

Karakteristik Tepung Tempe Larut Air

Characteristics of Water-Soluble Tempe Flour

Nafisah Eka Puteri, Made Astawan, dan Nurheni Sri Palupi

Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Email : mastawan@yahoo.com

Diterima : 16 Februari 2017

Revisi : 11 Juli 2017

Disetujui : 28 Juli 2017

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini ialah menganalisa karakteristik tepung larut air berbasis kedelai, tempe kedelai dan tempe kecambah kedelai. Tepung larut air diperoleh dari tepung rendah lemak yang diekstraksi dengan air dalam keadaan basa (pH 9). Rendemen hasil ekstraksi tepung larut air berbasis kedelai (SF), tempe kedelai (STF), dan tempe kecambah kedelai (GTF) masing-masing ialah $30,51\pm 1,19$ persen; $11,51\pm 1,12$ persen; dan $14,89\pm 1,95$ persen. STF dan GTF menunjukkan protein terlarut dan aktivitas antioksidan yang secara signifikan lebih tinggi ($p < 0,05$) dari SF, SPI, dan tepung tak larut air. Viskositas kelompok tepung larut air (SF, STF, GTF) secara signifikan lebih rendah ($p < 0,05$) dari SPI. Hasil pengamatan terhadap komposisi asam amino menunjukkan bahwa proses pembuatan tepung larut air tidak menghilangkan kandungan asam amino esensial yang ada pada bahan asal. Karakteristik lain berupa aktivitas air, warna, dan densitas kamba tepung larut air turut dianalisa.

kata kunci: protein, tepung larut air, kedelai, kecambah kedelai, tempe

ABSTRACT

The aim of this research was to analyze the characteristics of water-soluble flour based on soybean, soy tempe, and germinated-soy tempe. Water-soluble flour was obtained from extraction of defatted flour in water (pH 9). Yield of water-soluble flour from soybean, soy tempe, and germinated-soy tempe were 30.51 ± 1.19 percent; 11.51 ± 1.12 percent; and 14.89 ± 1.95 percent, respectively. STF and GTF showed significantly higher ($p < 0.05$) soluble protein and antioxidant activity than SF, SPI, and water non-soluble flour. Viscosity of water-soluble flour was significantly lower ($p < 0.05$) than SPI. The amino acid composition showed that extraction of water-soluble flour was not eliminated the essential amino acid. Water activity, color, and bulk density of water-soluble flour were also observed in current research.

keywords: protein, water-soluble flour, soybean, germinated-soy, tempe

I. PENDAHULUAN

Tempe terkenal dengan proteinnya yang memiliki mutu dan daya cerna yang tinggi. Kedelai sebagai bahan baku tempe diketahui sebagai sumber nabati dengan asam amino esensial terlengkap dibandingkan sumber nabati lainnya, bahkan kualitas proteinnya mendekati protein hewani (Astawan, dkk., 2017). Selain itu, aktivitas antioksidan dan daya cerna protein tempe pun mengalami peningkatan akibat

fermentasi (Chang, dkk., 2009). Wilson, dkk. (2005) juga menjelaskan bahwa protein alergen dominan pada kedelai (P34) akan terdekomposisi akibat proses hidrolisis, sehingga alergenitasnya menurun. Selain itu, zat antinutrisi berupa asam fitat, inhibitor tripsin, serta oksalat pada kedelai juga tereduksi selama proses fermentasi menjadi tempe (Nout dan Kiers, 2005; Rusydi dan Azrina, 2012; Haron dan Raob, 2014).

Berbagai manfaat kesehatan tempe juga telah dikaji. Akan tetapi, pemanfaatan tempe dibatasi oleh umur simpan yang pendek.

Fermentasi tempe secara berkelanjutan akan menyebabkan perubahan warna menjadi coklat dan produksi amonia yang berbau busuk (Nout dan Kiers, 2005). Perubahan ini akan mengubah karakteristik organoleptik tempe menjadi tidak disukai. Sementara itu, upaya pengolahan menjadi tepung tempe pun masih terbatas terkait karakteristik produk yang dihasilkan.

Oleh karena itu, pengolahan lebih lanjut menjadi tepung larut air dapat menjadi alternatif, sehingga protein tempe dimanfaatkan secara maksimal dan aplikasinya menjadi semakin luas. Protein tempe yang cukup tinggi dengan mutu yang baik sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai *food ingredient* dalam bentuk tepung larut air. Selama fermentasi, protein tempe mengalami hidrolisis menjadi molekul yang lebih sederhana serta zat antinutrisinya mengalami penurunan (Bavia, dkk., 2012). Zat antinutrisi pada kedelai diketahui dapat berpengaruh negatif terhadap karakteristik fungsional dan mutu biologis.

Selain tempe berbahan baku kedelai, tempe berbahan baku kecambah kedelai juga memiliki potensi untuk diolah menjadi tepung larut air karena kedelai sebagai bahan dasarnya memiliki mutu protein yang diketahui lebih baik dibanding sumber protein nabati lainnya. Selain itu, kecambah kedelai (*germinated-soybean*) memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dibanding kedelai yang belum berkecambah. Selama perkecambahan, protein mengalami peningkatan sekitar 4 persen, sementara karbohidrat serta lipid mengalami penurunan sebanyak 5 hingga 6 persen (Shi, dkk., 2010). Zielinski (2003) menambahkan bahwa perkecambahan atau germinasi kedelai menyebabkan peningkatan yang sangat besar terhadap total protein terlarut. Proses fermentasi menjadi tempe pun menyebabkan perubahan lebih lanjut pada kecambah kedelai, seperti halnya fermentasi pada tempe kedelai. Melalui penelitian ini,

diharapkan pemanfaatan protein tempe dapat dioptimalkan.

II. METODOLOGI

2.1. Bahan dan Alat

Bahan utama dalam penelitian ini ialah kedelai varietas Grobogan yang didapat dari Grobogan, Jawa Tengah. Sebagai pembanding sampel, digunakan isolat protein kedelai komersial (ISP-YX 2000, Shandong-Yuxin, Bio-tech Co.Ltd., Cina). Sementara bahan yang digunakan dalam pembuatan tempe ialah ragi tempe (RAPRIMA, PT Aneka Fermentasi Industri, Bandung, Indonesia) yang diperoleh dari Rumah Tempe Indonesia.

Peralatan yang digunakan selama penelitian terdiri atas perlengkapan pembuatan tepung larut air dan perlengkapan analisa. Beberapa peralatan pembuatan tepung larut air antara lain: *cabinet dryer* (6072 Dreieich, West Germany), *centrifuge* (BECKMAN, J2-MC, USA, rotor JA-14), *disc mill* (Alexanderwerk), *slicer* (Geprüfte Sicherheit, Alexanderwerk Inc., USA), *stirrer* (MAXMIX, 2 mag, Germany), dan *vacumm freeze dryer* (EYELA, FD-550, Tokyo Rikakikai Co.Ltd., Japan). Sementara beberapa peralatan analisa yang digunakan terdiri atas: Chromameter (Konica, Minolta CR-300, Tokyo, Japan), neraca analitik, pH meter (LAQUA, HORIBA Scientific, Type F-72, Japan), serta peralatan gelas lainnya.

2.2. Persiapan Bahan

Tepung larut air yang akan dikarakterisasi pada penelitian ini berasal dari kedelai, tempe kedelai, dan tempe kecambah kedelai. Untuk tempe kecambah kedelai, kedelai terlebih dahulu dikecambahkan. Kedelai direndam dalam air dengan perbandingan 1:5 (b/v) pada suhu ruang (27 °C) selama 3 jam. Selanjutnya, dilakukan penirisan. Kedelai kemudian dipindahkan dalam wadah berlubang dan disiram tiap 4 jam selama \pm 20 jam hingga muncul radikula sepanjang 2,5 hingga 5 mm (Gambar 1).

2.3. Pembuatan Tempe

Pembuatan tempe dari kedelai dan



Gambar 1. Kecambah Kedelai.

tempe kecambah kedelai dilakukan di Rumah Tempe Indonesia (RTI), Bogor dengan prosedur standar RTI. Kedelai terlebih dahulu disortasi lalu direndam selama 2 jam dan direbus selama 1 jam. Setelahnya, kedelai kembali direndam selama 24 jam. Kulit biji kedelai dipisahkan dan dilakukan penyiraman dengan air 100°C. Setelah dikeringanginkan, kedelai diberi *starter* (15 g per 10 kg) dan dikemas dalam kemasan plastik PP berukuran 25 cm x 12 cm yang telah dilubangi. Selanjutnya dilakukan fermentasi selama 40 jam pada suhu 30°C.

2.4. Pembuatan Tepung

Pembuatan tepung dilakukan melalui pengecilan ukuran, pengeringan, dan penggilingan. Kedelai, tempe kedelai, dan tempe kecambah kedelai diolah menjadi tepung berdasar pada metode Omosebi dan Otunola (2013) dengan modifikasi. Kedelai dikeringkan dengan *cabinet dryer* (Engineering & Equipment GmbH 6072 Dreieich, West Germany) pada suhu 60°C, lalu digiling dengan *disc mill* melalui saringan 60 mesh. Sementara tempe kedelai dan tempe kecambah kedelai terlebih dahulu diiris tipis dengan ketebalan tidak lebih dari 0,5 cm menggunakan *slicer* (Geprüfte Sicherheit, Alexanderwerk Inc., USA) dan di-*steam* selama 2 menit sebelum dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu 60°C. Kedelai kering dan tempe kering kemudian

digiling dengan *disc mill* melalui saringan 60 mesh. Tepung yang diperoleh kemudian diolah lebih lanjut.

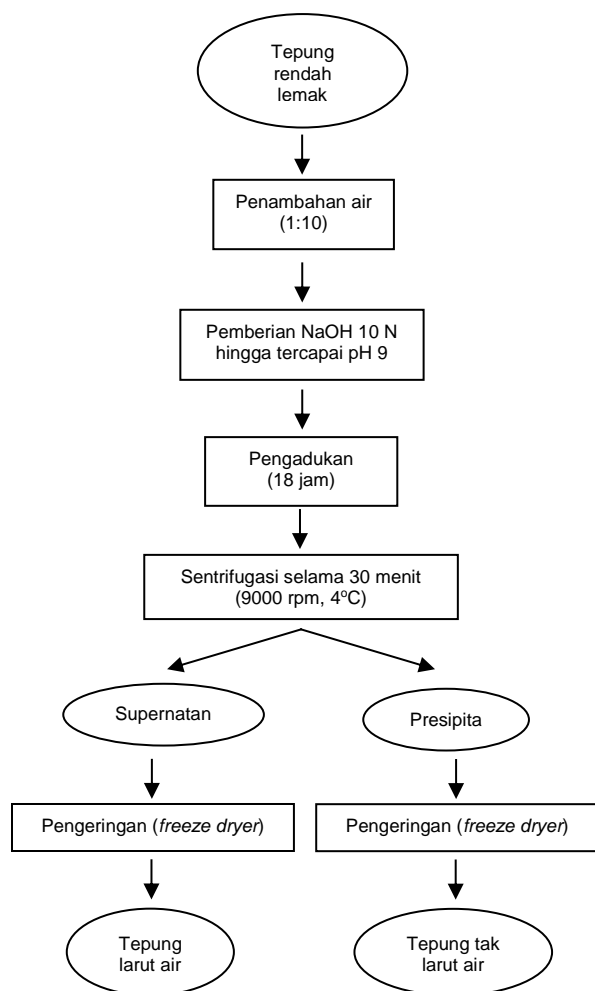
2.5. Defatting Tepung

Pembuatan tepung larut air didahului dengan *defatting* untuk menghasilkan tepung rendah lemak. Prinsip proses *defatting* adalah melarutkan komponen lemak dalam n-heksan untuk kemudian dipisahkan dari tepung. Tepung dilarutkan dalam heksan dengan perbandingan 1:3 b/v (tepung tempe : heksan) selama 1 jam pada suhu ruang (27°C) dengan pengadukan. Supernatan dipisahkan dan endapan diekstrak kembali untuk kedua kalinya dengan n-heksan. Presipitan hasil ekstraksi kemudian dibiarkan di lemari asam hingga n-heksan menguap.

2.6. Ekstraksi

Tepung hasil *defatting* kemudian diolah dengan metode ekstraksi alkali seperti pada Gambar 2. Tujuan proses ini ialah meningkatkan jumlah protein yang terekstrak. Prinsip ekstraksi ialah melarutkan protein dengan membuat pH larutan menjadi basa.

Tepung hasil *defatting* dilarutkan dalam air (1:10) dan diatur pada pH 9 dengan 10 N NaOH, lalu diaduk selama 18 jam pada suhu 25°C. Larutan kemudian disentrifugasi dengan *centrifuge* (BECKMAN, J2-MC, USA, rotor JA-14) selama 30 menit (9000 rpm, 4°C). Supernatan dan presipitan yang didapat kemudian dikeringkan dengan *vacuum freeze dryer* (EYELA, FD-550, Tokyo Rikakikai Co.Ltd., Japan) untuk kemudian disimpan pada suhu 4°C hingga dianalisa. Hasil pengeringan supernatan dinyatakan sebagai fraksi tepung larut air, sementara presipitan kering sebagai fraksi tepung tak larut air.



Gambar 2. Proses Ekstraksi Tepung Larut Air dan Tak Larut Air.

2.7. Analisis

2.7.1. Rendemen

Rendemen tepung larut air yang didapatkan setelah proses pengeringan dibandingkan dengan bentuk tepung rendah lemaknya.

2.7.2. Warna

Profil warna sampel diinterpretasikan dengan Hunter Lab menggunakan Chromameter (Konica, Minolta CR-300, Tokyo, Japan). Nilai L menyatakan *lightness* (kecerahan) dengan nilai 0 hingga 100 (putih). Nilai a menyatakan merah (+) hingga hijau (-), sementara nilai b menyatakan

kuning (+) hingga biru (-). Warna sampel turut diinterpretasikan dalam derajat putih yang dihitung menggunakan persamaan (1) berdasarkan Debusca, dkk. (2014):

$$\text{Derajat Putih (\%)} = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{1/2} \quad (1)$$

2.7.3. Densitas Kamba

Pengukuran densitas kamba (*bulk density*) mengacu pada Eltayeb, dkk. (2011). Sampel ditempatkan pada gelas ukur 10 ml yang sebelumnya telah ditimbang. Sampel dipadatkan hingga mencapai 10 ml dengan cara diketuk-ketukkan hingga lebih dari 30 kali. Gelas ukur berisi 10 ml sampel kemudian ditimbang. Densitas kamba dinyatakan sebagai perbandingan berat sampel terhadap volumenya dalam g/ml.

2.7.4. Viskositas

Kekentalan sampel diamati sebagai viskositas dengan mengacu pada Sze-Tao dan Sathe (2000). Viskositas sampel diamati dengan Viscometer (Brookfield, Model LVT, Brookfield Engineering Laboratory, USA), menggunakan spindel nomor 1 pada kecepatan 12. Viskositas larutan sampel dengan konsentrasi 3 persen (w/v) dinyatakan dalam centipoise (cP).

2.7.5. Aktivitas Air

Aktivitas air diamati dengan Water Activity Meter (WA-360, Shibaura Electronics Co.Ltd., Korea) berdasarkan Astawan dan Hazmi (2016).

2.7.6. Protein Terlarut

Protein terlarut dianalisa berdasar pada metode Bradford (1976). Sebanyak 2 mg sampel dilarutkan dalam 1 ml air destilasi. Larutan disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 20 menit pada suhu 20°C. Supernatan (2 µl) dicampur dengan 1 ml Quick Start Bradford 1x Dye Reagent (Bio-Rad Laboratories Inc., USA), lalu diamati pada panjang gelombang 595 nm dengan spektrofotometer (UH5300, Hitachi, Japan). Quick Start Bovine Serum Albumin Standard Set (Bio-Rad Laboratories Inc., USA) digunakan sebagai kurva standar untuk

menyatakan protein terlarut pada supernatan dalam BSA mg/ml.

2.7.7. Komposisi asam Amino

Komposisi asam amino ditentukan dengan metode HPLC, menggunakan detektor UV dengan panjang gelombang 254 nm (Budijanto, dkk., 2011). Sampel terlebih dahulu dipreparasi menggunakan HCl 6 N dengan pemanasan pada suhu 100 °C dan disaring. Lalu, dilarutkan dengan larutan pengering dan dikeringkan. Sebelum diinjeksikan ke dalam kolom, sampel dilarutkan dalam larutan derivatisasi dan diberi natrium asetat.

2.7.8. Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan direpresentasikan dengan ABTS (Nalinanon, dkk., 2011). Sebanyak 50 µl larutan sampel (10 mg/ml) dicampurkan dengan 950 µl larutan ABTS (Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan) dalam potasium persulfat. Campuran disentrifugasi dengan kecepatan 2000 × g selama 5 menit pada suhu 4°C. Selanjutnya absorbansi campuran diamati pada panjang gelombang 734 nm. Aktivitas antioksidan kemudian dinyatakan sebagai

kemampuan sampel dalam menangkal radikal ABTS⁺.

2.7.8. Pengolahan Data

Data berupa karakteristik fisik dan kimia dari obyek pengamatan yang dirancang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) ditampilkan secara deskriptif menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*). Pengolahan data dilakukan dengan aplikasi *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS, ver.22, Chicago, IL) untuk membandingkan signifikansi pada tingkat kepercayaan 95 persen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rendemen

Setelah proses ekstraksi, didapatkan rendemen tepung larut air berbasis kedelai, tempe kedelai, dan tempe kecambah kedelai secara berturut-turut sebanyak 30,51±1,19 persen; 11,51±1,12 persen; dan 14,89±1,95 persen. Berdasarkan data, diketahui bahwa tepung larut air berbasis tempe kedelai dan tempe kecambah kedelai (STF dan GTF) menghasilkan rendemen yang lebih rendah dari tepung larut air berbasis kedelai (SF). Hal ini dimungkinkan terjadi karena proses

Tabel 1. Profil Warna dan Derajat Putih Isolat Protein Komersial, Tepung Larut Air, dan Tepung Tak Larut Air^a

Jenis Tepung	L	a	b	Derajat Putih
SF ^b	66,02±0,04d	+1,34±0,02d	+12,71±0,02e	63,69±0,03c
SPI ^c	70,89±0,08f	+1,14±0,00b	+11,83±0,02c	68,56±0,06g
STF ^d	62,89±0,01a	+0,38±0,02a	+13,64±0,01f	60,46±0,01b
GTF ^e	63,03±0,02b	+1,28±0,01c	+14,77±0,03g	60,17±0,01a
NS ^f	67,07±0,09e	+1,16±0,03b	+10,47±0,03b	65,42±0,08f
NST ^g	65,85±0,17c	+2,76±0,02f	+12,03±0,00d	64,14±0,05e
NGT ^h	65,95±0,02cd	+1,61±0,01e	+10,11±0,01a	63,85±0,02d

^aAngka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%. Data adalah rerata ± standar deviasi.

^bTepung larut air berbasis kedelai.

^cIsolat protein kedelai (komersial).

^dTepung larut air berbasis tempe kedelai.

^eTepung larut air berbasis tempe kecambah kedelai.

^fTepung tak larut air berbasis kedelai.

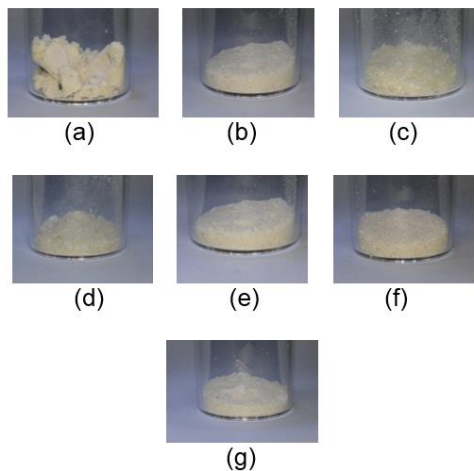
^gTepung larut air berbasis tempe kedelai.

^hTepung larut air berbasis tempe kedelai germinasi.

ekstraksi yang tidak berlangsung optimal pada tepung STF dan GTF.

3.2. Warna

Warna merupakan karakteristik penting pada sistem pangan. Profil warna sampel berupa nilai L (*lightness*), a (*redness*), dan b (*yellowness*), serta derajat putih ditampilkan pada Tabel 1. Warna yang terang dan putih adalah karakteristik yang diharapkan ada pada tepung. Berdasarkan Tabel 1, nilai b dan derajat putih seluruh jenis tepung berbeda nyata ($p < 0,05$) satu sama lain. Dibandingkan tepung lainnya, isolat protein kedelai cenderung berwarna lebih terang dan putih, yang ditunjukkan dengan nilai L dan derajat putih yang secara nyata lebih tinggi ($p < 0,05$). Kelompok tepung larut air memiliki derajat putih yang secara signifikan lebih rendah dibanding tepung tak larut air. Nilai b kelompok tepung larut air yang secara nyata lebih tinggi ($p < 0,05$) dibanding tepung tak larut air mengindikasikan karakteristik warna yang lebih kuning pada kelompok tepung larut air.



Gambar 3. Isolat protein kedelai (a), dan tepung larut air berbasis kedelai (b), tempe kedelai (c), tempe kecambah kedelai (d), serta tepung tak larut air berbasis kedelai (e), tempe kedelai (f), tempe kecambah kedelai (g).

Kelompok tepung yang berasal dari tempe menunjukkan karakteristik warna yang lebih gelap, dengan nilai L dan derajat putih yang secara nyata lebih rendah ($p < 0,05$) dibanding tepung yang berasal dari kedelai. Hal ini dipengaruhi oleh miselia hasil fermentasi (Handoyo dan Morita, 2006) dan paparan panas selama proses pengeringan. Abu-salem dan Abou-arab (2011) turut melaporkan bahwa tepung yang dihasilkan dari tempe akan memiliki karakteristik warna yang lebih gelap dari tepung berbasis kedelai. Kelompok tepung larut air maupun tak larut air, serta isolat protein kedelai ditunjukkan oleh Gambar 3.

3.3. Densitas Kamba

Densitas kamba merupakan perbandingan massa bahan terhadap volume, yang umumnya berguna dalam pengemasan dan penyimpanan. Tabel 2 menampilkan densitas kamba masing-masing sampel. Hasil pengamatan menunjukkan tepung larut air berbasis tempe kedelai dan kedelai germinasi (STF dan GTF) memiliki densitas kamba yang secara nyata lebih rendah ($p < 0,05$)

Tabel 2. Densitas Kamba Isolat Protein Komersial, Tepung Larut Air, dan Tepung Tak Larut Air^a

Jenis Tepung	Densitas Kamba
SF ^b	0,61±0,09e
SPI ^c	0,35±0,05d
STF ^d	0,10±0,02a
GTF ^e	0,07±0,05a
NS ^f	0,29±0,01cd
NST ^g	0,19±0,01b
NGT ^h	0,23±0,01bc

^aAngka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5 persen. Data adalah rerata ± standar deviasi.

^bTepung larut air berbasis kedelai.

^cIsolat protein kedelai (komersial).

^dTepung larut air berbasis tempe kedelai.

^eTepung larut air berbasis tempe kecambah kedelai.

^fTepung tak larut air berbasis kedelai.

^gTepung tak larut air berbasis tempe kedelai.

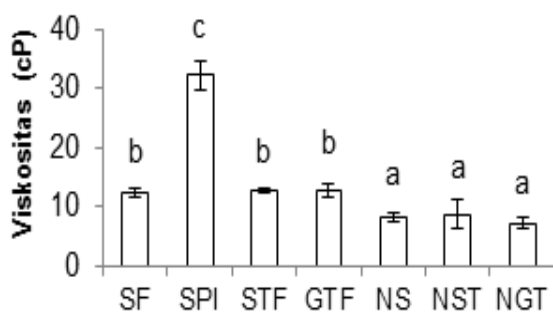
^hTepung tak larut air berbasis tempe kedelai germinasi.

dibandingkan tepung lainnya. Bentuk fisik STF dan GTF tidak berupa butiran serta berbobot ringan, sehingga ketika ditempatkan dalam wadah akan menimbulkan banyak ruang antar partikel yang tidak terisi.

Sementara itu, densitas kamba SF secara nyata lebih tinggi ($p < 0,05$) dari tepung lainnya. Tidak terdapat perbedaan nyata antara SPI dengan kelompok tepung tak larut air (NS, NST, dan NGT). Densitas kamba tertinggi ditunjukkan oleh tepung larut air berbasis kedelai.

3.4. Viskositas

SPI dengan konsentrasi protein yang tinggi menunjukkan viskositas yang secara signifikan lebih besar ($p < 0,05$) dibandingkan tepung lainnya (Gambar 4). Sze-Tao dan Sathe (2000) menyebutkan bahwa konsentrasi dan jenis protein, serta kemampuan pengembangan (*swelling ability*) berpengaruh terhadap viskositas. SPI umumnya mengandung fraksi tak larut dan memiliki struktur protein yang berkontribusi terhadap *swelling ability*, sebagai faktor yang berpengaruh signifikan terhadap viskositas (Kinsella, 1979). Selain itu, protein dengan ukuran yang lebih besar dan struktur teragregasi atau terdenaturasi dapat meningkatkan *swelling ability*.



Ket : Huruf yang berbeda pada tiap balok data menunjukkan adanya perbedaan nyata pada taraf uji 5 persen.

Gambar 4. Nilai Viskositas Isolat Protein Kedelai dan Tepung Larut Air serta Tak Larut Air.

Tepung larut air menunjukkan viskositas yang tidak berbeda secara signifikan satu

sama lain, tetapi lebih rendah secara signifikan ($p < 0,05$) dibanding SPI. Kelompok tepung larut air ini memiliki kelarutan yang tinggi dalam air dan tepung STF serta GTF khususnya memiliki ukuran peptida yang kecil, oleh karena itu, diduga *swelling ability* pada tepung larut air tergolong rendah. Viskositas yang rendah secara tidak langsung menunjukkan daya serap air (*water holding capacity*) yang rendah pula (Yu, dkk., 2007). Tepung dengan viskositas yang tinggi dapat berguna sebagai *thickening agent*, sementara tepung dengan viskositas rendah tetapi mengandung protein dengan konsentrasi yang tinggi dapat berguna dalam pengembangan minuman tinggi protein. Sementara itu, tepung tak larut air (NS, NST dan NGT) menunjukkan viskositas yang secara signifikan ($p < 0,05$) lebih rendah daripada kelompok tepung larut air. Fraksi tak larut pada tepung tak larut air mudah mengendap tanpa banyak berpengaruh terhadap viskositas.

Tabel 3. Aktivitas Air Isolat Protein Komersial, Tepung Larut Air, dan Tepung Tak Larut Air^a

Jenis Tepung	Aktivitas Air
SF ^b	0,43±0,02a
SPI ^c	0,53±0,02b
STF ^d	0,58±0,01c
GTF ^e	0,53±0,02b
NS ^f	0,44±0,02a
NST ^g	0,61±0,01cd
NGT ^h	0,62±0,01d

^aAngka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5 persen. Data adalah rerata ± standar deviasi.

^bTepung larut air berbasis kedelai.

^cIsolat protein kedelai (komersial).

^dTepung larut air berbasis tempe kedelai.

^eTepung larut air berbasis tempe kecambah kedelai.

^fTepung tak larut air berbasis kedelai.

^gTepung tak larut air berbasis tempe kedelai.

^hTepung tak larut air berbasis tempe kedelai germinasi.

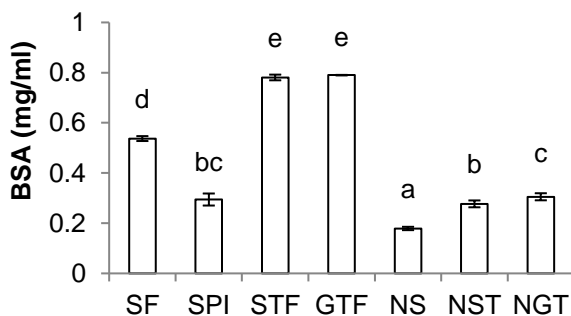
3.5. Aktivitas Air

Nilai aktivitas air tepung berkaitan erat dengan daya simpan. Aktivitas air yang rendah pada tepung dapat memperkecil

kemungkinan tumbuhnya mikroorganisme dan reaksi enzimatik yang dapat merusak produk. Tabel 3 menampilkan aktivitas air SPI, tepung tak larut air, serta tak larut air berbasis kedelai, tempe kedelai, dan tempe kecambah kedelai. Proses pengeringan dengan *freeze dryer* menghasilkan tepung larut air dan tak larut air dengan aktivitas air yang rendah. Tapia, dkk. (2007) menjelaskan bahwa pertumbuhan mikroorganisme dapat dihindari pada rentang nilai a_w di bawah 0,61.

3.6. Protein Terlarut

Kelarutan merupakan sifat fungsional yang penting pada protein dan berhubungan dengan fungsionalitas protein lainnya. Protein dengan kelarutan yang tinggi akan lebih mudah terkorporasi dengan sistem pangan. Protein terlarut pada masing-masing sampel ditampilkan oleh Gambar 5. Tampak bahwa kelompok tepung tak larut air mengandung protein dengan kelarutan yang secara signifikan lebih rendah ($p < 0,05$) dari tepung larut air. Sementara itu, SPI mengandung protein dengan kelarutan yang secara signifikan lebih rendah ($p < 0,05$) dari tepung larut air.



Ket : Huruf yang berbeda pada tiap balok data menunjukkan adanya perbedaan nyata pada taraf uji 5 persen.

Gambar 5. Kelarutan Protein pada Isolat Protein Kedelai dan Tepung Larut Air serta Tak Larut Air

Protein dengan kelarutan tertinggi ($p < 0,05$) ditunjukkan oleh tepung larut air berbasis tempe kedelai dan tempe kecambah kedelai (STF dan GTF). Proses fermentasi pada tempe menyebabkan

protein terhidrolisa menjadi ukuran yang lebih sederhana (Bavia, dkk., 2012). Wu, dkk. (1998) menjelaskan bahwa dengan ukuran yang lebih sederhana, protein akan lebih mudah terlarut. Hidrolisis diduga menyebabkan tereksposnya molekul protein, sehingga lebih mudah berinteraksi dengan air. Oleh karena itu, tepung larut air berbasis tempe menunjukkan protein dengan kelarutan yang lebih tinggi dari SPI dan tepung larut air berbasis kedelai (tanpa fermentasi). Molekul protein yang terhidrolisa dan memiliki kelarutan yang cukup tinggi akan menghasilkan fungsionalitas yang baik. Protein dengan kelarutan yang tinggi berkorelasi positif dengan daya buih (Zayas, 2012). Selain itu, peningkatan kelarutan protein dan tereksposnya gugus hidrofobik ke *interface* air dan minyak oleh protein yang terhidrolisa akan berpengaruh positif dalam pembentukan emulsi (Chabanon, dkk., 2007; Yu, dkk., 2007; Radha, dkk., 2008).

3.7. Komposisi Asam Amino

Komposisi asam amino SPI, serta tepung larut air, dan tepung tak larut air berbasis kedelai, tempe kedelai, dan tempe kecambah kedelai ditampilkan pada Tabel 4. Seluruh tepung mengandung asam amino esensial berupa lisin, leusin, isoleusin, fenilalanin, valin, treonin, dan metionin. Proses ekstraksi pada tepung larut air dan tak larut air mengubah komposisi asam amino tetapi tidak menghilangkan asam-asam amino esensial yang ada. Perubahan komposisi asam amino ini turut disebabkan oleh fermentasi selama pembuatan tempe dan germinasi. Purwisastra, dkk. (1993) menjelaskan bahwa selama pembuatan tempe, asam amino pada kedelai mengalami penurunan. Asam aspartat dan glutamat mendominasi komposisi asam amino seluruh sampel, sementara itu, leusin tampak sebagai asam amino esensial yang mendominasi.

Tabel 4. Komposisi Asam Amino (g /100 g protein) Isolat Protein Komersial, Tepung Larut Air, dan Tepung Tak Larut Air

Asam Amino	Jenis Tepung						
	SF ^a	SPI ^b	STF ^c	GTF ^d	NS ^e	NST ^f	NGT ^g
Asam Aspartat	6,56	9,64	5,18	10,01	5,36	7,83	7,60
Asam Glutamat	11,06	17,44	10,70	18,22	9,31	12,87	12,43
Serin	2,62	4,09	1,69	3,99	0,48	3,12	2,96
Histidin	1,31	1,97	1,39	2,06	1,03	1,44	1,48
Glisin	2,11	3,29	2,12	3,49	1,77	2,23	2,32
Treonin	1,83	2,92	2,26	2,87	0,79	2,35	2,31
Arginin	4,59	6,75	3,21	6,79	3,54	4,81	4,64
Alanin	2,40	3,56	2,34	3,67	2,24	2,82	2,79
Tirosin	2,11	3,27	1,48	2,60	1,58	2,19	2,19
Metionin	0,65	1,17	0,46	0,85	0,61	0,76	0,54
Valin	2,56	4,28	2,03	4,53	2,65	3,53	3,50
Fenilalanin	3,03	4,79	1,68	4,95	2,59	3,74	3,69
Isoleusin	2,73	4,31	1,97	4,56	2,57	3,59	3,56
Leusin	4,09	6,72	2,78	6,91	3,75	5,38	5,29
Lisin	3,77	5,36	2,47	5,45	2,17	3,21	3,95

^aAngka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%. Data adalah rerata ± standar deviasi.

^bTepung larut air berbasis kedelai.

^cIsolat protein kedelai (komersial).

^dTepung larut air berbasis tempe kedelai.

^eTepung larut air berbasis tempe kecambah kedelai.

^fTepung tak larut air berbasis kedelai.

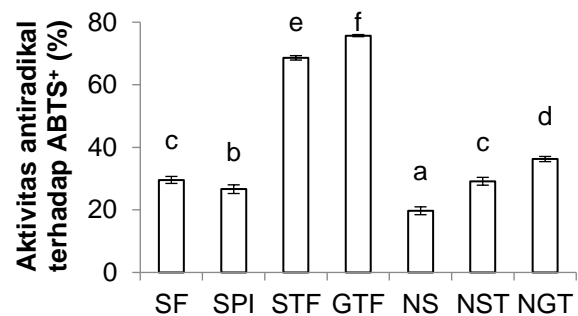
^gTepung larut air berbasis tempe kedelai.

^hTepung larut air berbasis tempe kedelai germinasi.

3.8. Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan tepung larut air dan SPI ditampilkan dengan aktivitas antiradikal terhadap ABTS⁺, yang ditunjukkan oleh Gambar 6. SPI menunjukkan aktivitas antiradikal yang secara signifikan lebih rendah ($p < 0,05$) dari tepung larut air berbasis kedelai, tempe kedelai, dan tempe kedelai germinasi. Jika dibandingkan dengan tepung larut air berbasis kedelai, STF dan GTF yang melalui perlakuan fermentasi memiliki aktivitas antioksidan yang secara nyata lebih tinggi ($p < 0,05$). Menurut Sanjukta dan Rai (2016), fermentasi pada tempe menghasilkan peptida bioaktif yang memiliki aktivitas antioksidan. Chang (2009) turut menjelaskan bahwa aktivitas antioksidan pada tempe berasal dari komponen derivat isoflavon dan peptida hasil hidrolisis.

GTF tampak secara nyata menunjukkan aktivitas antiradikal yang lebih tinggi ($p < 0,05$) dibanding STF. (Fernandez-Orozco, dkk., 2008) menyebutkan bahwa



Ket : Huruf yang berbeda pada tiap balok data menunjukkan adanya perbedaan nyata pada taraf uji 5 persen.

Gambar 6. Aktivitas Antioksidan pada Isolat Protein Kedelai dan Tepung Larut Air serta Tak Larut Air

kedelai germinasi memiliki aktivitas

antioksidan yang lebih tinggi daripada kedelai non-germinasi. Selama proses germinasi, terjadi perubahan komponen fenolik, isoflavon, serta asam askorbat yang berperan meningkatkan aktivitas antioksidan kedelai (Huang, dkk., 2014).

Kelompok tepung larut air (SF, STF, GTF) turut menunjukkan aktivitas antioksidan yang secara signifikan lebih tinggi ($p < 0,05$) dari masing-masing bentuk tepung tak larut airnya (NS, NST, NGT). Hasil ini menunjukkan bahwa komponen yang berperan sebagai antioksidan banyak terikut bersama fraksi terlarut selama ekstraksi. Watanabe, dkk., (2007) menjelaskan bahwa komponen antioksidan pada fraksi larut air tempe merupakan asam amino, peptida, dan aglikon isoflavon.

IV. KESIMPULAN

Tepung larut air yang dihasilkan dari tempe memiliki rendemen yang lebih rendah dari tepung larut air berbasis kedelai. Optimasi terhadap proses ekstraksi diperlukan untuk meningkatkan rendemen yang didapat. Tepung tempe larut air mengandung protein dengan kelarutan yang tinggi serta aktivitas antioksidan yang lebih besar dari SPI dan kelompok tepung tak larut air. Kajian lebih lanjut mengenai karakteristik fungsional tepung tempe larut air diperlukan untuk memperluas informasi mengenai potensi aplikasi tepung tempe larut air.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pemberi dana penelitian, yaitu Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan RI melalui Beasiswa Tesis dan Disertasi LPDP sesuai dengan Surat Perjanjian Nomor: PRJ-707/LPDP.3/2016 atas nama Nafisah Eka Puteri dan Rumah Tempe Indonesia yang telah bersedia memfasilitasi proses pembuatan tempe. Penulis turut mengucapkan terima kasih pada program PARE Joint Certificate Program yang turut membantu menyediakan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-salem, F.M. dan Abou-arab, E.A., 2011. Physico-Chemical Properties of Tempeh Produced from Chickpea Seeds. *Journal of American Science*, 7(7), pp.107–118.
- Astawan, M. dan Hazmi, K., 2016. Karakteristik Fisikokimia Tepung Kecambah Kedelai. *Pangan*, 25(2), pp.105-112.
- Astawan M, Wresdiyati T, Maknun L. 2017. *Tempe Sumber Zat Gizi dan Komponen Bioaktif untuk Kesehatan*. Bogor (ID): IPB Press.
- Bavia, A.C.F., da Silva, C.E., Ferreira, M.P., Leite, R.S., Mandarino, J.M.G., Carrao-Panizzi, M.C., 2012. Chemical Composition of Tempeh from Soybean Cultivars Specially Developed for Human Consumption. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 32(3), pp.613–620.
- Bradford, M.M., 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72, pp.248–254.
- Budijanto, S., Sitanggang, A.B., Murdiati, W., 2011. Karakterisasi Sifat Fisiko-kimia dan Fungsional Isolat Protein Biji Kecapir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 22(2), pp.130-136.
- Chabanon, G., Chevalot, I., Framboisier, X., Chenu, S., Marc, I., 2007. Hydrolysis of Rapeseed Protein Isolates: Kinetics, Characterization and Functional Properties of Hydrolysates. *Process Biochemistry*, 42, pp.1419–1428.
- Chang, C. Hsu, C., Chou, S., Chen, Y., Huang, F., Chung, Y., 2009. Effect of Fermentation Time on the Antioxidant Activities of Tempeh Prepared from Fermented Soybean using *Rhizopus oligosporus*. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(4), pp.799–806.
- Debusca, A., Tahergorabi, R., Beamer, S.K., Matak, K.E., Jaczynski, J., 2014. Physicochemical Properties of Surimi Gels Fortified with Dietary Fiber. *Food Chemistry*, 148, pp.70-76.

- Eltayeb, A.R.S.M., Ali, A.O., Abou-arab, A.A. dan Abu-salem, F.M., 2011. Chemical Composition and Functional Properties of Flour and Protein Isolate Extracted from Bambara Groundnut (*Vigna subterranean*). *African Journal of Food Science*, 5(2), pp.82–90.
- Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M.K., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C., 2008. Kinetic Study of the Antioxidant Compounds and Antioxidant Capacity during Germination of *Vigna radiata* cv. emmerald, *Glycine max* cv. jutro and *Glycine max* cv. merit. *Food Chemistry*, 111(3), pp.622–630.
- Handoyo, T. dan Morita, N., 2006. Structural and Functional Properties of Fermented Soybean (Tempeh) by using *Rhizopus oligosporus*. *International Journal of Food Properties*, 9(2), pp.347–355.
- Haron, H. dan Raob, N., 2014. Nutrition and Food Changes in Macronutrient, Total Phenolic and Anti-Nutrient Contents during Preparation of Tempeh. *Journal Nutrition and Food Science*, 4(2), pp.1–5.
- Huang, X., Cai, W. dan Xu, B., 2014. Kinetic Changes of Nutrients and Antioxidant Capacities of Germinated Soybean (*Glycine max* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) with Germination Time. *Food Chemistry*, 143, pp.268–276.
- Kinsella, J.E., 1979. Functional properties of soy Proteins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56(3), pp.242–258.
- Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H., Shahidi, F., 2011. Functionalities and Antioxidant Properties of Protein Hydrolysates from the Muscle of Ornate Threadfin Bream with Pepsin from Skipjack Tuna. *Food Chemistry*, 124, pp.1354-1362.
- Nout, M.J.R. dan Kiers, J.L., 2005. Tempe Fermentation, Innovation and Functionality : Update into the Third Millenium. *Journal of Applied Microbiology*, 98, pp.789–805.
- Omosebi, M.O. dan Otunola, E.T., 2013. Preliminary Studies on empeh Flour Produced from Three Different *Rhizopus* species. *International Journal of Biotechnology and Food Science*, 1(5), pp.90–96.
- Purawisastra, S., Slamet, D.S., dan Soetrisno, U.S.S. 1993. Perubahan Kandungan Protein dan Komposisi Asam Amino Kedelai pada Waktu Pembuatan Temped dan Tahu. *Jurnal Penelitian Gizi dan Makanan*, 16, pp.117–124.
- Radha, C., Kumar, P.R. and Prakash, V., 2008. Enzymatic Modification as a Tool to Improve the Functional Properties of Heat-Processed Soy Flour. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 343(February 2007), pp.336–343.
- Rusydi, M.R.M. dan Azrina, A., 2012. Effect of Germination on Total Phenolic, Tannin and Phytic Acid Contents in Soy Bean and Peanut. *International Food Research Journal*, 19(2), pp.673–677.
- Sanjukta, S. dan Rai, A.K., 2016. Production of Bioactive Peptides during Soybean Fermentation and Their Potential Health Benefits. *Trends in Food Science and Technology*, 50, pp.1–10.
- Shi, H., Nam, P.K. dan Yinfa, M., 2010. Comprehensive Profiling of Isoflavones, Phytosterols, Tocopherols, Minerals, Crude Protein, Lipid, and Sugar during Soybean (*Glycine Max*) Germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, pp.4970–4976.
- Sze-Tao, K. dan Sathe, S.K., 2000. Functional Properties and *in vitro* Digestibility of Almond (*Prunus dulcis* L .) Protein Isolate. *Food Chemistry*, 69(2), pp.153–160.
- Tapia, M.S., Alzamora S.M. dan Chirife J. 2007. Effect of Water Activity (a_w) on Microbial Stability: As a Hurdle in Food Preservation. *Di dalam* Barbosa-Canovas, G.V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J., Labuza, T.P. (eds) *Water Activity in Foods: Fundamental and Application*. Blackwell Publishing dan IFT.
- Watanabe, N., Fujimoto, K. dan Aoki, H., 2007. Antioxidant Activities of the Water-Soluble Fraction in Tempeh-Like Fermented Soybean (GABA-Tempeh). *International Journal of Food Science and Nutrition*, 58(8), pp.577–587.
- Wilson, S., Blaschek, K. dan Mejia, E.G. De, 2005. Allergenic Proteins in Soybean : Processing and Reduction of P34

Allergenicity. *Nutrition Reviews*, 63(2), pp.47–58.

Wu, W.U., Hettiarachchy, N.S. dan Qi, M., 1998. Hydrophobicity, Solubility, and Emulsifying Properties of Soy Protein Peptides Prepared by Papain Modification and Ultrafiltration. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75(7), pp.845–850.

Yu, J., Ahmedna, M. dan Goktepe, I., 2007. Peanut Protein Concentrate : Production and Functional Properties as Affected by Processing. *Food Chemistry*, 103, pp.121–129.

Zayas, JF. 2012. *Functionality of Proteins in Food*. Springer. New York.

Zielinski, H., 2003. Contribution of Low Molecular Weight Antioxidants to the Antioxidant Screen of Germinated Soybean Seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, pp.1–20.

BIODATA PENULIS :

BIODATA PENULIS :

Nafisah Eka Puteri dilahirkan di Sleman, Yogyakarta tanggal 31 Juli 1991. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Sriwijaya pada tahun 2014 dan saat ini sedang menempuh pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor.

Made Astawan dilahirkan di Bali tanggal 2 Februari 1962. Menyelesaikan pendidikan S1 Gizi Masyarakat di Institut Pertanian Bogor tahun 1985, pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 1990, serta pendidikan S3 Biokimia Pangan Gizi di Tokyo *University of Agriculture* di Jepang pada tahun 1995.

Nurheni Sri Palupi dilahirkan di Yogyakarta pada tanggal 2 Agustus 1961. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Hasil Pertanian di Universitas Gajah Mada tahun 1985, pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 1996, serta S3 Biokimia Pangan di *Universite Henri Poincare-Nancy I* di Perancis tahun 2000.