

## Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar serat kasar dan aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai

### The effect of fermentation time to crude fiber contents and antioxidant activities in several soybean varieties of tempeh

SYLVITRIA WIDOYO, SRI HANDAJANI, NANDARIYAH

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36a, Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 8 Mei 2015. Revisi disetujui: 8 Juli 2015.

**Abstract.** Widoyo S, Handajani S, Nandariyah. 2015. *The effect of fermentation time to crude fiber contents and antioxidant activities in several soybean varieties of tempeh Biofarmasi 13: 59-65.* Indonesia was the biggest producer of tempeh in the world and it became the biggest market of soybean in Asia. Tempeh used as antioxidant, antibacterial, anticancer, antihemolytic, antiallergy, antiinfection, and it contains crude fiber. Tempeh belonging to functional food and recommended as food for the future because of its antioxidant. The objectives of this research were known the effect of fermentation time on crude fiber contents and antioxidant activities in several soybean varieties of tempeh and selected the highest crude fiber contents and antioxidant activities of them. This research used Completely Randomized Design (CRD) with two factors and repeated twice. The first factor was fermentation time (30 hours, 42 hours, and 54 hours) and the second factor was soybean varieties (Sibayak, Wilis, Tanggamus, Kaba, Ijen, Hitam). Crude fiber contents and antioxidant activities in several soybean varieties of tempeh which fermentation time variation was analyzed in laboratory. The result of them analyzed by ANOVA and continued with *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) in  $\alpha = 5\%$ . The result of the research showed that fermentation time affect crude fiber contents and antioxidant activities in several soybean varieties of tempeh. The longer fermentation time of tempeh caused higher crude fiber contents and antioxidant activities. Ijen tempeh and Kaba tempeh with 54 hours fermentation had the highest crude fiber contents (20,02% and 19,79%) and Black soybean tempeh with 42 hours fermentation had the highest of antioxidant activities (67,4026%).

**Keywords:** Antioxidant activities, crude fiber contents, fermentation time, soybean varieties, tempeh

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen tempe terbesar di dunia dan menjadi pasar kedelai terbesar di Asia. Saat ini konsumsi tempe rata-rata di Asia sekitar 12,5 kg tiap orang/tahun (USSEC 2010). Menurut SNI 3144:2009, tempe kedelai adalah produk yang diperoleh dari fermentasi biji kedelai dengan menggunakan kapang *Rhizopus* sp, berbentuk padatan kompak, berwarna putih sedikit keabu-abuan dan berbau khas tempe. *Cooked tempeh* mengandung kalori 1340 kJ, kadar protein 18,55%, kadar lemak 10,78% dan kadar karbohidrat 9,39% (USDA 2009).

Keunggulan yang diperoleh dari pengolahan kedelai menjadi tempe adalah peningkatan nilai gizi, peningkatan *digestibility* dan pengurangan senyawa antinutrisi. Meningkatnya *digestibility* ini diakibatkan oleh proses fermentasi tempe yang mengubah senyawa kompleks seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi senyawa-senyawa sederhana seperti glukosa, asam amino dan asam lemak sehingga mudah diserap oleh usus. Pengurangan senyawa antinutrisi yang terjadi selama proses pembuatan tempe diantaranya adalah pengurangan kadar asam fitat, pengurangan enzim lipoksigenase (enzim yang menyebabkan bau langu), pengurangan senyawa penyebab flatulensi dan lain-lain (Kasmidjo 1990). Keunggulan lain

yang dimiliki oleh tempe tetapi tidak terdapat dalam kedelai adalah kandungan vitamin B12. Vitamin B12 diproduksi oleh *Citrobacter freundii* atau *Micrococcus luteus* (Baumann dan Bisping 1995) dan *Klebsiella pneumonia* selama proses perendaman dalam pembuatan tempe (Babu et al. 2009).

Tempe bukan hanya memiliki nilai gizi yang tinggi tetapi juga memiliki efek antioksidan, antibakteri, antikanker, antihaemolitik (Pawiroharsono 1997) antialergi (Kasmidjo 1990) dan antiinfeksi (Karyadi dan Hermana 1995), selain itu serat dalam tempe berperan dalam menurunkan kolesterol darah (Brata dan Arbai 1999). Tempe digolongkan sebagai pangan fungsional dan direkomendasikan sebagai *food for the future* karena kandungan antioksidannya. Antioksidan yang terkandung dalam tempe adalah isoflavon, superoksida dismutase, tokoferol dan sebagainya (Astuti 2000; Karyadi 2000). Antioksidan tersebut berperan melawan radikal bebas, sehingga menghambat proses penuaan dan mencegah penyakit degeneratif (aterosklerosis, jantung koroner, diabetes melitus, kanker dan lain-lain) (Supriyono 1999). Faktor II (6,17,4-trihydroxy-isoflavon) merupakan antioksidan turunan isoflavon yang terkandung dalam kedelai (terkandung dalam jumlah yang tidak signifikan) tetapi terbentuk selama fermentasi tempe. Faktor II

memiliki aktivitas antioksidan 10 kali lebih besar dibandingkan dengan vitamin A (Handajani 2002).

Kedelai merupakan bahan baku utama pembuatan tempe. Departemen Pertanian (2005) menargetkan produksi kedelai Indonesia tahun 2010 sebesar 1.352.682 ton sedangkan kebutuhan kedelai mencapai 2.085.265 ton, oleh karena itu untuk mencukupi kebutuhan tersebut Indonesia harus mengimpor kedelai sebesar 732.583 ton. Harga kedelai impor setiap tahun meningkat dari Rp 3.450/kg menjadi Rp 7.500/kg pada tahun 2008 (Ginting 2008) dan pada tahun 2010 meningkat lagi menjadi Rp 9.750/kg (Setneg 2010). Ketergantungan terhadap kedelai impor ini dapat melemahkan ketahanan pangan nasional. Dengan kata lain, ketahanan pangan nasional yang berkelanjutan harus bertumpu pada pengadaan pangan dalam negeri.

Upaya untuk menindaklanjuti hal tersebut adalah mengembangkan varietas unggul kedelai lokal Indonesia. Beberapa varietas kedelai lokal yang telah dikembangkan diantaranya adalah Kedelai Sibayak, Wilis, Tanggamus, Kaba, Ijen dan Kedelai Hitam. Kedelai lokal tersebut ternyata masih memiliki beberapa kekurangan yaitu harganya mahal, kualitasnya kurang terjamin dan produktivitasnya rendah (Suryana 2005).

Mengingat kedelai merupakan bahan baku pembuatan tempe maka perlu dilakukan penelitian tentang pembuatan tempe dari beberapa varietas kedelai lokal dalam rangka memilih varietas kedelai yang paling baik untuk bahan baku tempe ditinjau dari kadar serat kasar dan aktivitas antioksidannya. Serat kasar dan aktivitas antioksidan perlu diteliti karena kedua hal tersebut merupakan parameter pangan fungsional. Berkaitan dengan tujuan tersebut, juga perlu diketahui pengaruh lama fermentasi terhadap kadar serat kasar dan aktivitas antioksidan tempe dari beberapa varietas kedelai (*Glycine* sp.). Penelitian ini dilakukan untuk menggali potensi kedelai lokal sebagai alternatif bahan baku pembuatan tempe.

Tujuan dari penelitian ini adalah: Mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai (*Glycine* sp.). Mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai (*Glycine* sp.). Memilih tempe yang memiliki kadar serat kasar tertinggi. Memilih tempe yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Wonosari, Klaten dan Laboratorium CV. Chem-Mix Pratama, Kretek, Jambidan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta dalam jangka waktu 6 bulan.

### Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan tempe adalah beberapa varietas kedelai yaitu kedelai Sibayak (*Glycine max* (L.) Merrill), kedelai Wilis (*Glycine max* (L.) Merrill), kedelai Tanggamus (*Glycine max* (L.) Merrill), kedelai Kaba (*Glycine max* (L.) Merrill), kedelai Ijen

(*Glycine max* (L.) Merrill) yang diperoleh dari Balai Penelitian Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Malang, sedangkan kedelai Hitam (*Glycine soja* (L.) Sieb) diperoleh dari Pasar Gedhe Surakarta. Bahan pembantu yang digunakan adalah ragi tempe merk "Raprima" yang diproduksi oleh PT. Aneka Fermentasi Industri (Bandung), daun pisang dan air bersih.

Tempe yang dihasilkan dari beberapa varietas kedelai tersebut kemudian dianalisis kadar serat kasar dan aktivitas antioksidannya. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis kadar serat kasar dan aktivitas antioksidan adalah produk Merck. Secara rinci, bahan kimia yang digunakan untuk uji kadar serat kasar adalah petroleum eter, larutan H<sub>2</sub>-SO<sub>4</sub>, larutan NaOH, larutan K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10%, alkohol 95% dan aquadest. Bahan kimia yang digunakan untuk uji aktivitas antioksidan adalah methanol, larutan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 0,1 mM dan aquadest.

Alat yang digunakan untuk uji aktivitas antioksidan adalah spektrofotometer *thermo spectronic* GENESYS 20, kuvet, tabung reaksi, mikropipet, pipet volume 5 ml, propipet, *vortex mixer* Minishaker IKA, timbangan analitik (Denfer Instrumen buatan USA). Alat-alat yang digunakan dalam analisis kadar serat kasar adalah cawan porselin, ayakan, timbangan analitik (Denfer Instrumen buatan USA), erlenmeyer 600 ml, pendingin balik, kertas saring *Whatman 41*, spatula, oven (Memmert), desikator (RRC) sedangkan alat yang digunakan dalam pembuatan tempe kedelai adalah panci, baskom (rantang), pisau, talenan, kompor dan tampah.

### Perancangan percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu: (i) Faktor 1: Lama fermentasi yaitu 30 jam, 42 jam dan 54 jam (F1, F2, F3), (ii) Faktor 2: Varietas kedelai yaitu Sibayak, Tanggamus, Wilis, Kaba, Ijen dan Hitam (K1, K2, K3, K4, K5, K6), Ulangan: 2 kali. Kombinasi dua faktor tersebut dapat disusun sebagai berikut:

F1K1.1	F1K1.2	F1K2.1	F1K2.2	F1K3.1	F1K3.2
F2K1.1	F2K1.2	F2K2.1	F2K2.2	F2K3.1	F2K3.2
F3K1.1	F3K1.2	F3K2.1	F3K2.2	F3K3.1	F3K3.2
F1K4.1	F1K4.2	F1K5.1	F1K5.2	F1K6.1	F1K6.2
F2K4.1	F2K4.2	F2K5.1	F2K5.2	F2K6.1	F2K6.2
F3K4.1	F3K4.2	F3K5.1	F3K5.2	F3K6.1	F3K6.2

### Pembuatan tempe

Cara pembuatan tempe merujuk pada Kasmidjo (1990) yang dimodifikasi. Kedelai disortasi dari cemaran fisik kemudian ditimbang 50 gram. Kedelai yang telah ditimbang kemudian dicuci menggunakan air bersih. Kedelai direndam dalam air selama 12 jam. Perbandingan air dan kedelai adalah 10: 1. Kedelai direbus sampai mendidih (sekitar 30 menit). Perbandingan air dan kedelai adalah 10: 1. Setelah direbus, kedelai diganti air untuk perendaman selama 12 jam. Perbandingan air dan kedelai adalah 10: 1. Kedelai dikupas secara manual dan kulitnya dirajang dengan pisau. Kedelai dan kulit direbus

sampai mendidih (sekitar 30 menit). Perbandingan air dan kedelai adalah 10: 1. Kedelai ditiriskan dan didinginkan selama 12 jam dalam kain yang dapat menyerap air. Inokulasi dilakukan dengan menggunakan ragi tempe dengan perbandingan 2 gr ragi tempe dalam 1 kg kedelai. Setelah itu dicampur sampai merata menggunakan sendok. Kemasan yang dipergunakan untuk membungkus tempe adalah daun pisang. Inkubasi dilakukan dengan menempatkan tempe yang telah dibungkus ke dalam kain tebal (agar lingkungan inkubasi menjadi hangat) selama 30 jam, 42 jam dan 54 jam.

#### Analisis kadar serat kasar analisis kadar serat kasar dilakukan dengan metode perlakuan

Asam dan Basa Panas (Apriyanton et al. 1989). Prinsip analisis ini adalah mencuci sampel dengan asam, basa dan air mendidih serta alkohol 95% sehingga didapatkan residu serat kasar. (Osawa dan Namiki 1981)

Analisis aktivitas antioksidan ini dilakukan dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Osawa dan Namiki 1981). Prinsip analisis ini yaitu senyawa antioksidan dalam sampel bereaksi dengan radikal DPPH melalui mekanisme donasi atom hidrogen dan menyebabkan terjadinya peluruhan warna DPPH dari ungu menjadi pudar yang diukur pada panjang gelombang 517 nm (Blois 1958). Semakin pudar warna yang dihasilkan maka aktivitas antioksidannya semakin tinggi, begitu pula sebaliknya. Aktivitas antioksidan dihitung dengan rumus:

$$\text{Aktivitas antioksidan (\%)} = \left| 1 - \frac{\text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \right| \times 100\%$$

#### Analisis data

Pengujian statistik untuk parameter kadar serat kasar dan aktivitas antioksidan dilakukan dengan mengaplikasikan software SPSS 17.0 dengan menggunakan analisis variansi (ANOVA), jika terdapat perbedaan antar sampel maka akan dilanjutkan dengan uji beda nyata menggunakan analisis *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat  $\alpha = 5\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kadar serat kasar

Serat kasar merupakan residu dari bahan makanan atau bahan pertanian yang terdiri dari selulosa dan lignin setelah diperlakukan dengan asam dan alkali mendidih (Apriyanton et al. 1989). Serat kasar tidak memiliki nilai gizi bagi manusia karena manusia tidak memiliki enzim selulase untuk mencernanya (Fardiaz et al. 1997), namun serat kasar berperan menghindari terjadinya konstipasi (susah buang air besar), mengencerkan zat-zat beracun dalam kolon dan mengabsorpsi zat karsinogenik dalam pencernaan yang kemudian akan terbuang dari dalam tubuh bersama feses (Silalahi 2006). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yang kemudian dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan DMRT

pada  $\alpha 5\%$  (terlampir) diperoleh kadar serat kasar tempe (% db) beberapa varietas kedelai dengan beberapa perlakuan lama fermentasi yang ditunjukkan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3.

Tabel 1. memperlihatkan kadar serat kasar tempe pada beberapa perlakuan lama fermentasi. Kadar serat kasar tempe dinyatakan dalam bentuk persen (%). Kadar serat kasar tempe pada 30 jam fermentasi sebesar 16,16%, artinya jumlah serat kasar yang terkandung dalam 100 gram tempe adalah 16,16 gram.

Lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai. Semakin lama fermentasi semakin tinggi kadar serat kasar tempe. Pernyataan ini sesuai dengan pernyataan Kasmidjo (1990) yang mengatakan bahwa akibat pengolahan kedelai menjadi tempe, kadar nitrogen dan kadar selulosa meningkat. Stephen et al. (1997) juga mengatakan bahwa selulosa bersifat inert dan tidak dapat terfermentasi selama proses fermentasi tempe karena *Rhizopus* sp tidak memproduksi enzim selulase.

Menurut Kasmidjo (1990) selama 0-50 jam fermentasi tempe, pertumbuhan *Rhizopus* sp. terus meningkat dengan menghasilkan miselia pada permukaan biji kedelai yang semakin lama semakin lebat sehingga membentuk massa tempe yang lebih kompak. Peningkatan jumlah miselia yang dibentuk oleh *Rhizopus* sp. selama proses fermentasi tempe mengindikasikan kenaikan kadar serat kasar tempe. Miselia tersusun dari hifa yang mengandung protoplasma dan dilapisi dinding sel. Komponen dinding sel hifa adalah selulosa dan kitin (Dwidjoseputro 1978). Telah diketahui bahwa selulosa merupakan salah satu komponen penyusun serat kasar, oleh karena itu semakin lama fermentasi semakin banyak miselia yang terbentuk dari hifa maka semakin banyak pula jumlah selulosa sehingga semakin tinggi kadar serat kasarnya.

Tabel 2. memperlihatkan bahwa varietas kedelai berpengaruh terhadap kadar serat kasar tempe. Urutan kadar serat kasar tempe dari yang terendah sampai yang tertinggi adalah tempe kedelai Wilis (13,95%), tempe kedelai Hitam (15,09%), tempe kedelai Sibayak (16,03%), tempe kedelai Tanggamus (17,77%), tempe kedelai Ijen (18,95%), tempe kedelai Kaba (19,00%). Perbedaan kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai tersebut dipengaruhi oleh perbedaan kadar serat kasar awal yang telah terdapat secara alami dalam kedelai, selain itu juga dipengaruhi oleh karakteristik kulit kedelai seperti kandungan serat kasar, tebal kulit dan proporsi kulit dengan kotiledon. Kulit kedelai memiliki kandungan serat 4-6 gram/100 gram (Winarno dan Reddy 1986). Tempe kedelai Kaba dan Ijen memiliki kadar serat kasar yang tidak berbeda nyata, hal ini mengindikasikan bahwa serat kasar yang terkandung secara alami dalam kedelai Kaba dan Ijen juga hampir sama.

Tabel 3. memperlihatkan kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai dengan beberapa perlakuan lama fermentasi. Semakin lama fermentasi, kadar serat kasar tempe kedelai Sibayak, tempe kedelai Ijen dan tempe kedelai Hitam semakin tinggi. Semakin lama fermentasi semakin banyak miselia yang terbentuk dari hifa maka semakin banyak pula jumlah selulosa sehingga semakin

tinggi kadar serat kasarnya (Kasmidjo 1990 dan Dwidjoseputro 1978). Tempe kedelai Ijen dan tempe kedelai Kaba dengan perlakuan lama fermentasi 54 jam memiliki kadar serat kasar tertinggi yaitu sebesar 20,02% dan 19,79%, hal ini dikarenakan oleh tingginya kadar serat kasar awal yang telah terdapat secara alami dalam kedelai Ijen dan Kaba.

Kadar serat kasar tempe kedelai Wilis yaitu 13,66% pada 30 jam fermentasi, turun menjadi 13,02% pada 42 jam fermentasi kemudian meningkat menjadi 15,19% pada 54 jam fermentasi. Kadar serat kasar tempe kedelai Kaba yaitu 18,53% pada 30 jam fermentasi tidak berbeda nyata dengan 42 jam fermentasi (18,06%) kemudian turun menjadi 19,79% pada 54 jam fermentasi. Kadar serat kasar tempe kedelai Tanggamus yaitu 17,32% pada 30 jam fermentasi, meningkat menjadi 18,06% pada 42 jam fermentasi tetapi tidak berbeda nyata dengan 54 jam fermentasi (18,06%). Penurunan kadar serat kasar ataupun jumlah serat kasar yang tidak berbeda nyata pada tempe-tempe tersebut mengindikasikan aktivitas *Rhizopus* sp. mulai terhambat atau berhenti sehingga tidak terjadi proses pembentukan miselia, oleh karena itu jumlah selulosa pada dinding sel hifa tetap dan kadar serat kasar tempe pun jumlahnya tetap (tidak berbeda nyata).

#### Aktivitas antioksidan

Antioksidan pangan adalah suatu zat dalam makanan yang menghambat akibat buruk dari efek senyawa oksigen yang reaktif (ROS), senyawa nitrogen yang reaktif (SNR) atau keduanya, dalam fungsi fisiologis normal pada manusia. Antioksidan dalam makanan dapat berperan dalam pencegahan berbagai penyakit, meliputi penyakit kardiovaskular, serebrovaskular, kanker, penyakit yang berhubungan dengan penuaan dan lain-lain (Silalahi 2006).

Senyawa antioksidan yang terkandung dalam tempe adalah isoflavon, superoksida dismutase (Astuti 2000), 6,7,4'-trihidroksi isoflavon (Pawiroharsono (1995), tokoferol (Kasmidjo 1990) dan lain-lain. Senyawa antioksidan tersebut telah terkandung dalam kedelai maupun terbentuk ketika proses pembuatan tempe. Akumulasi komponen aktif dalam tempe tersebut yang akhirnya terdeteksi sebagai antioksidan dan diuji aktivitas antioksidannya.

Metode pengujian aktivitas antioksidan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Metode DPPH digunakan secara luas untuk pengujian kemampuan penangkapan radikal bebas dari beberapa komponen alam seperti komponen fenolik, flavonoid, antosianin dan lain-lain. Metode DPPH sering digunakan untuk mendeteksi kemampuan antiradikal suatu senyawa karena hasilnya terbukti akurat, reliabel, relatif cepat dan praktis (Pezzuto 2002 dalam Yuswantina 2009).

Prinsip metode DPPH adalah pengukuran penangkapan radikal bebas sintetik dalam pelarut organik polar seperti etanol atau metanol pada suhu kamar oleh suatu senyawa yang mempunyai aktivitas antioksidan. Proses penangkapan radikal ini melalui mekanisme pengambilan atom hidrogen dari senyawa antioksidan oleh radikal bebas sehingga radikal bebas menangkap satu elektron dari antioksidan. Radikal bebas sintetik yang digunakan DPPH

(2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Senyawa DPPH bereaksi dengan senyawa antioksidan melalui pengambilan atom hidrogen dari senyawa antioksidan untuk mendapatkan pasangan elektron (Pokorny et al. 2001).

Senyawa yang aktif sebagai antioksidan mereduksi radikal bebas DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) menjadi *difenil pikril hidrazin* sehingga warna sampel berubah dari ungu menjadi pudar (Blois 1958). Semakin tinggi aktivitas antioksidan dalam suatu sampel semakin pudar warna yang dihasilkan karena semakin besar jumlah radikal bebas direduksi oleh antioksidan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yang kemudian dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan DMRT pada  $\alpha$  5% (terlampir) diperoleh aktivitas antioksidan tempe (%) beberapa varietas kedelai dengan beberapa perlakuan lama fermentasi yang ditunjukkan pada Tabel 4-6.

Tabel 4. memperlihatkan bahwa semakin lama fermentasi semakin tinggi aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai (*Glycine* sp.). Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam bentuk persen (%). Aktivitas antioksidan tempe pada 30 jam fermentasi adalah 36,35%, artinya antioksidan dalam tempe tersebut memiliki kemampuan untuk menangkap radikal DPPH sebesar 36,35%.

Telah diketahui bahwa antioksidan dalam tempe terdiri dari antioksidan yang secara alami terkandung dalam kedelai dimana selama proses pembuatan tempe, antioksidan tersebut mengalami peningkatan kuantitas dan atau berubah menjadi senyawa turunan yang aktivitas antioksidannya lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas antioksidan kedelai. Menurut Winarsi (2008), antioksidan dikelompokkan menjadi dua yaitu antioksidan non-enzimatis dan enzimatis. Antioksidan non-enzimatis dalam tempe diantaranya isoflavon, faktor II dan tokoferol sedangkan antioksidan enzimatis dalam tempe adalah superoksida dismutase (SOD). Menurut Handayani (2002), antioksidan yang paling menonjol dalam tempe adalah isoflavon, oleh karena itu senyawa yang paling dominan terukur dalam uji aktivitas antioksidan adalah isoflavon.

Kedelai mengandung isoflavon glukosida yang terdiri dari 65% genistin, 23% daidzin dan 15% glisitin. Senyawa isoflavon pada kedelai tersebut berbentuk senyawa konjugat dengan senyawa gula melalui ikatan -O-glikosidik (Naim 1973). Pratt dan Hudson (1992) menjelaskan bahwa daidzin, genistin dan glisitin yang terdapat pada biji kedelai dapat dihidrolisis oleh  $\beta$ -glukosidase yang secara alami terdapat dalam kedelai selama proses perendaman menjadi isoflavon aglikon dan glukosanya yaitu genistein (5,7,4'-trihidroksi isoflavon) dan glukosa (1:1), daidzein (7,4'-trihidroksi isoflavon) dan glukosa (1:1) serta glisitein (6-metoksi-7,4'-dihidroksi isoflavon) dan glukosa (1:1).

Menurut Wang dan Murphy (1996) dan Wuryani (2009) setelah 22 jam fermentasi, isoflavon aglikon yang terkandung dalam tempe meningkat 6,5 kali dan glukosidanya turun 57% dari kedelai rebus. Pembentukan aglikon selama fermentasi tempe disebabkan oleh aktivitas hidrolitik enzim  $\beta$ -glukosidase yang diproduksi oleh *Rhizopus* sp.

**Tabel 1.** Kadar Serat Kasar Tempe pada Beberapa Perlakuan Lama Fermentasi

Lama fermentasi	Kadar serat kasar (% db)
30 jam	16,16 <sub>a</sub>
42 jam	16,68 <sub>b</sub>
54 jam	17,57 <sub>c</sub>

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%

**Tabel 2.** Kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai

Varietas	Kadar serat kasar (% db)
Sibayak	16,03 <sub>c</sub>
Wilis	13,95 <sub>a</sub>
Tanggamus	17,77 <sub>d</sub>
Kaba	19,00 <sub>e</sub>
Ijen	18,95 <sub>e</sub>
Hitam	15,09 <sub>b</sub>

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%

**Tabel 3.** Kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai dengan beberapa perlakuan lama fermentasi

Varietas	Kadar serat (% db)		
	Lama fermentasi 30 jam	Lama fermentasi 42 jam	Lama fermentasi 54 jam
Sibayak	15,50 <sub>e</sub>	15,99 <sub>f</sub>	16,61 <sub>g</sub>
Wilis	13,66 <sub>b</sub>	13,02 <sub>a</sub>	15,19 <sub>d</sub>
Tanggamus	17,32 <sub>h</sub>	18,06 <sub>i</sub>	17,94 <sub>i</sub>
Kaba	18,53 <sub>j</sub>	18,69 <sub>j</sub>	19,79 <sub>i</sub>
Ijen	17,48 <sub>h</sub>	19,36 <sub>k</sub>	20,02 <sub>i</sub>
Hitam	14,48 <sub>c</sub>	14,96 <sub>d</sub>	15,86 <sub>f</sub>

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%

**Tabel 4.** Aktivitas antioksidan tempe pada beberapa perlakuan lama fermentasi

Lama fermentasi	Aktivitas antioksidan (%)
30 jam	36,35 <sub>a</sub>
42 jam	39,03 <sub>b</sub>
54 jam	42,12 <sub>c</sub>

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%

**Tabel 5.** Aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai

Varietas	Aktivitas Antioksidan (%)
Sibayak	35,13 <sub>c</sub>
Wilis	34,94 <sub>c</sub>
Tanggamus	32,25 <sub>a</sub>
Kaba	35,11 <sub>c</sub>
Ijen	34,45 <sub>b</sub>
Hitam	63,12 <sub>d</sub>

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%

**Tabel 6.** Aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai dengan beberapa perlakuan lama fermentasi

Varietas	Kadar serat (% db)		
	Lama fermentasi 30 jam	Lama fermentasi 42 jam	Lama fermentasi 54 jam
Sibayak	28,77 <sub>a</sub>	34,94 <sub>f</sub>	41,69 <sub>j</sub>
Wilis	33,12 <sub>e</sub>	34,30 <sub>f</sub>	37,40 <sub>h</sub>
Tanggamus	29,61 <sub>b</sub>	32,21 <sub>d</sub>	34,94 <sub>f</sub>
Kaba	32,34 <sub>d</sub>	34,94 <sub>f</sub>	38,05 <sub>i</sub>
Ijen	35,71 <sub>g</sub>	30,37 <sub>c</sub>	37,27 <sub>h</sub>
Hitam	58,57 <sub>k</sub>	67,40 <sub>m</sub>	63,38 <sub>l</sub>

Keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%

Handajani (2002) mengatakan bahwa fermentasi tempe telah mengubah bentuk isoflavon glukosida menjadi isoflavon aglikon yaitu daidzein, genistein, glisitein dan faktor II (6,7,4 tri-hidroksiisoflavon). Senyawa-senyawa turunan tersebut memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan isoflavon glukosida. Pawiroharsono (1995) menjelaskan bahwa proses pembentukan Faktor II terjadi melalui dua reaksi yaitu (1) melalui reaksi dimetilasi glisitein oleh bakteri *Brevibacterium epidermis* dan *Micrococcus luteus* dan (2) melalui reaksi hidrosilasi daidzein oleh bakteri *Micrococcus arborescens*. Faktor II berperan sebagai antioksidan, antihemolisis, antikolesterol dan antikanker. Faktor II sangat menarik perhatian karena aktivitas antioksidannya 10 kali lebih besar daripada vitamin A dan 3 kali lebih besar dari aglikon lain (Jha 1985). Pernyataan tersebut mengindikasikan bahwa semakin lama fermentasi semakin tinggi aktivitas antioksidan tempe terutama ditinjau dari komponen isoflavonnya.

Tokoferol juga meningkat selama fermentasi terutama  $\beta$ -tokoferol meningkat 222,5% sehingga meningkatkan aktivitas antioksidan alami pada tempe. Superoksida dismutase (SOD) juga terbentuk selama fermentasi tempe. SOD terbentuk setelah 24 jam fermentasi dan jumlahnya terus meningkat sampai 60 jam fermentasi dan setelah itu akan mulai menurun, hal ini disebabkan karena pertumbuhan *Rhizopus* menurun dan SOD memiliki aktivitas optimum pada pH 7-7,5 dan suhu 37°C (Astuti et al. 2000). Akumulasi dari komponen-komponen antioksidan yang meningkat seiring dengan semakin lama waktu fermentasi tersebut yang mengakibatkan semakin lama fermentasi semakin tinggi aktivitas antioksidan tempe.

Tabel 5. memperlihatkan bahwa varietas kedelai berpengaruh pada aktivitas antioksidan tempe. Urutan aktivitas antioksidan tempe dari yang terendah sampai yang tertinggi adalah tempe kedelai Tanggamus (32,25%), tempe kedelai Ijen (34,45%), tempe kedelai Wilis (34,94%), tempe kedelai Kaba (35,11%), tempe kedelai Sibayak (35,13%), tempe kedelai Hitam (63,12%). Tempe kedelai Wilis, Kaba dan Sibayak memiliki aktivitas antioksidan yang tidak berbeda nyata, hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas antioksidan awal yang secara alami terdapat pada kedelai Wilis, Kaba dan Sibayak hampir sama.

Pernyataan tersebut sesuai dengan pernyataan Sihono (2004) yang menjelaskan bahwa jumlah isoflavon yang terkandung secara alami dalam kedelai bervariasi tergantung pada jenis kedelai dan daerah geografis budidaya. Isoflavon dalam kedelai terdiri dari tiga komponen yaitu daidzin, glisitin dan genistin. Kandungan daidzin, glisitin dan genistin kedelai hitam yang ditanam di Amerika berturut-turut adalah 40.5 mg/g, 2.6 mg/g, 56.9 mg/g, sedangkan yang ditanam di Cina berturut-turut adalah 52.9 mg/g, 7.8 mg/g dan 39.2 mg/g. Kandungan daidzin, glisitin dan genistin kedelai kuning yang ditanam di Amerika berturut-turut adalah 42.7 mg/g, 2.6 mg/g, 54.7 mg/g, sedangkan yang ditanam di Cina berturut-turut adalah 53.5 mg/g, 8.1 mg/g, 38.4 mg/g.

Tempe yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi adalah tempe kedelai Hitam. Tempe kedelai Hitam memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan varietas-varietas lain karena senyawa antioksidan dalam kedelai hitam berupa senyawa-senyawa fenolik (genistin, daidzin, glisitin, epikatekin dan antosianin) yang lebih banyak dan beragam daripada kedelai kuning (genistin, daidzin dan glisitin). Kedelai hitam mengandung senyawa flavonoid selain isoflavon yaitu berupa epikatekin 129  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  dan antosianin 18  $\mu\text{mol}/100\text{ g}$  (Sakakibara et al. 2003).

Tabel 6. memperlihatkan aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai dengan beberapa perlakuan lama fermentasi. Semakin lama fermentasi, aktivitas antioksidan tempe kedelai Sibayak, tempe kedelai Wilis, tempe kedelai Tanggamus dan tempe kedelai Kaba semakin tinggi. Aktivitas antioksidan tempe kedelai Ijen yaitu 35,71% pada 30 jam fermentasi turun menjadi 30,37% pada 42 jam fermentasi kemudian meningkat menjadi 37,27% pada 54 jam fermentasi.

Aktivitas antioksidan tempe kedelai Hitam yaitu 58,57% pada 30 jam fermentasi meningkat menjadi 67,40% pada 42 jam fermentasi kemudian turun menjadi 63,38% pada 54 jam fermentasi. Komponen antioksidan yang menonjol dalam kedelai hitam selain isoflavon adalah antosianin (Sakakibara et al. 2003), sehingga dapat dikatakan bahwa penurunan aktivitas antioksidan tempe kedelai Hitam dari 67,40% (42 jam fermentasi) menjadi 63,38% (54 jam fermentasi) dikarenakan semakin lama waktu fermentasi, pH tempe semakin meningkat sampai pH 8,4 (Pangastuti dan Triwibowo 1996).

Peningkatan pH sampai pH 8,4 mengakibatkan antosianin tidak stabil. Antosianin umumnya lebih stabil dalam keadaan asam dibandingkan dalam keadaan netral atau alkali. Dalam keadaan asam, struktur dominan antosianin berada dalam bentuk inti kation flavilium yang terprotonisasi dan kekurangan elektron. Peningkatan nilai pH menyebabkan kation flavilium menjadi tidak stabil dan mudah mengalami transformasi struktural menjadi senyawa tidak berwarna seperti kalkon (Satyatama 2008). Transformasi antosianin menjadi senyawa tidak berwarna juga mengakibatkan menurunnya aktivitas antioksidan (Stintzing et al. 2002). Kirca et al. (2007) juga menjelaskan bahwa peningkatan pH meningkatkan degradasi antosianin, dengan demikian kenaikan pH pada tempe mengakibatkan penurunan aktivitas antioksidan.

## KESIMPULAN

Dari pembahasan “Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Kadar Serat Kasar dan Aktivitas Antioksidan Tempe Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine* sp.)” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Lama fermentasi berpengaruh terhadap kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai. Semakin lama fermentasi semakin tinggi kadar serat kasar tempe beberapa varietas kedelai. Lama fermentasi berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai. Semakin lama fermentasi semakin tinggi aktivitas antioksidan tempe beberapa varietas kedelai. Tempe kedelai Ijen dan tempe kedelai Kaba dengan perlakuan lama fermentasi 54 jam memiliki kadar serat kasar tertinggi yaitu sebesar 20,02% dan 19,79%. Tempe kedelai Hitam dengan perlakuan lama fermentasi 42 jam memiliki aktivitas antioksidan tertinggi yaitu sebesar 67,40%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono A, Fardiaz D, Puspitasari NL, Sedarnawati, Budiyo S. 1989. Analisis Pangan. IPB Press. Bogor.
- Astuti M. 2000. Superoksida Dismutase dalam Tempe dan Modulasi Tempe. Prosiding Seminar Masa Depan Industri Tempe Menghadapi Milenium Ketiga.
- Astuti M, Meliala A, Dalais FS. 2000. Tempe, A Nutritious And Healthy Food From Indonesia. Asia Pacific J Clin Nutr 9 (4): 322-325.
- Babu DP, Bhakharaj R, Vidhyalakshmi. 2009. A Low Cost Nutritious Food “Tempeh”. World J Dairy Food Sci 4 (1): 22-27.
- Baumann U, Bisping B. 1995. Proteolysis during tempe fermentation. Food Microbiol 1995 12: 39-47.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200.
- Brata AM, Arbai. 1999. Cholesterol Lowering Effect of Tempe. The Complete Handbook of Tempe: The Unique Fermented Soyfood of Indonesia. Hal 51-70.
- Dwidjoseputro D. 1978. Dasar-dasar Mikrobiologi. Djambatan, Jakarta.
- Fardiaz D, Andarwulan N, Wijaya H, Puspitasari NL. 1997. Teknik Analisis Sifat Kimia dan Fungsional Komponen Pangan. IPB Press. Bogor.
- Ginting E. 2008. Mutu Kedelai Nasional Lebih Baik dari Kedelai Impor. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian 30: (1) 8-10.
- Handayani D, Bantacut T, Munandar J.M, Budijanto S. 2009. Simulasi Kebijakan Daya Saing Kedelai Lokal pada Pasar Domestik. Jurnal Teknologi Industri Pertanian 19 (1): 7-15.
- Hutkins RW. 2006. Microbiology and Technology of Fermented Foods. IFT Press. USA.
- Jha HC. 1985. Novel isoflavonoids and its derivatives, new antioxidant derived from fermented soybean (tempe). Asian Symposium Non-salted Soybean Fermentation, Tsukuba, Japan, July 14-16, 1985.
- Karyadi D, Hermans H. 1995. Potensi Tempe Untuk Gizi dan Kesehatan. Puslitbang Gizi, Bogor.
- Karyadi D. 2000. Ciri Fungsional Tempe dalam Kerangka Nilai Tambah Gizi, Kesehatan, Pencegahan dan Pengobatan. Prosiding Seminar Masa Depan Industri Tempe Menghadapi Milenium Ketiga.
- Kasmidjo RB. 1990. Tempe: Mikrobiologi dan Biokimia Pengolahan Serta Pemanfaatannya. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.
- Kirca A, Zkan MO, Cemerog B. 2007. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. J Food Chem 101: 212-218.
- Naim M. 1973. A new isoflavone from soybeans. Phytochemistry 12: 169-171.
- Osawa T, Namiki MA. 1981. A Novel Type of Antioxidant Isolated from Leaf Wax of Eucalyptus Leaves. Agric Biol Chem 45: 735-739.
- Pangastuti HP, Triwibowo S. 1996. Proses Pembuatan Tempe Kedelai: III. Analisis Mikrobiologi. Jurnal Cermin Dunia Kedokteran 109: 1996.

- Pawiroharsono S. 1995. Metabolisme Isoflavon dan Faktor II (6,7,4' Trihidroksi Isoflavon) pada Proses Pembuatan Tempe. Simposium Nasional Pengembangan Tempe dalam Industri Pangan Modern. Hal 165- 174.
- Pokorny J, Yanishlieva N, and Gordon M. 2001. Antioxidant in Food. CRC Press. England.
- Pratt DE, Hudson B.J.F. 1992. Natural Antioxidants Not Exploited Commercially. Elsevier Applied Science Publisher LTD, India.
- Rukmana R, Yuniarsih Y. 1996. Kedelai: Budidaya dan Pasca Panen. Kanisius. Yogyakarta.
- Sakakibara H, Honda Y, Nakagawa S, Ahida H, Kanazawa K. 2003. Simultaneous determination of all polyphenols in vegetables, fruits and teas. J Agric Food Chem 51: 2866-2887.
- Satyatama D.I. 2008. Pengaruh Kopigmentasi terhadap Stabilitas Warna Antosianin Buah Duwet (*Syzygium cumini*). [Tesis]. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Setneg. 2010. Upaya Peningkatan Produksi Kedelai. Sekretariat Negara Republik Indonesia, Jakarta
- Sihono. 2004. Evaluasi Aktivitas Antioksidan pada Ekstrak Kedelai Hitam (*Glycine max* L). [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Silalahi J. 2006. Makanan Fungsional. Kanisius. Yogyakarta.
- SNI [Standar Nasional Indonesia]. 01-3922-1995. Standar Nasional Indonesia: Kedelai. KAN, Jakarta.
- SNI [Standar Nasional Indonesia]. 3144:2009. Standar Nasional Indonesia: Tempe Kedelai. KAN, Jakarta.
- Stephen AM, Dahl WJ, Johns DM, Englyst HN. 1997. Effect of oat hull fiber on human colonic function and serum lipids. Cereal Chem J 74 (4):379-383.
- Stintzing FC, Stintzing AS, Carle R, Frei B, Wrolstad RE. 2002. Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. J Agric Food Chem 50:6172-6181.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 2003. Analisis Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.
- Supriyono. 1999. Wacana Tempe Indonesia. Universitas Katolik Widya Mandala Press. Surabaya.
- Suryana. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan kedelai. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- USDA. 2009. Nutrition Fact of Tempeh. <http://www.nutritiondata.com/facts/legumes-and-legume-products/4381/2>. [5 September 2009].
- USSEC. 2010. Tempe Project in Indonesia Creating Demand for High Quality U.S. Soybeans. <http://mea.ussec.org/docs/publications/jan-22-2010.pdf>. [Diakses pada hari Senin, 1 Maret 2010 pukul 09.00 WIB].
- Wang HJ, Murphy P. 1994. Isoflavone Content in Commercial Soybean Foods. J. Agric. Food Chem. 42: 666-673.
- Winarno FG, Reddy NR. 1986. Legume-Based Fermentation. Journal of Food Science 40: 168-170.
- Winarsi H. 2008. Antioksidan Alami dan Radikal Bebas: Potensi dan Aplikasinya dalam Kesehatan. Kanisius. Yogyakarta.
- Wuryani. 2009. Isoflavones: The Destrogenic Compounds In Tempe. <http://www.biotek.lipi.go.id/annales/v3n1%201994/wuryani.pdf>. [31 Agustus 2009].
- Yuswantina R. 2009. Uji Aktivitas Penangkap Radikal dari Ekstrak Petroleum Eter, Etil Asetat dan Etanol Rhizoma Binahong (*Anredera cordifolia* (Tenore) Steen) Dengan Metode DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrihidrazil). [Skripsi]. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
- Yuswantina, R. 2009. Uji Aktivitas Penangkap Radikal dari Ekstrak Petroleum Eter, Etil Asetat dan Etanol Rhizoma Binahong (*Anredera cordifolia* (Tenore) Steen) dengan Metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil). [Skripsi]. Fakultas Farmasi UMS. Surakarta.