam kedelai selama 72 jam fermentasi (Deliani, 2008).

Setelah 96 jam waktu fermentasi kadar asam lemak essensial mengalami kenaikan. Asam oleat, asam linoleat dan asam linolenat masing-masing meningkat menjadi sebesar 41,39 %, 36,53 % dan 33,27%. Menurut Sudarmadji (1977), pada fase pembusukan atau fermentasi lanjut (90 jam fermentasi) terjadi kenaikan jumlah bakteri dan jumlah asam lemak bebas serta pertumbuhan jamur menurun (menuju fase kematian).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar stakhiosa tempe kedelai semakin menurun seiring semakin lama fermentasi. Persentase penurunan kadar stakhiosa tertinggi pada 24 jam waktu fermentasi.
2. Perubahan kadar asam oleat, asam linoleat maupun asam linolenat tempe kedelai selama 96 jam fermentasi mempunyai pola yang sama. Kadar asam lemak essensial terendah terdapat pada 48 jam waktu fermentasi dan tertinggi pada 96 jam waktu fermentasi

B. Saran

1. Perlunya dilakukan penelitian lanjutan apakah peran penurunan kadar stakhiosa juga memberikan efek penurunan flatulensi
2. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh fermentasi terhadap kadar rafinosa, melibiosa dan kadar lemak serta angka asam selama proses fermentasi tempe kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Iqbal. 2008. *Buat Tempe*. <http://iqbalali.com/2008/05/07/buat-tempe-yuuuuk/>. (Diakses tanggal 27 Juli 2009).
- Anonim. 2008. *Fermentasi Tempe*. www.ki-demang.com. (Diakses pada tanggal 6 Juli 2009)
- Anonim. 2009^a. *Fermentasi Tempe kedelai*. www.nesc.wuv.edu.co.id (Diakses pada tanggal 8 Juli 2009)
- Anonim. 2009^b. *Standar Mutu Tempe Kedelai SNI 01-3144-1992*. <http://agribisnis.deptan.go.id> (Diakses tgl 27 Januari 2010).
- Anonim. 2009^c. *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*. <http://www.pharm.uky.edu/>. (Diakses pada tanggal 31 Desember 2009)
- Anonim. 2009^d. *Analisis Asam Lemak Menggunakan Gas Chromatography*. www.Pikiran-rakyat.com. (Diakses pada tanggal 8 Februari 2010)
- Anonim. 2010^a. *Asam Linolenat dan asam oleat*. www.Pikiran-rakyat.com. (Diakses pada tanggal 6 Februari 2010)
- Anwar, F.,A. Sulaeman & L. Kustiyah. 1994. *Petunjuk Praktikum Pengawetan dan Pengolahan Pangan*. Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga, Fakultas Pertanian, Institusi Pertanian Bogor.
- AOAC. 1999. *Official Methode of Analysis Association of Official Analytical Chemist*. Washington. D.C.
- Astawan, 2003. *Tempe : Cegah Penuaan dan Kanker Payudara*. <http://Kompas.com/>. (Diakses tanggal 31 Desember 2009).
- Astawan M. 2004. *Tetap Sehat dengan Produk Makanan Olahan*. Tiga Serangkai. Solo.
- Bailey, A. E, *Industrial Oil and Fat Product* (New York:Interscholastic Publishing Inc.,1950)
- Cahyadi, Wisnu. 2006. *Kedelai Khasiat dan Teknologi*. Bumi Aksara. Bandung.
- Deliani, 2008. *Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar protein, lemak dan asam fitat pada pembuatan tempe*. PhD Thesis, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Direktorat Gizi Depkes RI. 1972. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta : Penerbit Bharata. (Dalam Koswara, 1992).
- Erasmus, U.1996. *Fats that heal you, fats that kill you*, Alive books, Canada.
- Ferlina, Shinta. 2009. *Tempe*. <http://www.adln.lib.unair.ac.id/go.php>. (Diakses tgl 27 Mei 2009).

- Galli, C., Gallela, G. and Marangoni, F.1994. The Biology of n-6 Fatty Acids, Recent Advances, in M.L. Wahlqvist, *Nutrition in a Sustainable Environment*, Smith - Gordon and Company Limited, London.
- Handajani, S. 1992. *Pengaruh Larutan Perendam dan Perebus terhadap Kekerasan, Kualitas Tanak dan Kandungan Mineral Biji Kacang-Kacangan*. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Hart, Harold. 1983. *Kimia Organik*. Erlangga. Jakarta.
- Hermana, M Karmini & D. Karyadi. 1996. Komposisi dan Nilai Gizi Tempe serta Manfaatnya dalam peningkatan Mutu Gizi Makanan. Dalam Sapuan & N. Soetrisno (Eds), *Bunga Rampai Tempe Indonesia*. Yayasan Tempe Indonesia, Jakarta.
- Hesseltine. 1965. C.W. *Research at Northern Regional Research Laboratory on Fermented Foods*, Proc. Conf. Soybean Products for Protein in Human Foods, USDA.
- Kasmidjo, R.B. 1990. *TEMPE : Mikrobiologi dan Kimia Pengolahan serta Pemanfaatannya*. PAU Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.
- Kasmidjo RB. 1990 *Tempe, Kumpulan Hand Out, Kursus Singkat Fermentasi Pangan*. PAU Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. UI Press. Jakarta.
- Martin, D.W. 1992, *Biokimia Harper*, ed. 20, EGC. Jakarta.
- Mary Astuti. 1993 *Iron Bioavailability of Traditional Indonesian Soybean Tempe*. PhD Thesis, Tokyo University of Agriculture. Japan.
- Muchtadi, Tien R. 1978. *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*. IPB Press. Bogor.
- Murata K, Ikehata, H., Edani, Y., and Koyanagi, K. 1971. *Studies on the Nutritional Value of Tempeh. Part II. Rat Feeding Test with Tempeh, Unfermented Soybeans, and Tempeh Supplemented with Amino Acid*, Agr.Biol. Chem,
- Park, P.W. and R.E. Goins. 1994. *In Situ Preparation of Fatty Acids Methyl Ester for Analysis of Fatty Acids Composition in Foods Sci.* 59(6): 1262 - 1266
- Pudjiadi. 1997. *Ilmu Gizi Klinis Pada Anak*, ed. 3, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta.
- Rehms, H. & Barz, W. 1995. *Degradation of stachyose, raffinose, melibiose and sucrose by different tempe-producing Rhizopus fungi*. Applied Microbiology and Biotechnology 44, 47-52.
- Sutedja, U. S. Dan D. S. Djakamihardja. 1978. *Budidaya Kedelai*. C.V. Pustaka Buana. Bandung

- Shurtleff, W Akiko, A. 1980 *The Book Of Tempeh*, Vol. 2. 2. Soy Foods Center, Lafayette, Calif. USA. Makanan Soy Center, Lafayette, California USA.
- Smith, A. Kord and Circle, S.J., 1978. *Soybeans Chemistry and Technology*. The AVI Pub. Company Inc. westport connecticut.
- Snyder, H.E. and Kwon, T.W.. 1987. *Soybean Utilization*. an AVI Book. Published by van Nostrand Rein hold company, New york.
- Soetrisno, N. 1995. *Tinjauan Ekonomi Tempe Indonesia. Prosiding Simposium Nasional: Pengembangan Tempe dalam Industri Pangan Modern*, Yogyakarta.
- Steinkraus. 1960 *Changes in Soybean Lipids During Tempeh Fermentation*, Agricultural Experiment Stasion, Cornell University, geneva, N.Y.
- Steinkraus, K.H. 1983. *Handbook of Indegenous Fermented Foods*. Marcel Dekker, Inc. New York. 131-146.
- Steinkraus, K.H., 1995. *Handbook of Indigenous Fermentef food*, Second Edition Revised and Expanded, Marcel dekker dalam Nurhikmat, Asep. 2008. *Pengaruh Suhu dan Kecepatan Udara terhadap nilai Konstanta pengeringan tempe kedelai*. Thesis. UGM. Yogyakarta.
- Sudarmaji, S. 1977. *Perubahan selama Fermentasi dan Mikroorganisme yang Terlibat*. Gramedia. Jakarta
- Wang, H.L and Hesseltine, C.W. 1965. *Studies on the Extracellular Proteolytic Enzymes of Rhizopus oligosporus*, Can .J.Microbiol.
- Wiesel, I., Rehm, H.J. & Bisping, B. 1997. Improvement of tempe fermentations by application of mixed cultures consisting of *Rhizopus* sp. and bacterial strains. *Applied Microbiology and Biotechnology* 47, 218-225.
- Winarno, F.G. 1980. *Enzim Pangan*, Pusbangtepa / FTDC-IPB.
- Winarno, F.G. *Pangan gizi, teknologi dan Konsumen*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993
- Xin-Mei Feng. 2006. *Microbial Dynamics During Barley Tempeh Fermentation*. Acta 2006:59. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala.