

PERUBAHAN SIFAT FISIKO KIMIA PROTEIN SELAMA PROSES PEMBUATAN TAHU SEBAGAI RUJUKAN BAGI POSDAYA

Hermawan Seftiono¹

¹Dosen Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Trilogi

Abstrak

Tahu merupakan makanan yang berwarna putih dan lembut dibuat dengan proses koagulasi susu kedelai serta mengalami proses pengepresan menghasilkan *curd* menjadi blok. Karakteristik dari tahu umumnya dipengaruhi oleh kondisi proses, jenis kacang kedelai yang digunakan sebagai bahan baku, dan jenis dan konsentrasi dari koagulant yang digunakan. Penelitian ini menggunakan varietas lokal kedelai yang digunakan sebagai bahan baku utama pada pembuatan tahu. Cairan *whey* protein digunakan sebagai agen koagulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahu yang dihasilkan memiliki densitas kamba dengan nilai 0,9932 g/ml. Kedelai dengan kadar air sebesar 10,8% (basis basah), tahu yang dihasilkan memiliki kadar air 80,48% (basis basah). Selanjutnya protein kedelai dengan kadar 38,35% (basis basah) dan *whey* protein mengandung 0,13% (basis basah), tahu yang dihasilkan memiliki kandungan protein sebesar 21,11% (basis basah). Penurunan kadar protein dari bahan baku menjadi produk akhir yaitu tahu menunjukkan bahwa ada kehilangan protein terjadi selama proses perendaman bahan baku. Analisis tekstur yang dilakukan menunjukkan bahwa tahu memiliki nilai kekerasan sebesar 1.220,7 g force dan nilai kekuatan gel yaitu 222,3 g force.

Kata kunci: tahu, *whey* protein, kadar air, kadar protein, kekerasan, kekuatan gel, posdaya

PERUBAHAN SIFAT FISIKO KIMIA PROTEIN SELAMA PROSES PEMBUATAN TAHU SEBAGAI RUJUKAN BAGI POSDAYA

Abstract

Tofu is a soft white food made by coagulating soy milk, and then pressing the resulting curds into blocks. The characteristics of tofu is greatly influenced by the processing conditions, the type of soy bean used as the raw material and by the type and concentration of the coagulating agent used. In this experiments, local variety of soybean is used as the main ingredient in making tofu. Liquid whey protein was applied as the coagulating agent. Result of experiments showed that the tofu produced posses a bulk density value of 0,9932 g/ml. From the soybean with moisture content of 10.8% (wet basis), the tofu produced attained a moisture content value of 80.48% (wet basis). Furthermore, from the soybean with 38,35 % (wet basis) protein and whey protein consist of 0,13% (wet basis) protein, the tofu produced attained a protein content as much as 21,11% (wet basis). The reduction of protein content from the raw materials to the final product of tofu is showed that there is a lost of protein occured during the soaking process of the raw material. Texture analysis conducted showed that the tofu has a hardness value of 1220,7 gram force and a gel strength value of 222,3 g force.

Keywords: tofu, whey protein, moisture content, protein content, hardness, gel strength, posdaya

Tahu merupakan suatu produk makanan berupa padatan lunak yang dibuat melalui proses pengolahan kedelai dengan cara pengendapan proteinnya, dengan atau tidak ditambah bahan lain yang diizinkan (SNI 1998). Tahu dengan bahan baku kedelai memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi terutama protein. Oleh karena itu tahu berperan sebagai sumber protein nabati, selain itu produk ini memiliki harga yang murah sehingga masyarakat lebih memilih mengkonsumsi tahu sebagai makanan pengganti protein hewani (Widaningrum 2015).

Kandungan gizi tahu dalam setiap 100 gr berat bahan terdiri atas energi 68 kkal; 7.8 gr protein; 4.6 gr lemak; 1.6 gr karbohidrat; 124 mg kalsium; 63 mg fosfor. Bila melihat persentase kandungan tahu adalah 70 - 90% air, 5-15% protein, 4-8% lemak, dan 2-5% karbohidrat. Tahu juga merupakan makanan andalan untuk perbaikan gizi karena tahu mempunyai mutu protein nabati terbaik karena mempunyai komposisi asam amino paling lengkap dan diyakini memiliki daya cerna yang tinggi (sebesar 85% - 98%) (Mubaranto 2016). Selain kandungan zat gizi makro, seperti protein, lemak, karbohidrat, tahu juga mengandung zat gizi mikro seperti fosfor, kalium, kalsium, vitamin B kompleks meliputi thiamin, riboflavin, vitamin B12 dan vitamin E. Selain itu pada tahu mengandung isoflavon yang berasal dari kedelai yang dapat mencegah kanker payudara serta sebagai antioksidan yang memperlambat proses penuaan pada wanita.

Kegiatan posdaya yang dilakukan berupa memberikan peminjaman yang digunakan untuk membeli mesin pembuatan tahu. Adanya mesin pembuatan tahu akan meningkatkan perekonomian keluarga. Pembuatan tahu merupakan salah satu model karena pembuatannya sederhana serta tersedianya sumber daya lokal yang melimpah (Suyono 2013). Pada proses pembuatan tahu, bahan penggumpal merupakan faktor yang menentukan dalam menghasilkan rendemen dan kualitas tahu. Berbagai macam sumber penggumpal yang biasanya digunakan diantaranya menggunakan batu tahu (sekau, glucono delta lactone), asam cuka, nigrin (sari air laut), whey, dan lain lain.

Bahan penggumpal yang diperoleh secara fermentasi dalam bentuk whey sering digunakan pada produksi tahu. Whey tersebut dibiarkan selama satu hari hingga bakteri asam laktat tumbuh dan memproduksi asam laktat. Bahan ini kemudian ditambahkan pada susu kedelai sehingga akan mengkoagulasi protein kedelai (globulin) (Harmayani et al 2009).

Penelitian ini bertujuan melakukan pemantauan sifat fisiko kimia protein selama pembuatan tahu melalui berbagai analisis yang dilakukan. Memahami pengaruh pengolahan (pembuatan tahu) terhadap perubahan sifat fisiko kimia protein. Serta memahami pengaruh jenis penggumpal yaitu whey terhadap perubahan sifat fisiko protein kedelai selama pembuatan tahu. Sehingga hasil dari penelitian ini bisa menjadi rujukan bagi posdaya dalam penggunaan whey protein pada proses pembuatan tahu.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah kedelai, batu tahu, whey protein dan air bersih. Bahan untuk analisis diantaranya K_2SO_4 , HgO, H_2SO_4 , H_2BO_3 , NaOH- $Na_2S_2O_3$, HCl, Natrium karbonat, NaOH, pereaksi Folin Ciocalteu, Natrium kalium tartrat, dan larutan *Bovine Serum Albumin*.

Alat yang digunakan dalam pembuatan tahu adalah timbangan, *hydraulic pressure*, mesin roll press, *slitter*, *steaming box*. Alat yang dipakai untuk analisis diantaranya peralatan gelas, oven, cawan, labu kjeldahl, spektrofotometer visibel, kuvet, dan *Texture analyzer*

Proses pembuatan tahu

Kacang kedelai direndam selama 8 jam, lalu dimasukkan ke dalam alat penggilingan bersama dengan air, kemudian direbus hingga mendidih lalu disaring. Setelah disaring, larutan tersebut ditambahkan dengan penggumpal, yaitu whey. Setelah semuanya menggumpal, lalu dihilangkan air yang masih ada dengan cara dilakukan pengepresan dan pencetakan. Jika semua air yang ada telah hilang lalu tahu

dipotong-potong dengan ukuran tertentu, lalu direndam dengan air dingin dan dikemas dalam palsik polietilen.

Densitas kamba

Sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur sampai volume tertentu kemudian padatkan dan timbang. Densitas kamba dihitung dengan membagi berat sampel dengan volume tabung (g/mL).

Kadar air (AOAC 2006)

Cawan aluminium dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator selama 10 menit dan ditimbang (A). Sampel ditimbang sebanyak ± 2 g dalam cawan (B). Cawan beserta isi dikeringkan dalam oven 100 °C selama 6 jam. Cawan dipindahkan ke dalam desikator lalu didinginkan dan ditimbang. Cawan beserta isinya dikeringkan kembali sampai diperoleh berat konstan (C).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\% bb)} = \left[\frac{B - (C - A)}{B} \right] \times 100\%$$

Kadar total nitrogen dengan Metode Kjeldahl (AOAC yang dimodifikasi)

Penetapan kadar protein dilakukan dengan menggunakan metode kjeldahl. Sebanyak 0.2 g sampel ditempatkan ke dalam labu kjeldahl 30 ml. Ke dalam labu yang sama juga ditambahkan 1.9 ± 0.1 gram K_2SO_4 , 40 ± 10 mg HgO , 2.0 ± 0.1 ml H_2SO_4 . Sampel dididihkan selama 1-1.5 jam sampai cairan menjadi jernih. Setelah proses ini selesai labu kemudian didinginkan dengan cara menambahkan sejumlah kecil air secara perlahan-lahan. Isi labu kemudian dipindahkan ke dalam alat destilasi. Erlenmeyer yang berisi 5 ml larutan H_2BO_3 dan 4 tetes indikator (campuran 2 bagian metil merah 0.2 % dalam alkohol dan satu bagian metil biru 0.2% dalam alkohol) diletakkan dalam kondensor, ujung tabung kondensor terendam di bawah larutan H_2BO_3 . Sebanyak 8-10 ml $NaOH-Na_2S_2O_3$ ditambahkan ke dalam tabung destilasi, kemudian dilakukan destilasi sampai tertampung kira-kira 50 ml destilata dalam erlenmeyer. Isi erlenmeyer diencerkan sampai kira-kira 50 ml

dan dititrasi dengan HCl 0.02 N sampai perubahan warna menjadi abu-abu.

$$\% N = \left[\frac{(ml_{HCl} - ml_{blanko}) \times (N_{HCl}) \times 14.007 \times 100}{mg_{sampel}} \right]$$

% protein = % N x faktor konversi

Analisis Protein metode Lowry

Natrium karbonat 2% dilarutkan dalam larutan $NaOH$ 0,1 N (Pereaksi A), Tembaga sulfat 0,5% dilarutkan dalam larutan Natrium kalium tartrat 1% pada saat akan digunakan (larutan B). Campuran 50 ml pereaksi (A) dengan 1 ml pereaksi (B), disiapkan hanya pada saat akan digunakan (C). Pereaksi Folin Ciocalteu (pereaksi fenol). Larutan protein standar 0,25 mg/ml berupa larutan *Bovine Serum Albumin* disiapkan.

Kurva standar dibuat dengan cara memipet larutan standar (BSA) sebanyak 0 (blanko), 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 dan 1.0 ml ke dalam tabung reaksi. Setelah itu dilakukan penambahan air sampai volume total masing-masing 4 ml. Kemudian pada masing-masing tabung reaksi ditambahkan 5.5 ml pereaksi Folin Ciocalteu lalu dikocok hingga rata dengan cepat sesudah penambahan dan dibiarkan selama lebih kurang 30 menit sampai warna biru terbentuk. Pengukuran absorbansi dilakukan pada λ 650 nm. Kurva standar diperoleh dengan menggunakan data konsentrasi BSA sebagai absis dan nilai absorbansi sebagai ordinatnya.

Persiapan sampel dilakukan dengan langkah-langkah seperti persiapan sampel dengan metode Biuret, yaitu 0.05 ml sampel dipipet secara tepat dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi selanjutnya diperlakukan seperti penetapan standar. Konsentrasi protein pada sampel dapat diperoleh dengan menggunakan nilai absorbansi dan nilai persamaan kurva standar.

Pengukuran Tekstur menggunakan *Texture Analyzer*

Pengukuran tekstur dilakukan terhadap kekerasan (*firmness*) dan kekuatan gel. Penggunaan *Texture analyzer* disesuaikan

dengan *settingan* standar untuk pengukuran tahu. Sampel diletakkan pada tempat yang telah disediakan sebanyak dua utas yang disusun sejajar (*dempet*). Lalu diklik tombol *quick test run* atau dengan menekan tombol *ctrl+Q* pada keyboard dan ditunggu beberapa saat sampai alat selesai mengukur. Setelah selesai, kemudian diklik tombol *absolute (+) peak*, yang menunjukkan kekerasan dan diklik tombol *absolute (-) peak*, yang menunjukkan kelengketan sedangkan elastisitas diperoleh berdasarkan ketebalan awal tahu dibandingkan ketebalan tahu setelah diberi tekanan pertama. Datanya kemudian dicatat. Satuan kekerasan dan kekuatan gel adalah gram *force*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Densitas kamba

Densitas kamba dapat didefinisikan sebagai massa dari partikel-partikel persatuan volume. Oleh karena itu densitas kamba merupakan karakteristik dari bahan berupa serbuk, granula dan bahan komposit yang kering. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa tahu yang diolah dengan menggunakan *whey* sebagai penggumpal memiliki nilai densitas kamba sebesar 0,9932 g/mL. Penelitian yang dilakukan oleh Baik dan Mittal (2004) menunjukkan bahwa tahu yang dijual di pasaran secara umum memiliki nilai densitas kamba sebesar 1,061 g/mL.

Nilai densitas kamba yang tinggi menunjukkan *curd* yang padat karena untuk memenuhi volume tertentu dibutuhkan massa padatan yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan laju penggumpalan yang tinggi. Menurut Shurtleff dan Aoyagi (2001), penggunaan bahan penggumpal dalam jumlah yang terlalu banyak akan menghasilkan tahu rendemen curah yang rendah dengan *curd* yang kecil dan keras dan padat.

Penggumpalan yang efektif akan terjadi bila sari kedelai berada pada posisi pH isoelektrik (pI), karena pada saat itu protein kedelai tidak memiliki muatan sehingga bersifat tidak melarut. *Whey* dapat menggumpalkan protein kedelai dan membentuk *curd* karena

menurunkan pH mendekati pI kedelai senilai 4-5. Agar penggumpalan protein kedelai (membentuk *curd*) efektif, maka *whey* harus didiamkan selama semalam untuk memberi kesempatan bagi mikroba fermentatif bermetabolisme sehingga menurunkan pH *whey*.

Kadar Air

Air merupakan komponen penting dalam bahan makanan yang dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, serta citara makanan. Kandungan air dalam bahan makanan ikut menentukan *acceptability*, kesegaran dan daya tahan makanan. Kadar air merupakan persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah atau berdasarkan berat kering. Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100% sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100% (Syarief 1993). Data hasil analisis kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai densitas tahu dengan perlakuan whey (W)

Sampel	W ₀	W ₁	Densitas (g/ml)
Ampas tahu	124.88	224.20	0.9932

Tabel 2. Data hasil analisis kadar air

No	Sampel	Kadar Air (bb) (%)	KadarAir (bb) rata-rata (%)
1	Tahu dgn limbah tahu	80.2605	80.48
2	Tahu dgn limbah tahu	80.5461	
3	Tahu dgn limbah tahu	80.6335	
4	Kedelai	10.8496	10.80
5	Kedelai	10.6889	
6	Kedelai	10.8598	

Analisis kadar air dengan metode oven didasarkan atas berat yang hilang. Oleh karena itu sampel harus mempunyai kestabilan panas yang tinggi dan tidak mengandung komponen lain yang mudah menguap. Faktor yang mempengaruhi analisis kadar air adalah penimbangan contoh, kondisi oven, pengeringan contoh, dan perlakuan setelah pengeringan.

Kadar air dapat dihitung berdasarkan basis basah dan basis kering.

Hasil analisis kadar air kedelai sebesar 10.8% sedangkan kadar air tahu 80.48%, kadar air tahu lebih besar dari kadar air kedelai, hal ini menunjukkan bahwa perendaman kedelai sebelum pembuatan tahu dan proses pembuatan tahu sangat berpengaruh terhadap kadar air. Proses pembuatan tahu terdiri atas perendaman, penggilingan (pembuatan susu kedelai) dan penggumpalan protein. Perendaman kedelai dimaksudkan untuk melunakkan tekstur kedelai sehingga memudahkan penggilingan dan untuk memudahkan pengupasan kulit. Lamanya perendaman akan melunakkan tekstur dan memudahkan masuknya air ke dalam kedelai sehingga meningkatkan kadar air.

Analisis Protein

Analisis Protein dengan Metode Kjeldhal merupakan metode penetapan kadar protein kasar (*crude protein*). Metode ini didasarkan pada pengukuran kadar protein total dalam contoh (bahan pangan). Protein dihitung dengan mengasumsikan rasio tertentu antara protein terhadap nitrogen untuk contoh yang dianalisis. Metode ini umumnya didasarkan pada asumsi bahwa kandungan nitrogen di dalam protein adalah 16%. Untuk mengubah kadar nitrogen kedalam kadar protein digunakan faktor konversi. Untuk kedelai digunakan faktor konversi 5.71.

Penetapan kadar protein dengan metode Kjeldhal dilakukan tiga tahap yaitu tahap penghancuran (*digestion*), tahap netralisasi (*distilasi*) dan tahap titrasi. Tahap penghancuran dilakukan dengan penambahan asam kuat (H_2SO_4) dan dilakukan proses pemanasan. Agar proses penghancuran berjalan cepat maka ditambahkan katalis campuran tembaga (Cu) dan titanium (Ti) dioksida. Penambahan K_2SO_4 untuk meningkatkan titik didih asam sulfat. Proses penghancuran ini nitrogen akan bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan ammonium sulfat.

Tahap netralisasi (destilasi) dilakukan dengan penambahan alkali (NaOH) pekat untuk menetralkan asam sulfat. Dengan larutan NaOH pekat ini ammonium sulfat akan dipecah

menjadi gas amoniak. Gas Amoniak ditangkap oleh asam borat membentuk $2NH_4H_2BO_3$. Tahap titrasi, senyawa $2NH_4H_2BO_3$ dititrasi dengan Asam klorida encer sehingga asam borat terlepas kembali dan membentuk ammonium klorida. Jumlah asam klorida yang digunakan untuk titrasi setara dengan jumlah gas NH_3 yang dibebaskan dari proses destilasi. Hasil penelitian analisis protein dengan metode Kjeldhal dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan dengan metode lowry dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil penetapan kadar protein dengan metode kjeldahl, kadar protein basis basah tahu (21,11%) lebih kecil dari protein basis basah kedelai (38,35%) . Hal ini karena pada saat proses pembuatan tahu ada protein yang larut dalam whey dan terbuang sehingga protein basis basah tahu akan lebih kecil dari protein kedelai. Sedangkan kadar protein bahan kering tahu (108,14%) lebih besar dari protein bahan kering kedelai (42,99%), karena tahu merupakan sari kedelai dan bila dalam keadaan kering proteinnya lebih tinggi dari dari kedelai yang masih mengandung karbohidrat.

Analisis protein dengan metode Lowry merupakan reaksi antara ion Cu^{2+} dengan ikatan peptide dan reduksi asam fosfomolibdat dan asam fosfotungstat oleh tirosin dan tritofan (yang merupakan residu protein) yang akan menghasilkan warna ungu. Metode ini merupakan metode yang lebih sensitif, karena dapat mengukur jumlah protein yang kadarnya rendah dengan range mencapai 0,005-0,1 mg protein per ml. Kekurangan dari metode ini akurat bila dilakukan pengujian pada range pH yang sempit dan banyaknya interfensi karena kesensitifannya. Namun pada penelitian yang dilakukan interfensi tersebut sangat kecil mungkin bisa diabaikan karena pada proses pembuatan tahu ini bahannya hanya kedelai, starter limbah tahu dan air. Penambahan TCA pada metode ini digunakan untuk mengendapkan protein, memisahkan protein dengan senyawa fenolik yang membentuk warna biru yang dapat mengganggu hasil penetapan protein.

Hasil penetapan kadar protein dengan metode Lowry, kadar protein basis basah starter limbah tahu (0,045%) lebih kecil dari protein

basis basah whey (0,130%). Kadar protein whey tahu mengandung 0.13% ini menunjukkan pada proses pembuatan tahu tidak semua protein pada proses penggumpalan menjadi curd, ada yang

terlarut dalam pelarutnya (*whey*). Analisis protein whey tahu ditetapkan dengan metode Lowry, karena metode ini dapat mendeteksi kadar protein yang jumlahnya kecil.

Tabel 3. Data hasil analisis protein dengan metode Kjeldhal

No	Sampel (curd)	Bobot (mg)	Kadar Protein (g/100g bb)	Kadar Protein (bb) rata-rata (%)	Kadar air (bb)	Kadar Protein (g/100g bk)	Kadar Protein (bk) rata-rata (%)
1	Tahu dgn limbah tahu	164.0	22.33	21.11	80.48	114.41	108.14
2	Tahu dgn limbah tahu	151.2	19.89		80.48	101.87	
3	Kedelai	155.3	37.49	38.35	10.80	42.03	42.99
4	Kedelai	172.2	39.21		10.80	43.95	

Tabel 4. Data hasil analisis protein dengan metode Lowry

No	Sampel (curd)	Absorbansi (mg)	Kadar Protein (%)	Kadar Protein (bb) rata-rata (%)
1	starter limbah tahu	430	0.043	0.045
2	starter limbah tahu	470	0.047	
3	Whey	0.173	0.122	0.130
4	Whey	0.188	0.137	

Analisis Tekstur dengan tekstur analyzer

Tekstur merupakan parameter terhadap mutu tahu. Proses evaluasi tekstur tahu menggunakan instrumen yaitu *Texture Analyzer* TAXT-2. Tekstur tahu yang lembut dan agak halus dihasilkan menggunakan whey sebagai pengkoagulasi protein kedelai. Semakin tinggi kadar protein pada tahu, maka daya serap air makin besar dan kekerasan makin menurun. Daya serap tahu terhadap air mempengaruhi kekerasan tahu. Penelitian yang dilakukan berupa pengujian tekstur tahu dengan *Texture Analyzer*. Parameter yang diuji adalah kekerasan (*firmness*) dan kekuatan gel. Kekerasan berhubungan dengan tingkat kekenyalan pada produk tahu

Nilai kekerasan diperoleh saat probe menekan sampel tahu whey hingga pecah. Sampel tahu whey memiliki kekerasan yang rendah karena proses koagulasi *crude* protein menggunakan *starter whey* dengan pH 3,8 memerlukan waktu yang lama untuk mengkoagulasi protein kedelai dari sari kedelai hingga mendekati titik isoelektriknya. Proses koagulasi protein kedelai terjadi saat pH larutan mendekati titik isoelektik protein kedelai yang sebagian besar merupakan

globulin dengan titik isoelektris 4,1 - 4,6 (Sundarsih 2009) sehingga saat penambahan starter whey dengan pH 3,8 maka proses koagulasi protein kedelai terjadi secara bertahap karena proses tersebut terjadi secara bertahap maka kekerasannya menjadi rendah dapat dilihat pada Tabel 5 diperoleh nilai kekerasannya 1220.7 *g force*.

Kekuatan gel (*g force*) merupakan tinggi puncak kurva pada penekanan pertama terhadap jarak yang ditempuh dari awal penekanan sampai puncak kurva (mm). Kekuatan gel menunjukkan besarnya beban untuk melakukan deformasi gel sebelum terjadi pemecahan gel. Daya tahan pecah gel merupakan batas elastisitas gel yang menunjukkan besarnya daya tahan gel terhadap deformasi saat gel menjadi sobek. Bila dikaitkan dengan nilai pH, ternyata naiknya pH akan meningkatkan kekerasan dan daya tahan pecah gel, namun kenaikan yang semakin besar akan menurunkan kekerasan dan daya tahan pecah gel. Penggunaan kombinasi antara panas dan *starter whey* yang bersifat asam pada pembuatan tahu akan menghasilkan gel protein yang kompak sehingga tahu yang terbentuk mempunyai tekstur yang baik, Kekuatan gel menunjukkan daya tahan gel

terhadap tekanan luar dan sifat kohesivitas gel dalam mempertahankan bentuknya. Nilai rata-rata kekuatan gel tahu whey adalah 222,3 *g force* pada Tabel 6. Nilai ini menunjukkan ketahanan protein dalam mempertahankan bentuk tahu.

Tabel 5. Nilai kekerasan sampel tahu dengan perlakuan whey

No	Tekanan (g force)	Jarak (mm)	waktu (s)
1	1220,7	17,070	11,38

Tabel 6. Nilai kekuatan gel tahu dengan perlakuan whey

No	Sampel	Tekanan (g force)	Jarak (mm)	waktu (s)
1	Tahu whey	222,3	8,000	5,340

saat probe menekan sampel tahu whey hingga pecah yaitu 1220.7 *g force*. Kekuatan gel menunjukkan daya tahan gel terhadap tekanan luar dan sifat kohesivitas gel dalam mempertahankan bentuknya. Nilai rata-rata kekuatan gel tahu whey adalah 222,3 *g force*

SIMPULAN

Nilai densitas kamba sebesar 0,9932 g/ml menunjukkan bentuk *curd* yang padat. Kadar air kedelai sebesar 10.8% sedangkan kadar air tahu 80.48% hal ini menunjukkan bahwa perendaman kedelai sebelum pembuatan tahu dan proses pembuatan tahu sangat berpengaruh terhadap kadar air. Kadar protein basis basah tahu (21,11%) lebih kecil dari protein basis basah kedelai (38,35%) . Hal ini karena pada saat proses pembuatan tahu ada protein yang larut dalam whey dan terbuang. Kadar protein basis basah starter limbah tahu (0,045%) lebih kecil dari protein basis basah whey (0,130%). Kadar protein whey tahu mengandung 0.13% ini menunjukkan pada proses pembuatan tahu tidak semua protein pada proses penggumpalan menjadi curd, ada yang terlarut dalam pelarutnya (whey). Nilai kekerasan diperoleh

DAFTAR ACUAN

- AOAC. 2006. *Official Methods of Analysis*. 20th edition. Washington D.C : Assosiation of Analytical Chemistry.
- Baik O, Mittal GS. 2004. Heat and moisture transfer and shrinkage simulation of deep-fat tofu frying. *Food Research International*. 38: 183-191.
- Harmayani E, Rahayu ES, Djaafar TF, Sari CA, Marwati T.2009. Pemanfaatan kultur *Pediococcus acidilactici* F-11 penghasil bakteriosin sebagai penggumpal pada pembuatan tahu. *J.Pascapanen* 6(1) : 10-20
- Mubaranto H.2016. Strategi pengembangan industri kecil tahu dalam rangka pembangunan ekonomi daerah Kabupaten Tegal. [Thesis]. Bogor. Institut pertanian Bogor
- Shurtleff, W, Aoyagi, A. 2001. Tofu and Soy milk Production: A Craft and Technical Manual. Soyinfo Center.
- Sundarsih, Kurniaty Y. 2009. Pengaruh lama dan suhu perendaman kedelai pada tingkat kesempurnaan ekstraksi protein dalam proses pembuatan tahu. [makalah penelitian]. Semarang: Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro.
- Suyono H. 2013. Ekonomi Biru dan Industri Mikro.<http://binaswadaya.org/bs3/ekonomi-biru-dan-industri-mikro/> diakses pada [28 oktober 2016]
- Syarief R, Halid H. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Jakarta: Arcan
- Widaningrum I. 2015. Teknologi pembuatan tahu yang ramah lingkungan (bebas limbah). *Jurnal Dedikasi*. 14-21.