

## Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Tempe yang Dihasilkan dari Berbagai Varietas Kedelai

### *Phsyco-chemical Characteristics and Functional Properties of Tempe Made from Different Soybeans Varieties*

Made Astawan<sup>a</sup>, Tutik Wresdiyati<sup>b</sup>, Sri Widowati<sup>c</sup>, Siti Harnina Bintari<sup>d</sup>,  
Nadya Ichسانی<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

<sup>b</sup>Fakultas Kedokteran Hewan, IPB

<sup>a,b</sup>Jalan Darmaga Bogor 16680

<sup>c</sup>Balai Besar Pascapanen, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian RI  
Jl. Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor

<sup>d</sup>Universitas Negeri Semarang

Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Email: mastawan@yahoo.com

Diterima : 3 Mei 2013

Revisi : 18 Juni 2013

Disetujui : 25 Juni 2013

#### ABSTRAK

Tempe merupakan makanan tradisional Indonesia yang diproduksi melalui fermentasi kedelai dengan kapang *Rhizopus sp.* Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan karakteristik fisik dan kimia kedelai impor (GMO, Non-GMO) dan kedelai lokal (Grobogan, Anjasmara, Argomulyo). Sebelum difermentasi, kelima jenis kedelai dibandingkan satu sama lain dalam hal ukuran, berat per 100 biji, volume, densitas kamba, impuritas, dan derajat pengembangan setelah dimasak dan direndam satu malam. Kadar air, abu, dan proteinnya juga dibandingkan. Untuk produksi tempe, kedelai disortasi, direbus, direndam, dikupas kulitnya, dan difermentasi. Tempe yang dihasilkan kemudian dianalisis kadar air, abu, protein, kapasitas antioksidan, rendemen, biaya paling efektif, dan karakteristik sensorinya. Hasil analisis menunjukkan kedelai Grobogan memiliki ukuran terbesar (19,53 g/100 biji kedelai) dan efektivitas biaya tertinggi (0,73), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen tempe yang dihasilkan ( $p > 0,05$ ). Tempe yang dihasilkan dari kedelai Grobogan memiliki kadar air, protein, dan lemak yang sama dengan tempe dari kedelai impor. Tempe yang dihasilkan dari kedelai Argomulyo memiliki kadar protein tertinggi (52,70 persen). Kapasitas antioksidan tempe dari kedelai impor dan lokal berkisar antara 186-191 mg AEAC/kg tempe dan tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ) satu sama lain. Berdasarkan analisis sensori pada tempe mentah dan tempe goreng, secara keseluruhan tempe dari kedelai lokal memperoleh tingkat kesukaan yang sama dengan tempe dari kedelai impor.

kata kunci: fermentasi, kedelai impor, kedelai lokal, tempe

#### ABSTRACT

*Tempe is Indonesian traditional food made by fermentation of soybean by the fungus Rhizopus sp. The objective of this research was to compare physical and chemical properties of import soybeans (GMO, Non-GMO) and local soybeans (Grobogan, Anjasmara, Argomulyo). Before being fermented, these import and local soybeans were compared on size, weight/100 grains, volume, bulk density, impurities, and puffing degree after being cooked and overnight soaked. The moisture, ash, and protein contents were also compared. For producing tempe, soybeans were sorted, cooked, soaked, dehulled, and fermented. The tempe moisture, ash, protein, antioxidant capacity, yield, cost effectiveness, and sensory characteristic were then evaluated. The result showed that Grobogan variety had the biggest size (19.53 g/100 soybean grains) and the highest cost effectiveness (0.73), but the yields of all tempe were not significantly different ( $p > 0.05$ ). Tempe made from Grobogan soybean had moisture, protein, and fat content as high as tempe made from imported soybeans. Tempe made from Argomulyo soybean had the highest protein content (52.70 percent). The antioxidant capacity of tempe made from imported and local soybeans was about*

186–191 mg AEAC/g, but was not significantly different ( $p > 0.05$ ). Based on sensory evaluation of raw and fried tempe, overall tempe made from local soybeans had the same preference with tempe made from imported soybeans.

keywords : fermentation, import soybean, local soybean, tempe

## I. PENDAHULUAN

Tempe merupakan pangan tradisional Indonesia yang dihasilkan dari fermentasi kedelai oleh kapang *Rhizopus* sp. Kapang yang tumbuh akan membentuk *hifa*, yaitu benang putih yang menyelimuti permukaan biji kedelai dan membentuk jalinan *misellium* yang mengikat biji kedelai satu sama lain, membentuk struktur yang kompak dan tekstur yang padat. Tempe memiliki banyak manfaat bagi tubuh manusia, di antaranya menurunkan *flatulensi* dan diare, menghambat *biosintesis* kolesterol dalam hati, mencegah oksidasi LDL, menurunkan total kolesterol dan *triasilgliserol*, meningkatkan enzim antioksidan SOD, dan menurunkan risiko kanker *rectal*, prostat, payudara, dan *kolon* (Astuti, dll., 2000).

Indonesia merupakan negara produsen tempe terbesar di dunia dan menjadi pasar kedelai terbesar di Asia. Hingga tahun 2011, jumlah produsen tempe di Indonesia yang telah terdaftar di KOPTI telah mencapai lebih dari 100.000 produsen yang tersebar di beberapa daerah seperti Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, NTB, Aceh, dan Lampung. Produksi tempe telah memanfaatkan 60 persen dari jumlah pemakaian kedelai di Indonesia atau 1,2 juta ton/tahun (Rosalina, 2011). Konsumsi tempe rata-rata per orang per tahun di Indonesia diduga sekitar 8,50 kg (SUSENAS, 2009).

Sayangnya, produksi tempe yang sangat besar di Indonesia tidak didukung oleh penyediaan kedelai lokal yang cukup. Produksi kedelai Indonesia hanya mencapai 779.740 ton atau 29 persen dari total kebutuhan nasional (BPS, 2012), sedangkan total kebutuhan kedelai nasional mencapai 2,2 juta ton. Akibatnya, setiap tahun Indonesia harus mengimpor kedelai sebanyak 2.087.986 ton untuk memenuhi 71 persen kebutuhan kedelai dalam negeri. Selain itu, pengrajin tempe dan tahu cenderung memilih kedelai impor karena pasokan bahan baku terjamin, harga lebih murah, dan ukuran bijinya lebih besar dibanding kedelai lokal. Sekitar 93 persen pengrajin tempe menyukai kedelai yang berkulit kuning dan berbiji besar karena menghasilkan tempe dengan warna yang cerah

dan volume yang besar (Krisdiana, 2005). Jenis tempe tersebut hanya dapat diperoleh dari kedelai impor. Adanya kecenderungan tersebut menyebabkan semakin menurunnya permintaan kedelai lokal yang berimbas pada produksi kedelai lokal yang semakin rendah.

Penelitian ini akan menguji dan membandingkan karakteristik tempe yang dihasilkan dari kedelai impor dan kedelai lokal, baik secara fisik maupun kimia. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pemerintah untuk mendorong petani agar meningkatkan produksi kedelai dalam negeri dan mengedukasi masyarakat, khususnya pengrajin tempe untuk beralih menggunakan kedelai lokal sebagai bahan baku pembuatan tempe.

## II. METODOLOGI

### 2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Rumah Tempe Indonesia yang beralamatkan di Jalan Cilendek Nomor 27, Bogor, dan di Laboratorium Biokimia Pangan dan Gizi, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Adapun waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Februari sampai Mei 2013.

### 2.2. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah lima varietas kedelai, yaitu GMO, Non-GMO, Grobogan, Anjasmara, dan Argomulyo. Kedelai GMO, Non-GMO, dan Grobogan diperoleh dari KOPTI Kabupaten Bogor, sedangkan kedelai Anjasmara dan Argomulyo diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (BALITKABI) Malang. Selain itu terdapat pula bahan-bahan untuk membuat tempe dan bahan-bahan untuk analisis. Alat-alat yang digunakan terbagi dalam dua kelompok besar, yaitu alat untuk produksi tempe dan alat untuk analisis.

### 2.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan dilakukan dengan

menganalisis karakteristik fisik dan kimia dari lima varietas kedelai yang akan digunakan dalam pembuatan tempe. Karakteristik fisik yang diamati meliputi: dimensi biji, densitas kamba, volume, berat per 100 biji, dan impuritas. Karakteristik kimia kedelai yang diamati meliputi: kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat. Penelitian utama terbagi dalam dua tahap, yaitu tahap produksi tempe dan tahap analisis tempe yang dihasilkan dari lima jenis kedelai. Proses pembuatan tempe dilakukan di Rumah Tempe Indonesia, yang berlokasi di Bogor. Proses pembuatan tempe diawali dengan penyortiran, pencucian, perendaman, perebusan I, perendaman kembali selama semalam, pengupasan kulit, pemisahan kulit ari, pencucian, perebusan II, penirisan dan pendinginan, peragian, pencetakan, dan fermentasi. Analisis yang dilakukan pada tempe meliputi: rendemen, efektivitas biaya, sifat fisik, kimia, kapasitas antioksidan, dan sensori. Analisis fisik meliputi tekstur dengan penetrometer dan warna dengan Chromameter Minolta CR 310. Analisis kimia meliputi: kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, dan serat pangan.

## 2.4. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian pendahuluan dan penelitian utama adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua kali ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah lima varietas kedelai, yaitu GMO, Non-GMO, Grobogan, Anjasmara, dan Argomulyo. Model matematik RAL tersebut adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \sum ij$$

Di mana:

$Y_{ij}$  = Nilai pengamatan respon karena perbedaan varietas kedelai

$\mu$  = Nilai rata-rata umum

$A_i$  = Pengaruh varietas kedelai

$\sum ij$  = Galat percobaan

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Kedelai

Kedelai merupakan alternatif sumber protein yang berasal dari golongan kacang-kacangan dan berperan penting dalam penyediaan protein serta asam amino esensial bagi keseimbangan gizi pangan di desa maupun kota. Kedelai

banyak diolah menjadi produk pangan melalui proses fermentasi dengan bantuan beberapa kapang, antara lain *Rhizopus oligosporus*, *R. oryzae*, *R. stolonifer*, *R. arrizus*, *Aspergillus oryzae*, dan *Mucor*. Produk-produk hasil fermentasi ini dikenal terutama di kawasan Asia seperti Jepang, Cina, dan Indonesia. Di Indonesia, sebagian besar kedelai yang masuk diolah menjadi tempe.

#### 3.1.1. Karakteristik Fisik

Lima jenis kedelai yang digunakan dalam penelitian ini masing-masing memiliki karakteristik fisik yang berbeda. Secara umum, kelima jenis kedelai yang digunakan memiliki panjang 7,66-8,65 mm, lebar 5,18 - 6,01 mm, tebal 6,36 - 7,13 mm, volume 125 - 167 mm<sup>3</sup> per biji, dan densitas kamba 0,70 - 0,73 g/ml (Tabel 1). Kedelai Grobogan mempunyai lebar lebih besar dibandingkan kedelai Anjasmara dan Argomulyo, serta sama dengan kedelai GMO dan Non-GMO impor. Kedelai Grobogan juga mempunyai tebal yang sama dengan kedelai GMO dan Non-GMO impor. Selain itu, uji statistik menunjukkan bahwa volume dan densitas kamba kelima jenis kedelai tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ).

Berat per 100 biji kedelai berkisar 14,65 - 19,53 gram (Tabel 1). Kedelai lokal cenderung memiliki berat per 100 biji yang lebih rendah dibandingkan kedelai impor, kecuali kedelai Grobogan. Berat per 100 biji kedelai dapat digunakan sebagai ukuran besar biji (Yuwono, dkk., 1999). Menurut klasifikasi ukuran biji kedelai oleh Susanto dan Saneto (1994), ukuran kelima jenis kedelai yang digunakan dalam penelitian ini tergolong besar, yaitu  $> 13$  g/100 biji. Kedelai Grobogan memiliki ukuran berat yang paling besar di antara jenis kedelai yang lain.

Persen impuritas merupakan perbandingan antara pengotor (non-kedelai) dan kedelai yang layak digunakan sebagai bahan baku tempe. Kedelai yang memiliki persen impuritas tertinggi adalah Grobogan, sedangkan yang terendah adalah Argomulyo (Tabel 1). Perbedaan impuritas tersebut disebabkan oleh perbedaan pengotor dan umur panen kedelai. Pengotor yang ditemukan antara lain berupa kerikil, ranting, kulit luar kedelai, jagung, serpihan kayu, dan lain-lain. Adapun umur panen kedelai

berpengaruh terhadap kelayakan kedelai untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe. Umur panen kedelai yang tepat adalah antara 100 - 120 hari masa tanam kedelai (Deptan, 2008). Jika kurang dari 100 hari, maka kedelai masih berwarna hijau dan tidak layak digunakan sebagai bahan baku tempe dan dihitung sebagai pengotor.

Setelah perebusan dan perendaman semalam, setiap jenis kedelai memiliki derajat pengembangan yang berbeda-beda, diukur dari peningkatan dimensi, volume dan densitas kamba (Tabel 2). Perendaman kedelai (yang telah direbus) selama semalam dalam proses pembuatan tempe berfungsi untuk menurunkan

pH kedelai sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan (Babu, dkk., 2009). Perendaman selama semalam memberikan pengaruh yang nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kenaikan volume dan densitas kamba kedelai. Kedelai Grobogan hanya mengembang pada bagian panjang dan tebal saja, kedelai yang memiliki lebar paling besar adalah Non-GMO.

### 3.2. Komposisi Kimia

Masing-masing kedelai memiliki komposisi kimia yang berbeda (Tabel 3). Kelima jenis kedelai memiliki kadar air yang sangat berbeda nyata ( $p < 0,01$ ) dengan nilai yang bervariasi. Perbedaan kadar air kedelai dapat disebabkan

**Tabel 1.** Karakteristik Fisik Lima Varietas Kedelai

Karakteristik Fisik	Jenis kedelai				
	GMO	Non-GMO	Grobogan	Anjasmara	Argomulyo
Dimensi biji (mm)					
Panjang	7,66±0,40 <sup>a</sup>	7,84±0,39 <sup>a</sup>	8,65±0,20 <sup>a</sup>	7,75±0,41 <sup>a</sup>	8,15±0,16 <sup>a</sup>
Lebar	6,01±0,18 <sup>b</sup>	5,36±0,25 <sup>b</sup>	5,64±0,14 <sup>b</sup>	5,18±0,20 <sup>a</sup>	5,22±0,15 <sup>a</sup>
Tebal	6,86±0,24 <sup>ab</sup>	6,58±0,39 <sup>ab</sup>	7,13±0,14 <sup>b</sup>	6,36±0,24 <sup>a</sup>	6,54±0,14 <sup>ab</sup>
Volume (mm <sup>3</sup> )	142,5±15,0 <sup>a</sup>	150,0±11,5 <sup>a</sup>	167,0±5,0 <sup>a</sup>	125,0±5,8 <sup>a</sup>	140,0±8,1 <sup>a</sup>
Densitas Kamba (g/ml)	0,72±0,02 <sup>a</sup>	0,70±0,01 <sup>a</sup>	0,72±0,01 <sup>a</sup>	0,73±0,01 <sup>a</sup>	0,70±0,00 <sup>a</sup>
Berat per 100 biji (g)	17,52±0,10 <sup>c</sup>	17,57±0,21 <sup>c</sup>	19,53±0,37 <sup>d</sup>	14,65±0,29 <sup>a</sup>	15,73±0,32 <sup>b</sup>
Impuritas (%)	0,50±0,03 <sup>b</sup>	0,30±0,00 <sup>b</sup>	1,14±0,17 <sup>c</sup>	0,36±0,08 <sup>b</sup>	0,03±0,00 <sup>a</sup>

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ )

**Tabel 2.** Perubahan Dimensi, Volume, dan Densitas Kamba Setelah Perebusan dan Perendaman Biji Kedelai Selama Semalam

Parameter	Jenis kedelai				
	GMO	Non-GMO	Grobogan	Anjasmara	Argomulyo
Dimensi biji (mm)					
Panjang	11,87±0,37 <sup>a</sup>	11,83±0,43 <sup>a</sup>	13,52±0,43 <sup>c</sup>	12,51±0,88 <sup>b</sup>	12,81±0,44 <sup>b</sup>
Lebar	6,01±0,23 <sup>b</sup>	6,49±0,28 <sup>c</sup>	5,99±0,22 <sup>b</sup>	5,46±0,21 <sup>a</sup>	5,53±0,16 <sup>a</sup>
Tebal	7,53±0,16 <sup>a</sup>	7,80±0,44 <sup>ab</sup>	8,19±0,26 <sup>b</sup>	7,49±0,30 <sup>a</sup>	7,93±0,56 <sup>b</sup>
Densitas kamba (g/ml)	0,62±0,00 <sup>ab</sup>	0,64±0,04 <sup>b</sup>	0,65±0,00 <sup>b</sup>	0,60±0,01 <sup>a</sup>	0,65±0,04 <sup>b</sup>
Volume biji (mm <sup>3</sup> )	337,5±25,0 <sup>b</sup>	387,5±25,0 <sup>c</sup>	425,0±28,9 <sup>d</sup>	362,5±40,8 <sup>bc</sup>	300,0±0,0 <sup>a</sup>
Derajat pengembangan (%)	238,0±21,8 <sup>ab</sup>	258,9±17,9 <sup>bc</sup>	254,1±22,8 <sup>bc</sup>	280,4±34,0 <sup>c</sup>	214,8±12,6 <sup>a</sup>

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ )

oleh perbedaan proses penanganan, pengeringan, penyimpanan, dan distribusi kedelai oleh supplier. Namun, jika mengacu pada SNI (1995) kadar air kelima jenis kedelai tersebut masih memenuhi standar yaitu <13 persen.

Kadar abu menunjukkan adanya kandungan mineral dalam suatu bahan pangan, dimana semakin tinggi kadar abu suatu bahan maka semakin tinggi pula mineral yang terkandung di dalamnya. Kadar abu dari kelima jenis kedelai tersebut berkisar antara 5,27 - 6,33 persen. Hasil analisis ragam menunjukkan varietas kedelai berpengaruh sangat nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap kadar abu. Kedelai Grobogan memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan kedelai GMO dan Non-GMO impor, kedelai Anjasmara memiliki kadar abu yang sama dengan kedelai GMO dan Non-GMO impor, dan kedelai Argomulyo memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai GMO dan

protein yang tinggi, kedelai mengandung asam amino esensial meliputi *sistin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan* dan *valin*. Di samping itu, kandungan asam amino dalam kedelai juga ditunjang dengan adanya asam amino non esensial seperti *alanin, glisin, arginin, histidin, prolin, tirosin*, asam aspartat dan asam glutamat (Cahyadi, 2006).

Kelima jenis kedelai mengandung lemak sebesar 14,76 - 21,14 persen. Lemak kedelai mengandung asam lemak esensial yang cukup, yaitu asam linoleat (Omega 6) serta linolenat (Omega 3). Kedelai impor umumnya memiliki kadar lemak yang lebih besar dibandingkan kedelai lokal. Peningkatan kadar protein akan diikuti dengan berkurangnya kadar lemak dan karbohidrat dalam kedelai (Moraes, dkk., 2006).

Analisis karbohidrat dilakukan dengan metode *by difference*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelima jenis kedelai memiliki kadar

**Tabel 3.** Analisis Proksimat Kedelai Impor dan Kedelai Lokal (g/100 g)

Jenis kedelai	Air (%bb)	Abu (%bk)	Protein (%bk)	Lemak (%bk)	Karbohidrat (%bk)
GMO	10,09±0,68 <sup>b</sup>	5,80±0,14 <sup>b</sup>	37,10±0,82 <sup>a</sup>	19,41±0,24 <sup>c</sup>	37,68±0,71 <sup>b</sup>
Non-GMO	11,44±0,67 <sup>c</sup>	5,79±0,03 <sup>b</sup>	37,64±0,78 <sup>a</sup>	21,14±0,21 <sup>d</sup>	35,43±0,10 <sup>a</sup>
Grobogan	11,68±0,11 <sup>c</sup>	5,27±0,18 <sup>a</sup>	38,27±0,55 <sup>a</sup>	19,65±0,20 <sup>c</sup>	38,82±0,81 <sup>ab</sup>
Anjasmara	7,79±1,30 <sup>a</sup>	5,93±0,11 <sup>b</sup>	38,22±0,91 <sup>a</sup>	18,17±0,47 <sup>b</sup>	37,68±1,42 <sup>b</sup>
Argomulyo	8,82±0,98 <sup>bc</sup>	6,33±0,09 <sup>c</sup>	41,79±0,43 <sup>b</sup>	14,76±0,42 <sup>a</sup>	37,10±0,73 <sup>b</sup>

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ )

Non-GMO impor. Kandungan mineral dominan dalam kedelai adalah fosfor (P), kalsium (Ca), dan zat besi (Fe) (Hermana, dkk., 1996).

Protein merupakan komponen makronutrien yang diunggulkan pada produk berbasis kedelai. Kandungan protein dalam kedelai menunjukkan kualitas kedelai tersebut. Kelima jenis kedelai yang digunakan memiliki kadar protein dengan kisaran 37,10 - 41,79 persen. Hasil analisis menunjukkan kedelai Argomulyo memiliki kadar protein yang paling tinggi dibandingkan yang lainnya. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan secara genetik dan faktor lingkungan (Liu, 1997). Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Balitkabi (2008) dan Antarlina, dkk. (2002) yang menyebutkan kedelai impor memiliki kadar protein yang lebih rendah dibandingkan kedelai lokal. Selain kadar

karbohidrat berkisar 35,43 - 38,82 persen. Sebagian besar karbohidrat yang terkandung dalam kedelai berupa karbohidrat kompleks, meliputi sukrosa, pati dan oligosakarida penyebab *flatulensi*, seperti *stakiosa* dan *rafinosa* (Astuti, dkk., 2000).

### 3.3. Tempe

Proses pembuatan tempe dari kelima jenis kedelai dilakukan secara bersamaan dalam satu waktu. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan adanya variasi kondisi proses yang dapat menghasilkan ketidakseragaman pada tempe yang dihasilkan.

#### 3.3.1. Karakteristik Fisik

Jenis kedelai yang digunakan tidak berpengaruh terhadap rendemen tempe yang

---

dihasilkan (Tabel 4). Rendemen dihitung berdasarkan satuan berat, karena penjualan tempe dalam penelitian ini juga dilakukan dalam satuan berat. Perhitungan rendemen selanjutnya akan digunakan untuk menghitung efektivitas biaya. Berdasarkan analisis tekstur diketahui bahwa tempe dari kedelai impor cenderung lebih lunak dibandingkan tempe dari kedelai lokal, yang ditunjukkan oleh kedalaman penetrasi yang semakin tinggi. Tempe dari kedelai Grobogan mempunyai tekstur yang sama dengan tempe dari kedelai GMO impor. Perbedaan tekstur dipengaruhi oleh pengembangan biji yang berbeda-beda pada setiap kedelai akibat penetrasi air ke dalam matriks biji dan pertumbuhan kapang yang tidak sama. Selain itu, tekstur tempe yang lunak diperoleh dari perombakan matriks interseluler dalam jaringan biji kedelai oleh kapang *R. oligosporus* (Ferreira, dkk., 2011).

Pengukuran warna secara objektif dilakukan dengan menggunakan chromameter dengan skala Hunter L, a, b. Hasil analisis menunjukkan bahwa tempe yang dihasilkan dari lima varietas kedelai ini memiliki kecerahan, warna kromatik merah, dan warna kromatik kuning yang berbeda. Tempe dari kedelai GMO, Anjasmara, dan Argomulyo memiliki tingkat kecerahan yang sama dan lebih tinggi dibandingkan tempe dari kedelai Non-GMO impor dan Grobogan. Tempe dari kedelai impor memiliki warna kromatik kuning (+b) yang lebih besar dibandingkan dengan kedelai lokal. Hal ini disebabkan oleh perbedaan warna kedelai secara genetik dan penyebaran pertumbuhan kapang yang berbeda.

### 3.3.2. Efektivitas Biaya

Efektivitas biaya dihitung dengan membandingkan total keuntungan yang diperoleh dari penjualan terhadap biaya total yang dibutuhkan untuk memproduksi tempe dalam satuan berat yang sama. Komponen dari biaya total antara lain biaya variabel dan biaya tetap. Perhitungan efektivitas biaya erat kaitannya dengan harga beli kedelai, impuritas kedelai, dan harga jual tempe. Kelima jenis kedelai memiliki harga yang bervariasi, dimana kedelai yang memiliki harga termahal adalah kedelai Argomulyo dan kedelai dengan harga termurah adalah kedelai GMO. Perbedaan

harga kedelai disebabkan oleh tingkat kelangkaannya di pasaran. Biaya variabel diperoleh dengan mengalikan harga masing-masing kedelai dengan impuritas dan rendemen dari tempe yang dihasilkan dari masing-masing jenis kedelai serta ditambah dengan biaya pendukung produksi seperti listrik, gas, dan bahan pengemas. Adapun biaya tetap diperoleh dengan menjumlahkan biaya penyusutan dari alat-alat yang digunakan dalam memproduksi tempe. Biaya tetap kelima jenis tempe diasumsikan sama karena proses produksi dilakukan dalam satu waktu yang bersamaan. Penjumlahan antara biaya variabel dan biaya tetap akan menghasilkan biaya total.

Harga jual tempe ditetapkan per satuan berat, mengikuti ketentuan harga yang ditetapkan oleh Rumah Tempe Indonesia dengan margin keuntungan berkisar antara 40 – 60 persen. Harga jual tempe dari kelima jenis kedelai bervariasi, tergantung kepada kelimpahan bahan baku, harga bahan baku, kualitas bahan baku, dan kualitas tempe yang dihasilkannya. Tempe yang memiliki efektivitas biaya tertinggi merupakan tempe dengan biaya produksi paling minimal untuk menghasilkan keuntungan yang maksimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa tempe dari kedelai Grobogan memiliki efektivitas biaya tertinggi.

### 3.3.3. Komposisi Kimia

Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar air tempe dari kelima jenis kedelai berkisar 57,98 - 61,42 persen (Tabel 5). Varietas kedelai berpengaruh nyata terhadap kadar air tempe ( $p < 0,05$ ). Perbedaan ini terjadi akibat adanya perbedaan penetrasi air ke dalam matriks biji dan perbedaan pengembangan biji. Kadar air tempe juga dipengaruhi oleh aktivitas pertumbuhan kapang dalam tempe. Pada data pengembangan biji dapat dilihat bahwa kedelai Argomulyo memiliki pengembangan biji yang relatif rendah, yaitu hanya mencapai 215 persen. Hal tersebut menghasilkan kadar air tempe Argomulyo sebesar 57,98 persen. Berbeda dengan kedelai Anjasmara yang memiliki derajat pengembangan biji mencapai 280 persen dan menghasilkan tempe dengan kadar air mencapai 60,17 persen. Tempe dari kedelai Grobogan mempunyai kadar air yang sama dengan kedelai GMO dan Non-GMO

**Tabel 4.** Analisis Rendemen, Efektivitas Biaya, dan Sifat Fisik Tempe yang Dihasilkan dari Lima Varietas Kedelai

Parameter	Jenis tempe dari kedelai				
	GMO	Non-GMO	Grobogan	Anjasmara	Argomulyo
Rendemen (%)	149,65±3,74 <sup>a</sup>	152,80±4,36 <sup>a</sup>	151,01±2,03 <sup>a</sup>	156,01±2,08 <sup>a</sup>	155,31±0,28 <sup>a</sup>
Tekstur (mm)	12,2±1,2 <sup>c</sup>	11,2±1,0 <sup>bc</sup>	10,1±0,7 <sup>ab</sup>	10,0±2,4 <sup>ab</sup>	8,4±1,0 <sup>a</sup>
Warna					
L	75,19±0,59 <sup>b</sup>	73,09±1,57 <sup>a</sup>	72,28±0,47 <sup>a</sup>	75,47±0,40 <sup>b</sup>	74,65±0,77 <sup>b</sup>
A	2,18±0,28 <sup>a</sup>	2,84±0,16 <sup>b</sup>	3,81±0,31 <sup>c</sup>	2,84±0,12 <sup>b</sup>	2,63±0,30 <sup>b</sup>
B	26,95±0,50 <sup>b</sup>	27,64±0,99 <sup>b</sup>	21,33±0,33 <sup>a</sup>	21,02±0,48 <sup>a</sup>	21,07±0,89 <sup>a</sup>
Efektivitas biaya	0,48±0,02 <sup>a</sup>	0,60±0,03 <sup>bc</sup>	0,73±0,01 <sup>d</sup>	0,64±0,02 <sup>c</sup>	0,57±0,00 <sup>b</sup>

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ )

**Tabel 5.** Analisis Proksimat, Serat Pangan, dan Kapasitas Antioksidan Tempe dari Kedelai Impor dan Kedelai Lokal

Parameter	Jenis Tempe dari Kedelai					SNI
	GMO	Non-GMO	Grobogan	Anjasmara	Argomulyo	
Air (%wb)	61,42±0,59 <sup>b</sup>	61,09±1,13 <sup>b</sup>	60,58±1,43 <sup>b</sup>	60,17±2,22 <sup>ab</sup>	57,98±1,59 <sup>a</sup>	maks, 65
Abu (%db) Protein (%db)	2,43±0,06 <sup>b</sup>	2,32±0,17 <sup>ab</sup>	2,14±0,16 <sup>a</sup>	2,72±0,29 <sup>c</sup>	2,30±0,02 <sup>ab</sup>	maks, 4,28 min, 45,71
Lemak (%db)	46,68±1,26 <sup>a</sup>	48,07±1,44 <sup>a</sup>	50,08±1,27 <sup>ab</sup>	49,80±5,23 <sup>ab</sup>	52,70±1,14 <sup>b</sup>	min, 28,57
Karbohidrat (%wb)	33,09±0,94 <sup>b</sup>	31,39±2,58 <sup>b</sup>	31,14±0,33 <sup>b</sup>	30,62±1,67 <sup>b</sup>	28,11±1,23 <sup>a</sup>	-
Serat pangan (%wb)	6,87±0,60 <sup>a</sup>	7,12±1,60 <sup>a</sup>	6,57±0,91 <sup>a</sup>	6,81±3,12 <sup>a</sup>	7,09±0,34 <sup>a</sup>	-
Kapasitas antioksidan (mg AEAC/ kg tempe)	6,21±0,09 <sup>a</sup>	6,58±0,19 <sup>bc</sup>	6,53±0,06 <sup>b</sup>	6,77±0,23 <sup>c</sup>	6,61±0,08 <sup>bc</sup>	-
	191,1±4,0 <sup>a</sup>	188,9±2,9 <sup>a</sup>	188,7±9,4 <sup>a</sup>	187,7±3,5 <sup>a</sup>	186,1±0,0 <sup>a</sup>	-

Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ )

impor. Kadar air tempe juga dipengaruhi oleh aktivitas pertumbuhan kapang dalam tempe. Mengacu pada SNI (2009), kadar air tempe dari kelima jenis kedelai sudah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, yaitu <65 persen.

Kadar abu menunjukkan kandungan mineral yang terkandung dalam suatu bahan pangan. Kadar abu tempe berkisar antara 2,01 - 2,47 persen (bk). Tempe dari kedelai Grobogan mempunyai kadar abu yang sama dengan tempe dari kedelai Non-GMO impor. Apabila

dibandingkan dengan kedelai sebagai bahan baku, terjadi penurunan kadar abu pada tempe yang dihasilkan. Hal ini diduga karena pengaruh berbagai tahapan proses dalam pembuatan tempe, seperti pencucian, perendaman semalam, dan pengupasan kulit ari. Fennema (1996) menyebutkan bahwa kandungan mineral dalam bahan pangan tidak dapat rusak oleh panas, cahaya, agen pengoksidasi, dan pH yang ekstrim. Namun, hilangnya mineral lebih disebabkan oleh pencucian atau pemisahan

fisik. Penurunan kadar abu ini mengindikasikan bahwa mineral yang terkandung dalam kedelai banyak terdapat pada lapisan kulit ari kedelai. Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Fennema (1996) yang menyatakan bahwa mineral pada kacang-kacangan dan biji-bijian terkonsentrasi pada bagian kulit dan lapisan ari. Apabila dibandingkan dengan standar tempe (SNI 2009) kadar abu tempe sudah sesuai dengan SNI yaitu maksimal 4,28 persen (bk).

Kadar protein tempe berkisar 46,68 - 52,70 persen (bk) dan meningkat dibandingkan kadar protein pada kedelai yaitu antara 37,10 - 41,79 persen (bk). Menurut Bavia, dkk., (2012), peningkatan kadar protein pada tempe disebabkan oleh hilangnya beberapa komponen terlarut seperti mineral dan gula dari biji kedelai. Ferreira, dkk., (2011) menambahkan, akan terjadi peningkatan kadar protein sebanyak 21 persen pada tempe jika dibandingkan dengan kotiledon. Miselium kapang yang memiliki aktivitas proteolitik juga dapat berkontribusi terhadap peningkatan kadar protein pada tempe (Rahayu, 2004). Pemecahan oleh enzim *protease* ini mengubah protein kompleks menjadi peptida, dan asam amino berberat molekul rendah yang lebih larut. Peningkatan kadar protein disebabkan oleh peningkatan jumlah nitrogen terlarut pada tempe dari 3,5 menjadi 8,7 mg/g dan peningkatan jumlah asam amino bebas dalam tempe. Hal ini dikarenakan *Rhizopus* menggunakan asam amino sebagai sumber nitrogen bagi pertumbuhannya (Astuti, dkk., 2000). Berdasarkan hasil analisis, tempe dari kedelai Grobogan memiliki kandungan protein yang sama dengan tempe dari kedelai GMO dan Non-GMO impor.

Kadar lemak yang terdapat dalam tempe berkisar 28,11 - 33,09 persen (bk). Tempe yang dihasilkan dari kedelai Grobogan mempunyai kadar lemak yang sama dengan tempe dari kedelai GMO dan Non-GMO impor. Menurut Astuti, dkk., (2000), kadar lemak tempe akan lebih rendah dibandingkan kedelai, karena selama fermentasi kapang akan mensintesis enzim *lipase* yang akan menghidrolisis *triasilgliserol* menjadi asam lemak bebas. Selanjutnya, asam lemak akan menjadi sumber energi kapang untuk tumbuh sehingga kadar lemak menurun hingga 26 persen. Kapang *R. oligosporus* dan *R. stolonifer* menggunakan asam *linoleat*, *oleat* dan *palmitat* sebagai sumber energi. Oleh

karena itu, kadar asam *linoleat* menurun hingga 63,4 persen, asam *oleat* menurun hingga 59,25 persen, dan asam *palmitat* menurun hingga 55,78 persen.

Varietas kedelai tidak berpengaruh nyata terhadap kadar karbohidrat tempe yang dihasilkan ( $p > 0,05$ ). Kadar karbohidrat tempe dari kelima jenis kedelai berkisar 6,57 - 7,12 persen. Apabila dibandingkan dengan kedelai, terjadi penurunan kadar karbohidrat pada tempe. Penurunan ini terjadi karena adanya aktivitas enzimatik dari kapang selama fermentasi. Kapang mencerna karbohidrat menghasilkan penurunan heksosa secara drastis dan hidrolisis lambat stakiosa (Rahayu, 2004). Penurunan kadar karbohidrat ini diiringi oleh kenaikan kadar total solid (Nuraida, dkk., 2005). Serat pangan dalam tempe dari kelima jenis kedelai berkisar 6,21 - 6,77 persen.

#### 3.3.4. Kapasitas Antioksidan

Jenis kedelai tidak berpengaruh ( $p > 0,05$ ) kepada kapasitas antioksidan tempe yang dihasilkan. Tempe yang dihasilkan dari kelima jenis kedelai memiliki kapasitas antioksidan berkisar 186-191 mg AEAC/kg tempe (Tabel 5). Antioksidan yang terdapat dalam tempe berupa *isoflavan* dalam bentuk *aglikon* dan *glukosida*. Senyawa *aglikon* di antaranya adalah *genistein*, *daidzein*, dan *glisitein* (Nakajima, dkk., 2005), serta *isoflavan* faktor 2 (6,7,4 -*trihidroksi isoflavan*) (Pokorny, 2001). Menurut United States Department of Agriculture (USDA 1999), per 100 g kedelai mentah mengandung 128,35 mg *isoflavan*. *Isoflavan* yang terdapat dalam kedelai berbeda-beda, tergantung genetik, umur benih, dan lokasi penanaman. Komponen *isoflavan malonyl* dalam kedelai akan menurun seiring dengan lamanya pemasakan. Perendaman, pemasakan, dan fermentasi menurunkan kadar *isoflavan glukosida* dan *malonyl*, tetapi meningkatkan *bioavailabilitas isoflavan* (Ferreira, 2011). Fermentasi meningkatkan *bioavailabilitas isoflavan* hingga dua kalinya (Nakajima, dkk., 2005). *Isoflavan aglikon* terbesar terdapat pada tempe mentah (Haron, dkk., 2009).

#### 3.3.5. Analisis Sensori

Analisis sensori dilakukan terhadap tempe mentah dan tempe goreng dengan metode *rating hedonik* oleh 30 orang panelis semi terlatih.

**Tabel 6.** Uji Sensori Sampel Tempe Mentah Terhadap 30 Orang Panelis Semi Terlatih dengan Metode Rating Hedonic

Sampel	Warna	Aroma	Tekstur	Kenampakan	Overall
GMO	5,80 <sup>c</sup>	5,10 <sup>a</sup>	5,73 <sup>a</sup>	5,60 <sup>ab</sup>	5,50 <sup>ab</sup>
Non-GMO	5,63 <sup>bc</sup>	5,40 <sup>a</sup>	5,67 <sup>a</sup>	6,00 <sup>b</sup>	5,80 <sup>b</sup>
Grobogan	4,77 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,30 <sup>a</sup>	5,20 <sup>a</sup>
Anjasmara	5,10 <sup>a</sup>	5,10 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,57 <sup>ab</sup>	5,50 <sup>ab</sup>
Argomulyo	5,13 <sup>ab</sup>	5,13 <sup>a</sup>	5,37 <sup>a</sup>	5,43 <sup>ab</sup>	5,30 <sup>ab</sup>

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ )

Bentuk dan ukuran tempe, baik pada tempe mentah maupun tempe goreng dibuat seragam untuk menghindari bias. Penggorengan tempe (tanpa dibumbui terlebih dahulu) dilakukan pada suhu 150°C selama 5 menit untuk menghasilkan tingkat kematangan yang seragam. Tabel 6 menunjukkan bahwa tempe mentah memperoleh tingkat kesukaan yang bervariasi dari panelis. Hal tersebut erat kaitannya dengan karakteristik fisik tempe mentah yang disajikan. Pada sampel tempe mentah, penilaian panelis berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) pada semua atribut sensori, kecuali aroma dan tekstur tempe.

Panelis lebih menyukai tempe dengan potongan kedelai yang berwarna kuning. Tempe dari kedelai impor memiliki tingkat kesukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tempe dari kedelai lokal. Hal ini dikarenakan tempe dari kedelai lokal memiliki warna yang lebih pucat dibandingkan tempe dari kedelai impor. Tempe dari kedelai GMO memiliki warna yang lebih kuning dengan warna kromatik kuning (+b) sebesar 27 persen, sedangkan tempe dari kedelai lokal memiliki warna yang lebih pucat dengan warna kromatik kuning sebesar 21 persen. Aroma tempe dihasilkan dari hasil perombakan asam *linoleat* yang merupakan asam lemak dominan dalam kedelai menjadi *1-octen-3-ol* oleh enzim *lipoksigenase* dan *hidroperoksida lyase* (Feng, persen., 2006), bukan karena perombakan oleh *R. oligosporus*. Data hasil analisis sensori menunjukkan bahwa tempe dari kedelai impor dan lokal memperoleh tingkat kesukaan tingkat sedang oleh panelis.

Tekstur tempe mentah memperoleh penilaian agak suka hingga suka dari panelis. sedang tempe yang dihasilkan dari kedelai impor dan kedelai lokal mendapat penilaian tingkat kesukaan yang sama dari panelis ( $p > 0,05$ ).

Data pengukuran tekstur secara objektif menunjukkan bahwa tempe dari kedelai impor memiliki tekstur lebih lunak, yang diindikasikan dengan kedalaman penetrasi *probe* yang lebih tinggi dibandingkan tempe dari kedelai lokal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa panelis menyukai tempe, baik dengan tekstur yang lunak maupun yang keras.

Kenampakan tempe meliputi penyebaran kapang dalam menyelimuti biji kedelai dan kekompakan tempe. Berdasarkan data hasil analisis, tempe yang dihasilkan dari kedelai Grobogan memiliki tingkat kesukaan yang sama dengan tempe dari kedelai GMO, namun kurang disukai dibandingkan tempe dari kedelai Non-GMO impor. Tingkat kesukaan panelis terhadap kenampakan tempe bervariasi, mulai dari agak suka hingga suka. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan kapang pada semua jenis tempe telah merata dan memiliki tekstur yang kompak. Secara keseluruhan, tempe mempunyai tingkat kesukaan yang sedang. Tempe dari kedelai Grobogan memiliki tingkat kesukaan yang sama dengan tempe dari kedelai GMO, dan tempe yang memiliki tingkat kesukaan tertinggi adalah tempe dari kedelai Non-GMO impor.

Pengaruh penggorengan tempe dari kelima jenis kedelai menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) hanya pada atribut sensori aroma dan tekstur (Tabel 7). Pada atribut warna, tempe goreng dari kelima jenis kedelai tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ). Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses penggorengan telah menghasilkan warna tempe goreng yang seragam. Aroma tempe goreng dari kedelai lokal sama dengan tempe dari kedelai impor. Tempe goreng yang dihasilkan dari kedelai impor memiliki tekstur yang lebih lunak dan lebih disukai

**Tabel 7.** Uji Sensori Tempe Goreng Terhadap 30 Orang Panelis Semi Terlatih dengan Metode *Rating Hedonic*

Sampel	Warna	Aroma	Tekstur	Rasa	Overall
GMO	5,63 <sup>a</sup>	5,17 <sup>ab</sup>	5,53 <sup>b</sup>	4,97 <sup>a</sup>	5,20 <sup>a</sup>
Non-GMO	5,67 <sup>a</sup>	5,57 <sup>ab</sup>	5,53 <sup>b</sup>	4,93 <sup>a</sup>	5,33 <sup>a</sup>
Grobogan	5,43 <sup>a</sup>	5,03 <sup>a</sup>	4,63 <sup>a</sup>	4,97 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>
Anjasmara	5,40 <sup>a</sup>	5,37 <sup>ab</sup>	4,57 <sup>a</sup>	4,70 <sup>a</sup>	4,87 <sup>a</sup>
Argomulyo	5,47 <sup>a</sup>	5,77 <sup>b</sup>	4,73 <sup>a</sup>	4,60 <sup>a</sup>	4,90 <sup>a</sup>

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ )

oleh konsumen dibandingkan tempe dari kedelai lokal. Pada parameter rasa dan *overall*, tempe goreng dari kelima jenis kedelai memperoleh penilaian yang tidak berbeda nyata, yaitu agak suka. Hal tersebut mengindikasikan bahwa panelis tidak dapat membedakan karakteristik sensori tempe goreng yang dihasilkan, baik dari kedelai impor maupun kedelai lokal.

#### IV. KESIMPULAN

Kedelai Grobogan memiliki ukuran yang sama dengan kedelai impor. Kedelai Grobogan memiliki kadar air yang sama dengan kedelai Non-GMO impor, kadar lemak yang sama dengan kedelai GMO, dan kadar karbohidrat yang sama dengan kedelai GMO dan impor. Tidak ada perbedaan kadar protein antara kedelai impor dan lokal. Varietas kedelai tidak berpengaruh nyata terhadap rendemen tempe yang dihasilkan. Tempe dari kedelai Grobogan memiliki efektivitas biaya yang paling tinggi. Tempe yang dihasilkan dari kedelai Grobogan memiliki kadar air, protein, dan lemak yang sama dengan tempe yang dihasilkan dari kedelai impor. Varietas kedelai tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas antioksidan tempe, yaitu berkisar 186-191 mg AEAC/kg. Berdasarkan uji sensori pada tempe mentah dan tempe goreng, secara keseluruhan tempe dari kedelai lokal memperoleh tingkat kesukaan yang sama dengan tempe dari kedelai impor. Dengan demikian kedelai lokal Grobogan perlu dikembangkan lebih luas untuk mengurangi ketergantungan kepada kedelai impor.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kantor Pusat Jakarta, dengan Surat Perjanjian

Pelaksanaan Kegiatan, No: 709/LB.620/I.1/2/2013 tanggal 25 Februari 2013, atas nama Made Astawan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Antarlina, S.S., J.S. Utomo, E. Ginting, dan S. Nikkuni. 2002. Evaluation of Indonesian Soybean Varieties for Food Processing. *Proceedings of RILET- JIRCAS Workshop on Soybean Research*. Malang, Indonesia.
- Astuti, M., M Andreanyta, S.F. Dalais, M.L. Wahlqvist. 2000. Tempe, a Nutritious and Healthy Food from Indonesia. *Asia Pacific Journal of Clinic and Nutrition*. Vol. 9: 322-325.
- Babu D.P., R. Bhakayaraj, dan R. Vidhyalakshmi. 2009. A Low Cost Nutritious Food "Tempeh" [review]. *World Journal of Dairy and Food Science*. Vol. 4: 22-27, 2009.
- Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2008. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang: BALITKABI.
- Badan Pusat Statistik. 2012. *Kedelai*. Jakarta: BPS.
- Bavia, A.C.L., C.E. Silva, M.P. Ferreira, R.S. Leite, J.M.G. Mandarino, dan M.C. Carrao-Panizzi. 2012. Chemical Composition of Tempeh from Soybeans Cultivars Specially Developed for Human Consumption. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Vol. 32: 613-620.
- Cahyadi, W. 2006. *Kedelai Khasiat dan Teknologi*. Jakarta: PT. Bumi aksara.
- Departemen Pertanian. 2008. *Deskripsi Varietas Unggul Kedelai Tahun 1918-2008*. Jakarta: Dep-tan RI.
- Feng, X.M., T.O. Larsen, dan J. Schnurer. 2006. Production of Volatile Compounds by *Rhizopus oligosporus* During Soybean and Barley Tempeh Fermentation. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 113: 133-141.

- Fennema, O.R. (ed.). 1996. *Food Chemistry Third Edition*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Ferreira, M. 2011. Changes in the Isoflavone Profile and in the Chemical Composition of Tempeh During Processing and Refrigeration. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 46: 1555-1561.
- Haron, H, A. Ismail, A. Azlan, S. Shahar, dan L.S. Peng. 2009. Daidzein and Genestein Contents in Tempeh and Selected Soy Products. *Journal of Food Chemistry*. Vol. 115: 1350-1356.
- Hermana, M. Karmini, D. Karyadi. 1996. Komposisi dan Nilai Gizi Tempe Serta Manfaatnya dalam Peningkatan Mutu Gizi Makanan. Dalam: Sapuan, Soetrisno N (eds). *Bunga Rampai Tempe Indonesia*. Yayasan Tempe Indonesia.
- Krisdiana, R. 2005. *Preferensi Industri Tahu dan Tempe dalam Menggunakan Bahan Baku Kedelai di Jawa Timur*. Malang: Balitkabi.
- Liu, K.S.. 1997. *Soybeans: Chemistry, Technology, and Utilization*. New York: Chapman and Hall
- Moraes, R.M.A., I.C. Jose, F.G. Ramos, E.G. Barros, M.A. Moreira. 2006. Biochemical Characteristics of Soybean's Protein. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 41: 725-729.
- Nakajima, N., N. Nozaki, K. Ishihara, A. Ishikawa, H. Tsuji. 2005. Analysis of Isoflavone Content in Tempeh, a Fermented Soybean, and Preparation of a New Isoflavone-Enriched Tempeh. *Journal of Bioscience and Engineering*. Vol. 100: 685-689.
- Nout, M.J.R., dan J.L. Kiers. 2005. Tempeh Fermentation, Innovation, and Functionality: Update Info the Third Millenium. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 98: 789-805.
- Nuraida, L, Suliantari, N. Andarwulan, D.R. Adawiyah, R. Noviar dan A. Denny. 2005. *Evaluation of Soybean Varieties on Production and Quality of Tempe*. Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center, Bogor Agricultural University, Bogor.
- Pokorny, J., N. Yanihlieva, M. Gordon. 2001. *Antioxidants in Food*. Cambridge: CRC press. Woodhead publishing limited.
- Rahayu, K. 2004. Industrialization of Tempe Fermentation. In K.H. Steinkraus (ed). *Industrialization of Indigenous Fermented Foods*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Rosalina. 2011. Swasembada Kedelai Terancam Gagal. <http://www.tempo.co/read/news/2011/07/21/090347618/swasembada-kedelai-terancam-gagal>. [diakses 2013 Juni 8]
- Standar Nasional Indonesia. 1995. SNI Nomor 01-3922 tahun 1995 tentang Kedelai. Jakarta: BSN.
- Standar Nasional Indonesia. 2009. SNI Nomor 3144 tahun 2009 tentang Tempe Kedelai. Jakarta: BSN.
- Susanto, T dan Saneto B. 1994. *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Surabaya: Bina Ilmu.
- Survei Konsumsi Nasional. 2009. *Data Konsumsi Kedelai Nasional*. Jakarta: BPS.
- United States Department of Agriculture. 1999. *Soybeans*. US: USDA.
- Yuwono, S.S., K.K. Hayati, dan S.N. Wulan. 1999. Karakterisasi Fisik, Kimia, dan Fraksi Protein 7S dan 11S Sepuluh Varietas Kedelai Produksi Indonesia. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 4(1): 84-90.

#### BIODATA PENULIS :

**Made Astawan**, menyelesaikan pendidikan S1 Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga di Institut Pertanian Bogor tahun 1985, pendidikan S2 Ilmu Pangan juga di universitas yang sama tahun 1990, dan pendidikan S3 Biokimia Pangan dan Gizi di Tokyo University of Agriculture, Jepang tahun 1995.

**Tutik Wresdiyati**, dilahirkan di Yogyakarta, 9 September 1964. Menyelesaikan pendidikan S1 Kedokteran Hewan di Institut Pertanian Bogor tahun 1988, dan pendidikan S3 Veterinary Sciences di Yamaguchi University, Jepang tahun 1998.

**Sri Widowati** menyelesaikan pendidikan S3 Ilmu Pangan di IPB pada tahun 2007.

**Siti Harnina Bintari** dilahirkan di Madiun, 14 Agustus 1960. Menyelesaikan pendidikan S3 di Universitas Diponegoro Semarang.

**Nadya Ichsani** adalah seorang alumni Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Menyelesaikan pendidikan S1 tahun 2013.