

Pengaruh Ukuran Partikel Tepung Kedelai dan Konsentrasi Glukono Delta Laktone (GDL) terhadap Sifat Fisik Tahu Instan

Effects of Soy Flour Particle Size and Glucono Delta Lactone Concentration on Physical Properties of Instant Tofu

Siti Fauziyyah Masykur¹, Dede Robiatul Adawiyah^{1,2}, Hoerudin³, Purwiyatno Hariyadi^{1,2}

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

²South East Asian Food and Agricultural Science and Technology Center, Institut Pertanian Bogor

³Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian,
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian

Abstract. *New process for making instant tofu was developed. Effects of soy flour particle size and GDL concentration on physical properties of instant tofu were studied. Soy beans were ground using a disc mill to produce defatted and undefatted soy flours, and then both were ground using planetary ball mill (PBM) to further reduce their particle sizes. Only defatted soy flour was able to be ground using PBM for 10, 20 and 30 min. Particle sizes were analyzed with laser diffraction technique. Instant tofu was made by adding soy flour to boiling water (15% w/v) and GDL (0.3% and 0.5% of the total mixture), mixed well, followed by stove heating without stirring for 10 min. Physical properties of instant tofu were analyzed using texture profile analyzer, chromameter and scanning electron microscope. Particle size of soy flour had effect on textural properties and microstructure, but not on colour of tofu. Smaller particle size of defatted soy flour (D_{50} = 36.4; 23.8; and 16.1 μ m) improved several textural characteristics of the resulting instant tofu; i.e. would increase hardness, chewiness and cohesiveness (with addition of 0.3% GDL) and would increase springiness and chewiness (with addition of 0.5% GDL).*

Keywords: *Instant tofu, particle size, physical properties, soy flour*

Abstrak. Pembuatan tahu secara instan telah berhasil dikembangkan. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh ukuran tepung kedelai dan konsentrasi GDL terhadap karakteristik fisik tahu instan. Kedelai digiling menggunakan *disc mill* untuk menghasilkan tepung kedelai berlemak dan tanpa lemak, kemudian kedua tepung tersebut digiling menggunakan *planetary ball mill* (PBM) untuk memperkecil ukuran partikelnya. Hanya tepung kedelai tanpa lemak yang dapat digiling dengan PBM dan penggilingan dilakukan selama 10, 20 dan 30 menit. Ukuran partikel tepung kedelai kemudian diukur dengan teknik difraksi laser. Tahu instan dibuat dengan cara menambahkan tepung kedelai kedalam air mendidih (15% b/v), kemudian ditambahkan GDL (0.3% dan 0.5% dari total campuran) dan diaduk serta dilanjutkan dengan proses pemanasan selama 10 menit tanpa pengadukan. Karakteristik fisik tahu instan dianalisis menggunakan *texture analyzer*, *chromameter* dan *scanning electron microscope*. Ukuran partikel tepung kedelai berpengaruh terhadap tekstur dan mikrostruktur, namun tidak berpengaruh terhadap warna tahu instan yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak (D_{50} = 36.4; 23.8; dan 16.1 μ m) akan meningkatkan beberapa karakter tekstur tahu instan yang dihasilkan; yaitu meningkatkan nilai kekerasan, daya kunyah dan daya kohesif (pada penambahan 0.3% GDL) dan meningkatkan elastisitas dan daya kunyah (pada penambahan 0.5% GDL).

Kata kunci: *Tahu instan, ukuran partikel, sifat fisik, tepung kedelai*

Aplikasi Praktis: Hasil penelitian ini memperkenalkan alternatif proses pembuatan tahu dengan cara menyiapkan campuran tepung kedelai pada ukuran partikel tertentu dan penggumpal glukono delta laktone (GDL) yang siap ditambahkan air, lalu dipanaskan selama 10 menit agar bisa membentuk massa padat yang menyerupai tahu. Selain praktis, keunggulan proses pembuatan tahu instan ini juga akan mengurangi limbah cair sekaligus mengurangi kehilangan zat gizi dan komponen lain yang larut air.

PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan tradisional terbuat dari kedelai yang banyak dikonsumsi di negara Asia (Jayasena

et al. 2010; Leiva *et al.* 2011). Proses pembuatan tahu di Indonesia umumnya dilakukan dengan proses basah melalui pembuatan susu kedelai kemudian dilanjutkan

proses penggumpalan dengan penambahan penggumpal berupa asam organik disertai proses pemanasan. Liu *et al.* (2013) menyatakan bahwa hanya sekitar 53% dari bahan kedelai yang menjadi produk akhir berupa tahu dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk cair maupun padat. Limbah dari proses pembuatan tahu cara basah ini masih banyak mengandung komponen zat gizi seperti serat, isoflavon dan komponen lainnya (Hariyadi *et al.* 2002). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi proses pembuatan tahu untuk meminimalkan limbah dan zat gizi yang hilang. Teknologi proses yang dimaksud adalah pembuatan tahu dengan cara kering melalui proses penepungan kedelai. Tepung kedelai yang dihasilkan ditambahkan bahan penggumpal berupa garam maupun asam sehingga dengan penambahan air dan dilanjutkan proses pemanasan akan membentuk gel menyerupai tahu yang disebut sebagai tahu instan (Katrina 2003, Arofah 2004, Sugiyono *et al.* 2005).

Ide pembuatan tahu cara kering untuk menghasilkan tahu instan telah dimulai dari tahun 2002 (Hariyadi *et al.* 2002, Katrina 2003 dan Arofah 2004). Tahu instan dapat dihasilkan dari tepung kedelai berukuran 100 mesh (149 μm) dan 150 mesh (99 μm) dengan penambahan air panas ($T=90-100^\circ\text{C}$) sebanyak 1: 2 (tepung kedelai : air) kemudian dilanjutkan dengan proses pengukusan selama 15 menit. Namun, tahu yang dihasilkan memiliki tekstur terlalu kompak, cenderung berpasir dan masih memiliki rasa agak langu. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tahu yang dibuat dengan cara kering masih memiliki karakteristik yang kurang baik, terutama untuk karakteristik teksturnya. Diduga bahwa karakteristik tekstur tahu instan yang dihasilkan dipengaruhi oleh ukuran partikel tepung kedelai. Semakin kecil ukuran partikel tepung kedelai diharapkan mampu menghasilkan tahu dengan tekstur yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh ukuran partikel tepung kedelai dan konsentrasi glukono delta laktone (GDL) yang ditambahkan terhadap sifat fisik tahu instan yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kacang kedelai lokal varietas Wilis yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Malang, penggumpal glucono delta lactone (GDL), heksan, air mineral, Tween 20. Alat yang digunakan yaitu oven *cabinet drier*, penggiling *disc mill* (Modoel FFC 23), soxlet, ayakan *tyller* 100 mesh, *planetary ball mill* (Retsch, PM100), *Texture Analyzer* (TA- Stable Micro System Ltd, XT2i), *Chromameter* (Minolta, CR-300), *Scanning Electron Microscope/SEM* (Zeiss, EVO|MA10) dan *Particle Size Analyzer* (Malvern Instrument, Mastersizer 3000).

Pembuatan Tepung Kedelai

Kacang kedelai direndam dalam air biasa selama 6-8 jam dengan perbandingan 1:3 (kacang kedelai : air) kemudian dilakukan pembuangan kulit kedelai, pencucian dan pengeringan menggunakan *cabinet drier* pada suhu 60°C

selama 10-12 jam. Kedelai yang telah kering digiling dengan *disc mill* dan diayak dengan ayakan *tyller* berukuran 100 mesh, selanjutnya dilakukan proses penghilangan lemak menggunakan pelarut heksan sehingga diperoleh tepung kedelai tanpa lemak (*defatted soy flour*). Tepung kedelai berlemak dan tanpa lemak kemudian dihaluskan lebih lanjut menggunakan *planetary ball mill* (PBM) pada kecepatan 300 rpm selama waktu yang bervariasi, yaitu 10, 20 dan 30 menit.

Analisis Ukuran Partikel Tepung Kedelai

Rata-rata diameter dan distribusi partikel tepung kedelai dianalisis menggunakan *particle size analyzer* dengan teknik difraksi laser. Sampel tepung kedelai ditambahkan tween 20 dan diaduk hingga merata. Campuran tersebut kemudian didispersikan dalam air dan dilakukan proses pengadukan selama 10 s. Nilai indeks refraktif yang digunakan yaitu 1,333.

Distribusi ukuran partikel dinyatakan dengan nilai D_{10} , D_{50} , dan D_{90} , yang berturut-turut menyatakan sebagai ukuran maksimum partikel untuk 10%, 50% dan 90% populasi partikel (Lopez-Sanchez *et al.* 2011) Dengan demikian D_{50} adalah nilai tengah (*mean*) diameter partikel yang berarti 50% partikel berukuran $<D_{50}$ dan 50% lainnya berukuran $>D_{50}$. Distribusi partikel pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan software mastersizer V3.10. Nilai yang dinyatakan adalah nilai rata-rata dari 6 kali pengukuran masing-masing sampel. Software ini juga menyajikan ukuran rata-rata partikel sebagai $D_{[3,2]}$ dan $D_{[4,3]}$, yang diformulasikan dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Lee dan Yoon 2015) :

$$D_{[3,2]} = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2}$$

$$D_{[4,3]} = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3}$$

Dimana n_i merupakan jumlah partikel dengan diameter d_i . Nilai $D_{[3,2]}$ sering disebut sebagai diameter rata-rata Sauter (*Sauter mean diameter*) yaitu nilai diameter rata-rata partikel bola dengan nilai rasio volume/luas permukaan partikel yang sama. Nilai $D_{[4,3]}$ sering disebut sebagai diameter rata-rata De Brouckere (*De Brouckere mean diameter*) yaitu nilai diameter rata-rata partikel bola yang memiliki nilai rasio massa/volume partikel yang sama.

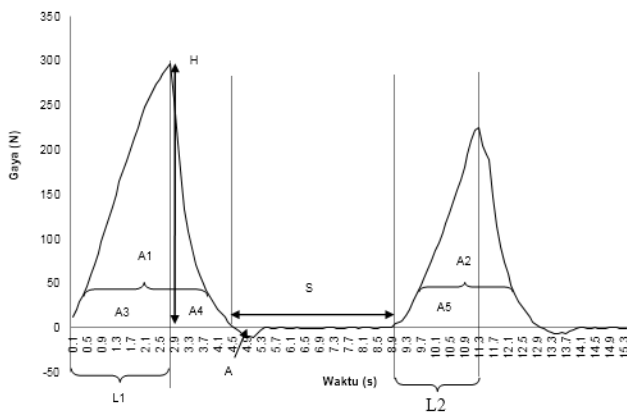
Pembuatan Tahu Instan

Pembuatan tahu instan dilakukan dengan cara menambahkan tepung kedelai kedalam air mendidih (15% b/v) yang telah ditambahkan penggumpal berupa GDL (0.3% dan 0.5% dari berat sari kedelai) hingga tercampur rata. Selanjutnya dilakukan proses pemanasan selama 10 menit diatas kompor dengan api sedang tanpa pengadukan hingga membentuk gel, kemudian dilakukan pencetakan menggunakan kotak aluminium foil berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$ lalu didinginkan pada suhu ruang.

Tekstur Tahu Instan

Tekstur tahu instan yang dihasilkan dianalisis menggunakan *texture analyzer* berdasarkan metode *texture*

profile analysis (TPA) yang dikembangkan oleh Liu *et al.* (2013). Sampel tahu dibentuk kubus dengan ukuran sisi 20 mm. Sampel ditekan 2 kali sampai kedalaman 30% dari tingginya menggunakan probe silinder (diameter 30 mm) dengan kecepatan 2.0 mm/s. Pengukuran dilakukan sebanyak 2 kali. Secara umum, hasil analisis akan memberikan profil tekstur seperti pada Gambar 1. Parameter tekstur yang diukur yaitu kekerasan (*hardness*), elastisitas (*springiness*), daya kohesif (*cohesiveness*), daya adhesif (*adhesiveness*) dan daya kunyah (*chewiness*). Nilai kekerasan merupakan gaya maksimum (puncak) pada tekanan pertama. Nilai elastisitas dihitung dari jarak tekanan kedua hingga mencapai gaya maksimumnya (L2) dibagi dengan jarak tempuh tekanan pertama hingga mencapai gaya maksimumnya (L1). Daya kohesif sampel dihitung dengan membandingkan luas di bawah kurva pada tekanan kedua (A2) dengan luas di bawah kurva pada tekanan pertama (A1). Daya adhesif merupakan energi yang dibutuhkan untuk menghancurkan produk dengan gaya tarik ke atas di antara permukaan produk pangan setelah tekanan pertama diberikan. Daya kunyah dihitung dengan cara mengalikan nilai kekerasan (*hardness*) dan daya kohesif (*cohesiveness*) dengan elastisitas (*springiness*) (Adawiyah *et al.* 2013).



Keterangan : A = Adhesiveness; H = Hardness; L1,L2 = Jarak; A1,A5 = Area; Cohesiveness = A2/A1; Gumminess = A2/A1 * Hardness; Springiness (S) = L2/L1; Chewiness = Hardness*cohesiveness*springiness

Gambar 1 Profil tekstur tahu instan

Analisis Warna Tahu Instan

Analisis warna dilakukan dengan menggunakan *Chromameter*. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 titik dari masing-masing permukaan sampel. Hasil pengukuran dikonversi ke dalam sistem Hunter Lab.

Analisis mikrostruktur tahu instan

Analisis mikrostruktur tahu instan dilakukan dengan menggunakan SEM. Sampel tahu instan dikeringkan menggunakan *freeze dryer*. Sampel yang telah kering kemudian ditempatkan pada lempengan aluminium dan diimmobilisasi dengan pita karbon adhesif dua sisi. Sampel dilapisi dengan emas menggunakan pemercik selama 90 detik pada 25 A. Mikrostruktur tahu dianalisis menggunakan SEM pada kondisi tegangan akselerasi 14 kV, pengamatan dilakukan pada perbesaran 500 kali dan jarak kerja 7.0-9.5 mm.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan *univariate ANOVA* pada *software SPSS 20.0*. Jika terdapat perbedaan yang nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan pada taraf 0,5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penggilingan dan Ukuran Partikel Tepung Kedelai

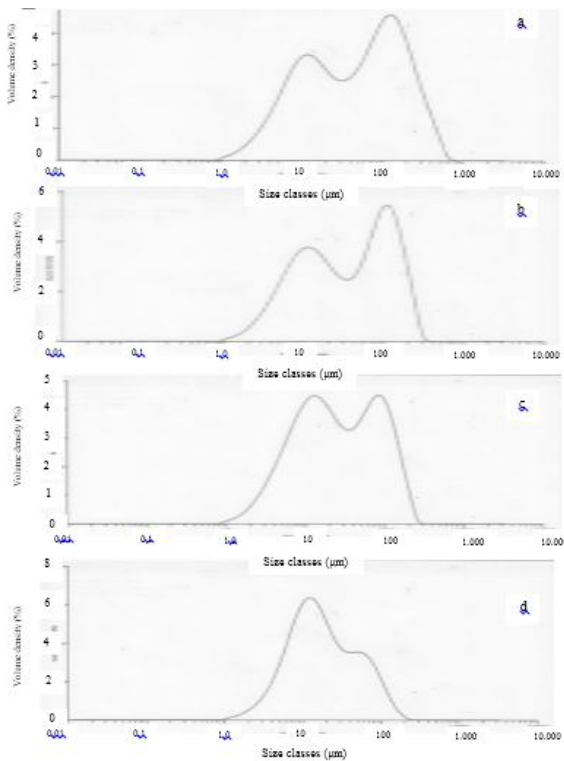
Pada penelitian ini kacang kedelai digiling menggunakan *disc mill (DM)* dan dilanjutkan dengan proses pengayakan menggunakan ayakan 100 mesh. Tepung yang dihasilkan berupa tepung kedelai berlemak. Sebagian tepung kedelai berlemak ini selanjutnya dilakukan penghilangan lemak, dengan cara merendamnya dalam pelarut heksan selama 24 jam, lalu direfluks selama 2 jam, sehingga diperoleh tepung kedelai tanpa lemak. Tepung kedelai berlemak dan tanpa lemak kemudian digiling lebih lanjut menggunakan *planetary ball mill (PBM)* untuk memperoleh tepung kedelai yang berukuran partikel lebih kecil.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hanya tepung kedelai tanpa lemak yang dapat digiling menggunakan PBM. Tepung kedelai yang masih mengandung lemak tidak dapat digiling dengan PBM karena mengalami penggumpalan saat proses penggilingan berlangsung. Perbedaan sifat giling kedua jenis tepung kedelai ini diduga disebabkan karena adanya pengaruh lemak, dimana tepung kedelai berlemak mengandung lemak sekitar 21.2% (Nicolic dan Lazic 2011), sedangkan tepung kedelai tanpa lemak hanya mengandung lemak sebesar 0.9% (Vishnawathan *et al.* 2011). Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya hanya digunakan tepung kedelai tanpa lemak hasil penggilingan PBM sebagai bahan baku pembuatan tahu instan.

Penggilingan tepung kedelai tanpa lemak dengan PBM dilakukan selama 10, 20 dan 30 menit untuk memperoleh partikel tepung dengan ukuran lebih kecil yang berbeda-beda. Proses pengecilan ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak dengan menggunakan PBM diharapkan dapat memperluas permukaan partikel dan diperoleh partikel tepung dengan protein terpapar (*exposed protein*) yang lebih banyak, sehingga interaksi protein-protein antar partikel akan meningkat; dan menghasilkan tepung dengan sifat fungsional tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel berpengaruh terhadap sifat fungsional dan fisikokimia bahan pangan. Ukuran partikel merupakan sifat yang paling penting dan paling berpengaruh pada proses pengolahan bahan pangan (Barbosa & Canovas *et al.* 2005).

Distribusi ukuran partikel tepung kedelai yang dihasilkan dari penggilingan dengan DM (Gambar 2a) dan dilanjutkan dengan penggilingan PBM (Gambar 2b, 2c, dan 2d) pada penelitian ini memiliki pola distribusi partikel bimodal. Karakteristik ukuran partikel tepung kedelai dapat dinyatakan dengan nilai D₁₀, D₅₀ dan D₉₀, yang berturut-turut menunjukkan nilai diameter maksimum dari 10%, 50%, dan 90% populasi partikel tepung. Sebagai-

mana terlihat pada Tabel 1, penggilingan dengan PBM dapat memperkecil ukuran partikel.



Gambar 2. Distribusi ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak a) penggilingan dengan DM; b) PBM 10 menit; c) PBM 20 menit; c) PBM 30 menit

Tabel 1 Distribusi ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak

Perlakuan	D ₁₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₉₀ (µm)	D _[3,2] (µm)	D _[4,3] (µm)	Gambar
Defatted soy flour	5.98	50.30	236.00	15.90	91.20	2a
PBM 10 menit	5.33	36.40	157.00	13.90	62.40	2b
PBM 20 menit	4.95	23.80	117.00	12.20	45.20	2c
PBM 30 menit	5.11	16.10	73.10	11.00	28.90	2d

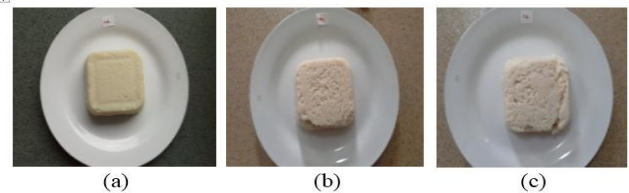
Tabel 1 menunjukkan nilai D₅₀ partikel tepung kedelai tanpa lemak sebelum digiling PBM adalah 50.3 µm setelah digiling PBM ukurannya menjadi semakin kecil dengan semakin lamanya waktu penggilingan, dimana nilai D₅₀ berturut-turut adalah 36.40; 23.80; dan 16.10 µm untuk penggilingan selama 10, 20 dan 30 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa penggilingan PBM selama 30 menit dapat memperkecil ukuran partikel (nilai D₅₀) tepung kedelai tanpa lemak hingga sekitar 3 kali ukuran partikel awalnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Lee dan Yoon (2013) yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu penggilingan menghasilkan distribusi ukuran partake tepung kedelai yang semakin seragam dan partikelnya berukuran semakin kecil.

Pembuatan Tahu Instan

Tepung yang digunakan sebagai bahan baku tahu instan yaitu tepung kedelai tanpa lemak hasil penggilingan PBM dengan karakteristik ukuran partikel seperti pada Tabel 1. Setelah penambahan *glucono delta lactone* (GDL) dan air, maka campuran lalu dipanaskan selama 10 menit tanpa proses pengadukan. Proses pemanasan ini

diperlukan karena GDL membutuhkan suhu tinggi untuk terhidrolisis menjadi asam glukonat dan menggumpalkan protein. Hal ini sesuai dengan pengamatan Shurtleff dan Aoyagi (1984), yang menyatakan bahwa jumlah bahan penggumpal dan lamanya pemanasan mempengaruhi kualitas tahu yang dihasilkan. Proses pemanasan ini dapat menyebabkan nilai kekerasan, elastisitas, kelengketan dan daya kunyah tahu menjadi lebih tinggi. Hal ini karena saat proses pemanasan akan menyebabkan struktur globular protein menjadi lebih terbuka, sehingga dengan waktu pemanasan yang cukup akan terbentuk interaksi hidrofobik antar protein sehingga akan membentuk gel atau agregat (Noh *et al.* 2005).

Proses pemanasan pada pembuatan tahu instan dilakukan selama 10 menit diatas kompor dengan api sedang tanpa pengadukan. Dengan proses pemanasan ini GDL akan membantu interaksi protein-protein antar partikel tepung kedelai; sehingga menghasilkan masa tahu yang cukup baik. Massa tahu yang dihasilkan terlihat pada Gambar 3. Secara umum bisa diamati bahwa semakin kecil ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak dan semakin tinggi konsentrasi GDL yang ditambahkan akan menghasilkan massa tahu yang lebih padat dan kompak (Gambar 3).



Gambar 3 Penampakan tahu instan dari tepung kedelai berukuran partikel D₅₀ a) 36.40 µm; b) 23.80 µm; c) 16.10 µm

Analisis Tekstur Tahu Instan

Parameter tekstur yang penting untuk mengkaraktisasi tekstur tahu adalah kekerasan, daya kohesif, dan daya kunyah (Prabakharan *et al.* 2006). Penambahan 0.3% GDL pada tahu instan yang terbuat dari tepung kedelai dengan penggilingan PBM menunjukkan hasil bahwa semakin kecil ukuran partikelnya nilai kekerasan tahu instan semakin meningkat yaitu 1.088±0.049 N; 1.169±0.232 N dan 1.331±0.059 N berturut-turut untuk tahu instan yang terbuat dari tepung kedelai berukuran partikel D₅₀= 36.4; 23.8 dan 16.1 µm (Tabel 2). Kekerasan tahu instan yang dihasilkan pada penelitian ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kekerasan tahu komersial (2.358 ±0.069 N). Cai *et al.* (2002) menyatakan bahwa tahu yang lembut memiliki nilai kekerasan sekitar 5N. Karena itu, kekerasan tahu instan yang dihasilkan oleh penelitian ini masih cukup rendah, untuk memperoleh tahu instan dengan kekerasan yang lebih tinggi disarankan untuk melakukan pengecilan ukuran lanjut terhadap tepung kedelai yang dihasilkan.

Nilai elastisitas menunjukkan kemudahan sampel dapat kembali ke kondisi semula setelah diberikan tekanan pertama (Liu *et al.* 2013). Tahu instan dari tepung kedelai berukuran partikel D₅₀=16.10 µm dengan penambahan 0.5% GDL memiliki nilai elastisitas ter-tinggi yaitu 8.33± 0.042 (Tabel 2) dibandingkan sampel tahu instan lainnya.

Hasil ini menunjukkan bahwa pada penambahan 0.5% GDL semakin kecil ukuran partikel dan semakin tinggi konsentrasi GDL yang ditambahkan mampu meningkatkan nilai elastisitas tahu instan. Bhattacharya dan Jena (2007) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi penggumpal dapat meningkatkan kekerasan dan elastisitas.

Tabel 2 Pengaruh ukuran partikel (D50) tepung kedelai tanpa lemak dan konsentrasi GDL terhadap karakteristik tekstur tahu instan

Ukuran Partikel Tepung Kedelai D ₅₀ (µm)	GDL (%)	Kekerasan (N)	Daya			
			Elastisitas	Adhesif (J x 10 ⁻³)	Daya Kohesif	Daya Kunyah (N)
36,4	0.3	1088±0.049 ^a	3.47±0.163 ^a	0.47±0.007 ^a	1.74±0.014 ^a	
23,8		1169±0.232 ^a	3.91±0.254 ^a	0.50±0.282 ^a	2.31±0.749 ^a	
16,1		1331±0.059 ^a	3.71±0.000 ^a	0.57±0.007 ^a	2.795±0.063 ^a	
36,4	0.5	1459±0.100 ^a	3.61±0.254 ^a	0.42±0.282 ^a	2.210±0.130 ^a	
23,8		2.925±0.496 ^b	4.58±0.07 ^a	0.58±0.014 ^a	7.73±1.244 ^a	
16,1		2.439±0.267 ^a	8.33±0.042 ^a	0.54±0.007 ^a	10.835±1.067 ^a	
Tahu Komersial		2.358±0.069	4.425±0.304	0.09±0.056	0.7±0.010	7.345±0.148

Keterangan: nilai dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan (p≤0.05) pada setiap ukuran partikel tepung kedelai

Daya kohesif menunjukkan seberapa erat ikatan antar gel untuk menahan tekanan setelah diberikan tekanan pertama (Teng *et al.* 2011) Tahu instan yang dibuat dengan penambahan 0.3% GDL (Tabel 2) menunjukkan nilai kohesivitas yang semakin meningkat (0.47±0.007; 0.50±0.282; dan 0.57±0.007) seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel tepung kedelai hasil penggilingan PBM (D₅₀=36.4; 23.8 dan 16.1 µm). Hasil ini sejalan dengan penelitian Liu *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel suspensi tepung kedelai dapat memperluas area permukaan partikel dan menyebabkan ikatan antara protein-protein, protein-lemak dan protein-serat dalam tahu semakin kuat sehingga nilai kohesivitas tahu semakin meningkat.

Daya kunyah didefinisikan seberapa mudah tahu untuk ditelan. Tahu instan dari tepung kedelai berukuran partikel D₅₀=16.10 µm dengan penambahan 0.5% GDL memiliki nilai daya kunyah tertinggi 10.835±1.067 N (Tabel 2) dibandingkan tahu instan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel dan semakin tinggi konsentrasi GDL yang ditambahkan mampu meningkatkan nilai daya kunyah tahu instan. Daya kunyah tahu instan yang dihasilkan dari perlakuan tersebut bahkan lebih tinggi dibandingkan daya kunyah tahu komersial.

Daya adhesif merupakan energi di area negatif (kurva bagian bawah) yang dibutuhkan untuk menghancurkan produk dengan gaya tarik ke atas. Nilai adhesif tahu instan yang terbuat dari tepung kedelai berukuran partikel D₅₀=36.40 µm dengan penambahan 0.3% GDL memiliki nilai daya adhesif tertinggi yaitu 0.27±0.00 (Tabel 2). Secara umum semakin kecil ukuran partikel tepung kedelai menghasilkan nilai daya adhesif yang semakin rendah, hal ini terjadi diduga karena proses pemanasan yang terlalu tinggi (suhu > 80°C) sehingga menurunkan daya ikat air dalam matriks.

Berdasarkan uji Duncan (p≤0.05) diperoleh hasil bahwa ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak dan penambahan GDL pada konsentrasi yang berbeda berpengaruh secara nyata terhadap perbedaan rata-rata nilai kekerasan, elastisitas, daya kohesif, daya adhesif dan daya kunyah tahu instan. Liu *et al.* (2013) menyebutkan bahwa tepung kedelai tanpa lemak merupakan produk yang potensial dalam pembentukan gel karena mengandung protein cukup tinggi dan memiliki kemampuan membentuk gel cukup baik selama proses termal, sehingga interaksi antara komponen pada tepung kedelai dalam membentuk gel dipengaruhi oleh ukuran partikel dalam tepung tersebut. Kapasitas pembentukan gel protein dapat berpengaruh nyata terhadap tekstur seperti kohesivitas, kekerasan, kelengketan dan daya adhesif, namun belum banyak penelitian mengenai fenomena proses gelasi pada fraksi protein dengan ukuran partikel yang berbeda (Bhattacharya dan Jena 2007).

Analisis Warna

Hasil analisis warna tahu instan dapat dilihat pada Tabel 3. Tahu instan dari tepung kedelai berukuran partikel D₅₀=36.4 µm dengan penambahan 0.5% GDL jauh berbeda dengan nilai L tahu komersial yaitu 94.95±0.12. Semakin tinggi nilai L, maka semakin tinggi tingkat kecerahannya (Richana *et al.* 2010). Nilai a menunjukkan tingkat warna kromatis campuran merah-hijau. Tahu instan yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai a berkisar -1.07 sampai dengan -2.65, nilai b pada tahu instan yang dihasilkan berkisar antara 15.19 sampai 17.16 (Tabel 3). Warna kromatis (a) tahu instan yang dihasilkan memiliki nilai L tertinggi yaitu 87.46±0.20, nilai ini tidak sangat lemah karena bernilai negatif, sedangkan warna akromatisnya (b) sangat dominan sehingga secara visual produk tahu instan yang dihasilkan terlihat berwarna putih (Gambar 3). Menurut Noh *et al.* (2005), tahu yang berkualitas baik memiliki warna kuning terang, sehingga bisa dikatakan bahwa tahu instan yang dihasilkan memenuhi kriteria ini.

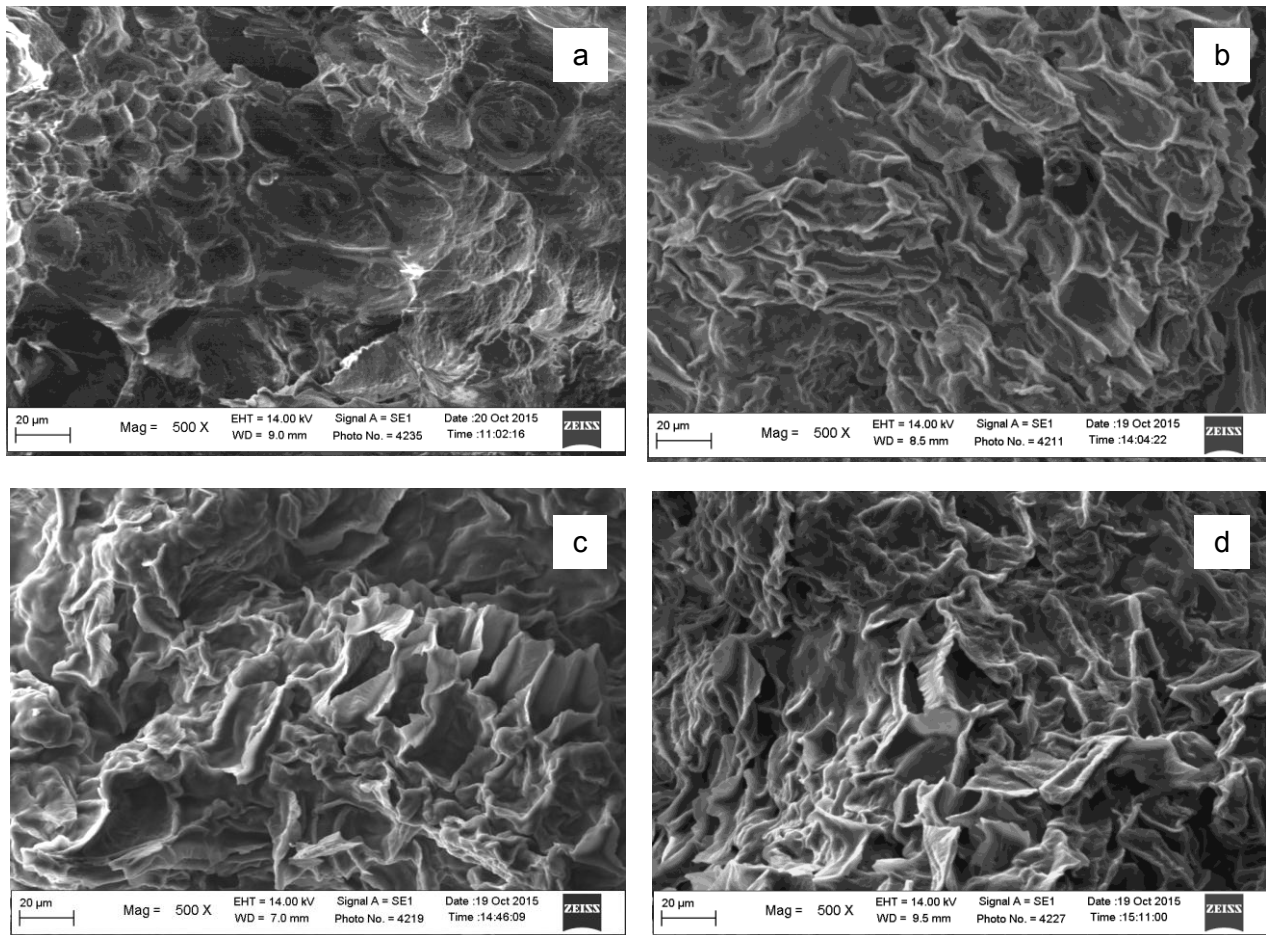
Tabel 3 Pengaruh ukuran partikel (D50) tepung kedelai tanpa lemak dan konsentrasi GDL terhadap warna tahu instan

Ukuran Partikel Tepung Kedelai D ₅₀ (µm)	GDL (%)	Warna (Hue)		
		L	a	b
36.4	0.3	85.77±0.52 ^{ab}	-1.91±0.29 ^b	16.41±0.48 ^a Kuning
23.8		83.13±0.63 ^a	-2.65±0.10 ^b	17.16±0.19 ^a Kuning
16.1		84.48±0.97 ^a	-2.12±0.19 ^c	16.59±0.37 ^a Kuning
36.4	0.5	87.46±0.20 ^{ab}	-2.08±0.07 ^b	15.33±0.10 ^a Kuning
23.8		87.39±0.58 ^a	-1.12±0.07 ^b	15.19±0.56 ^a Kuning
16.1		87.19±0.64 ^a	-1.07±0.05 ^c	15.59±0.16 ^a Kuning
Tahu Komersial		94.95±0.12	0.95±0.05	13.56±0.02 Kuning

Keterangan: Nilai dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan (p<0.05) pada setiap ukuran partikel tepung kedelai

Mikrostruktur tahu instan

Telah dikemukakan di atas bahwa semakin kecil ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak dan semakin



Gambar 4 Mikrostruktur tahu komersial (a) dan tahu instan dari tepung kedelai berukuran partikel D_{50} = 36.40 μ m (b), 23.80 μ m (c), dan 16.10 μ m (d)

tinggi konsentrasi GDL yang ditambahkan akan menghasilkan massa tahu yang lebih padat dan kompak (Gambar 3). Hal ini juga didukung oleh hasil pengamatan mikrostruktur tahu instan menggunakan SEM. Tahu instan dari tepung kedelai berukuran partikel D_{50} =36.4; 23.8; dan 16.1 μ m dengan penambahan 0.5% GDL memiliki struktur rongga tidak beraturan dan lebih kasar dibandingkan dengan struktur rongga tahu komersial (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel tepung kedelai selain berpengaruh terhadap karakteristik tekstur juga berpengaruh terhadap mikrostruktur tahu. Menurut Liu *et al.* (2013), tingkat kekasaran dan kecerahan rongga pada mikrostruktur tahu dipengaruhi oleh tereduksinya ukuran partikel dari tepung kacang kedelai.

Tahu instan yang dihasilkan memiliki nilai kekerasan, elastisitas dan daya adhesif lebih tinggi dibandingkan tahu komersial, sehingga dapat dikatakan bahwa parameter tekstur juga berpengaruh terhadap mikrostruktur tahu instan. Selain itu, adanya kandungan serat yang terdapat pada tepung kedelai diduga memiliki peranan yang penting dalam pembentukan struktur dan kestabilan gel tahu. Roesch dan Corredig (2003) menyatakan bahwa serat pada kedelai bisa berinteraksi dengan emulsi dan memiliki fase yang kontinyu dan bisa membatasi perpindahan air dan emulsi pada tahu sehingga berpengaruh terhadap tekstur dan mikrostruktur tahu.

KESIMPULAN

Tahu instan dapat dibuat dengan cara menambahkan tepung kedelai kedalam air (15% b/v) dan ditambahkan GDL (0.3 dan 0.5%) dan dilanjutkan dengan proses pemanasan selama 10 menit tanpa pengadukan. Ukuran partikel tepung kedelai berpengaruh terhadap tekstur dan mikrostruktur, namun secara visual tidak berpengaruh terhadap warna tahu instan yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran partikel tepung kedelai tanpa lemak (D_{50} =36.4; 23.8; dan 16.1 μ m) akan meningkatkan beberapa karakter tekstur tahu instan yang dihasilkan; yaitu meningkatkan nilai kekerasan, daya kunyah dan daya kohesif (pada penambahan 0.3% GDL) dan meningkatkan elastisitas dan daya kunyah (pada penambahan 0.5% GDL).

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah DR, Tomoko S, and Kaoru K. 2013. Characterization of arenga starch in comparison with sago starch. *J Carbohydr Polym* 92:2306-2313.
- Arofah D. 2004. Kajian formulasi tepung premix tahu instan dari tepung kedelai bebas lemak dengan metode aglomerasi dan pengaruh penyimpanan terhadap sifat fisiko-kimianya [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Barbosa-Canovas, GV Ortega-Rivas, E Juliano P, Yan H. 2005. Food powders physical properties, processing and functionality. New York. Kluwer Academic/Plenum Publisher.

- Bhattacharya S, and Jena R. 2007. Gelling behaviour of defatted soybean flour dispersion due to microwave treatment: textural, oscillatory, microstructural and sensory properties. *J Food Eng* 78:1305-1314.
- Cai TD, Chang KC. 2002. Characteristic of production scale tofu as affected by soymilk coagulation method: Propeller blade size, mixing time and coagulation concentration. *Food Res Intl* 31:289-295.
- Hariyadi P, Budiyanto S dan Permana AW. 2002. Pemanfaatan limbah cair tahu untuk memproduksi ingredien pangan fungsional. LPPM IPB.
- Jayasena V, WS Khu, and SM Nasar Abbas. 2010. The development and sensory acceptability of lupin based tofu. *J Food Qual.* 33:85-97.
- Katrina D. 2003. Kajian proses pembuatan tahu instan fungsional dari tepung kedelai bebas lemak (*defatted soy flour*) dengan teknik aglomerasi [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Lee YJ and Yoon WB. 2013. Effects of particle size and heating time on TBA test of soybean powder. *Food Chem* 138:841-850.
- Lee YJ and Yoon WB. 2015. Flow behaviour and hopper design for black soybean powders by particle size. *J Food Eng* 144:10-19.
- Leiva J, V. Rodriguez, and E. Munoz. 2011. Influence of calcium chloride concentration on the physicochemical and sensory characteristic of tofu. *Cien Inv Agr.* 38 (3): 435-440.
- Liu HH, Chien JT. and Meng IK. 2013. Ultra high pressure homogenized soy flour for tofu making. *Food Hydrocolloid.* 32:278-285.
- Lopez-Sanchez P, Nijssse J, Blonk HCC, Blalek L, Schuman S, Langron M. 2011. Effect of mechanical and thermal treatments on microstructure and rheological properties of carrot, broccoli and tomato dispersions. *J Sci Food Agric* 91:207-217.
- Nicolic N, and Lazic M. 2011. Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products. In Tech China.
- Noh EJ, Park SY, Pak JI, Hong ST, Yun SE. 2005. Coagulation of soymilk and quality of tofu as affected by freeze treatment of soybeans. *Food Chem* 91:715-721.
- Prabhakaran. MP, Perera CO, Valiyaveetil S. 2006. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared tofu. *Food Chem* 99: 429-499.
- Richana N, Budiyanto A, Mulyawati I. 2010. Pembuatan tepung jagung termodifikasi dan pemanfaatannya untuk roti. *Prosiding Pekan Serealia Nasional* ISBN 978-979-8940-29-3.
- Roesch RR and Corredig M. 2003. Texture and microstructure of emulsion prepared with soy protein concentrate by high-pressure homogenization. *Ewt-food Sci. & Tech.* 36:113-124.
- Shurtleff W. dan Aoyagi A. 1984. Tofu and soymilk production. The Book of Tofu. Vol. II. Auntumn Press, Inc., Massachusetts.
- Sugiyono, Hariyadi P, dan Andarwulan N. 2005. Rekayasa proses pembuatan tahu cara kering dan formulasi premix tahu instan fungsional. LPPM. IPB.
- Teng LY, Chin NL, and Yusof YA. 2011. Rheological and textural studies of fresh and freeze-thawed native sago starch-sugar gels I. Optimisation using response surface methodology. *J Food Hydrocolloid* 25:1530-1537.
- Vishwanathan KH, Singh V, Subramanian R. 2011. Influence of particle size on protein extractability from soybean and okara. *J Food Eng* 102: 240-246.
- Zhao J, Chen Z, Jin Z, Buwalda P, Gruppen H, Schols HA. 2015. Effects of Granula Size of Cross-linked and Hydroxypropylated Sweet Potato Starches on Their Physicochemical Properties. *J Agric Food Chem* 63(18): 4646-54. DOI: 10.1021/j506349w.

JMP-09-15-003- Naskah diterima untuk ditelaah pada 30 September 2015. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 29 Februari 2016. Versi Online: <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jmp>