

ISOLASI DAN KARAKTERISASI PROTEIN AMPAS TAHU

Nanan Nurdjannah dan Sri Usmiati

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Ampas tahu merupakan hasil samping dari proses pembuatan tahu. Kadar protein ampas tahu cukup tinggi yakni sekitar 6%. Pada umumnya ampas tahu dimanfaatkan untuk pakan ternak atau campuran oncom dan tempe gembus. Ampas tahu mempunyai peluang untuk digunakan dalam pembuatan tepung kaya serat dan protein yang dapat diaplikasikan untuk berbagai produk pangan, dan sebagai media tumbuh dan perkembangan jamur. Pada penelitian ini ampas tahu diisolasi proteinnya dengan cara asam-basa dan dilihat sifat fisik, kimia dan fungsional dari isolat protein yang dihasilkan. Perlakuan penelitian terdiri atas suhu ekstraksi (25 dan 50°C) dan pH ekstraksi (8,0; 8,5; 9,0; 9,5 dan 10). Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Kelompok, pola faktorial dengan ulangan 1 dan 2 sebagai blok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ampas tahu basah menghasilkan konsentrat protein dengan kualitas yang lebih baik dari ampas tahu kering. Rendemen tepung, kadar protein dan *recovery* protein yang dihasilkan masih rendah. Suhu dan pH ekstraksi mempengaruhi karakteristik dari protein yang dihasilkan. Hasil pembobotan menunjukkan perlakuan dengan suhu ekstraksi 50°C dan pH 10 merupakan kombinasi perlakuan terbaik dengan rendemen tepung 11,68%, *recovery* protein 25,85%, kadar protein 61,14%, kadar air 6,66%, kadar abu 2,74%, kadar lemak 31,9%, total karbohidrat 4,26%, daya serap air 3,38g air/g protein, daya serap lemak 3,79g lemak terserap/g protein, kapasitas emulsi 61,2%, stabilitas emulsi 69,60%, kapasitas busa 15,71%, stabilitas busa 55,28%, kelarutan tertinggi pada pH 12 yaitu 89,14%.

Kata kunci : kedele, ampas tahu, isolasi, konsentrat protein

ABSTRACT. Nanan Nurdjannah and Sri Usmiati. 2006. **Extraction and characterization of solid tofu waste protein.** Solid tofu waste is a by product of tofu production. Its protein content is relatively high, about 6%. Generally it is used for feed or as a mixture in making "oncom" or "tempe gembus". Protein concentrate has an opportunity to be used as the raw materil in producing flour rich in fiber and protein which can be applied in food products, and as a mushroom growth media. In this experiment, the protein of soybean waste was isolated using acid-base method and then the physico-chemical and functional characteristics of the result were observed. Treatments of research which were applied consisted of extraction temperature (25° dan 50°C) and extraction pH (8.0; 8.5; 9.0; 9.5; 10). The experiment was designed as Randomized Block Design, factorially with two replications as the blocks. The result showed that fresh solid tofu waste produced better quality protein than from dried solid tofu waste. The yield, protein content and recovery value of protein concentrate are low. Temperature and pH extraction influenced the characteristics of protein concentrate. Weighed evaluation showed that 50°C extraction temperature with pH 10 were the best combination treatments with : 11.68% yield, 25.85% protein recovery, 61.14% protein content, 6.66% water content, 2.74% ash content, 31.9% fat content, 4.26 total carbohydrate, 3.38g water/ g protein water absorption capacity, 3.79g fat/g protein fat absorption capacity, 61.2% emulsion capacity, 69.60% emulsion stability, 15.71% foam capacity, 55.28% foam stability, highest solubility at pH 12 is 89.14%.

Keywords: soybean, solid tofu waste, isolation, protein concentrate

PENDAHULUAN

Pada proses pembuatan tahu dihasilkan dua macam limbah yakni limbah cair (*whey*) dan limbah padat (ampas). Ampas tahu masih mengandung 17 % dari jumlah protein kedele, bila kadar protein kedele sekitar 35% maka protein yang terdapat pada ampas tahu sekitar 6%. Ampas tahu merupakan salah satu hasil samping pengolahan tahu yang memiliki sifat protein hampir sama dengan protein kedelai walaupun telah mengalami banyak perubahan karena perlakuan-perlakuan tertentu selama pembuatan tahu yang dapat merubah sifat-sifat protein pada kedele terutama pemanasan (Anonymous, 2005).

Protein kedele juga dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi bahan tambahan (*enrichment*) dalam industri makanan seperti vetsin, kue, produk emulsi, dan lain-lain (Anonymous, 2005). Aspek non pangan, protein kedele

digunakan sebagai perekat kayu dan aplikasi lain seperti plastik daur ulang (Heywood *et al.*, 2002).

Pada umumnya pabrik tahu di Indonesia khususnya di Jawa Barat membuang langsung limbah cairnya dan limbah padatnya dimanfaatkan sebagai makanan ternak atau dijual kepada pedagang oncom dan tempe gembus dengan harga yang relatif murah. Pada saat ini pemanfaatan ampas tahu sudah mulai dijajagi penggunaannya, di antaranya untuk pembuatan tepung kaya serat dan protein, substitusi tepung ampas untuk bahan pangan seperti minuman prebiotik, cookies, nugget, sosis, dan lain-lain.

Protein kedele yang sebagian besar adalah globulin, mempunyai titik isoelektrik 4,1-4,6g, globulin akan mengendap pada pH 4,1, sedangkan protein lainnya seperti proteosa, prolamin dan albumin bersifat larut dalam air sehingga diperkirakan penurunan kadar protein dalam

perebusan disebabkan terlepasnya ikatan struktur protein selain globulin karena panas yang menyebabkan terlarutnya komponen protein dalam air (Anglemier dan Montgomery, 1976 dalam Suhaedi, 2003).

Menurut Koswara (1992), protein kedele sebagian besar (85-95%) terdiri dari globulin yang merupakan protein terpenting pada kedele. Protein ini tidak larut dalam air sekitar titik isoelektriknya, tetapi akan segera larut dengan penambahan garam seperti natrium klorida atau kalsium klorida. Globulin larut dalam larutan garam encer pada pH di atas atau di bawah titik isoelektriknya. Kelarutan minimum protein kedele terjadi pada pH 3,75 sampai 5,25, sedangkan kelarutan maksimum pada sisi asam, titik isoelektriknya terjadi pada pH 1,5-2,5 dan pada sisi basa, titik isoelektriknya pada pH 6,3.

Protein sering diisolasi menggunakan presipitasi/pengendapan isoelektrik (kondisi basa, pH >8). Struktur sekunder, tertier dan kuaterner dari kebanyakan protein globular stabil pada pH isoelektriknya dan protein akan larut kembali jika didispersikan pada pH netral. Isolat protein kedele merupakan bentuk protein kedele yang paling murni, karena kadar proteinnya minimum 95% dalam berat kering. Produk ini hampir bebas dari lemak, karbohidrat dan serat sehingga sifat fungsionalnya jauh lebih baik dibandingkan dengan konsentrat protein maupun tepung/bubuk kedele (Koswara, 1992).

Menurut Natarajan (1980) isolasi protein pada prinsipnya terdiri dari tahap-tahap seperti ekstraksi protein dalam medium pengekstrak, penghilangan bahan tidak larut dengan sentrifuse, filtrasi, atau kombinasinya, pengendapan, pencucian, dan pengeringan isolat. Menurut Cheptel dan Cuq (1985), pemilihan kondisi basa (pH 8) sebagai pH selama ekstraksi berdasarkan kenyataan bahwa sebagian besar asam amino akan bermuatan negatif pada pH di atas titik isoelektriknya, muatan yang sejenis cenderung untuk tolak menolak. Hal ini menyebabkan minimumnya interaksi antara residu asam-asam amino yang berarti kelarutan protein akan meningkat. Oleh sebab itu kelarutan protein lebih besar pada suasana basa dibandingkan suasana asam. Berdasarkan penelitian Kabirullah dan Wills (1982), makin tinggi pH yang digunakan untuk mengekstrak protein, makin besar pula protein yang terekstrak tetapi ada kemungkinan protein dapat terhidrolisa kembali dan mengalami denaturasi.

Kemampuan ekstraksi protein dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ukuran partikel tepung, umur tepung, perlakuan panas sebelumnya, rasio pelarutan, serta suhu, pH, dan kekuatan ion medium pengekstrak (Kinsella, 1979). Prinsip yang digunakan untuk mengisolasi protein total adalah pengendapan seluruh protein kacang pada titik isoelektriknya yaitu pH dimana seluruh protein menggumpal. Pada titik isoelektriknya, muatan total masing-masing asam amino dalam protein sama dengan

nol, artinya keseimbangan antara gugus bermuatan positif dengan gugus bermuatan negatif. Interaksi elektrostatik antar asam amino akan maksimum karena muatan yang tidak sejenis cenderung untuk tarik-menarik, fenomena ini diamati dengan terjadinya penggumpalan protein (Thanh dan Shibasaki, 1976 dalam Zakaria dan Suciono, 1996).

Protein merupakan bahan yang paling reaktif di antara komponen-komponen bahan pangan. Senyawa ini dapat bereaksi dengan gula-gula pereduksi, lemak dan produk oksidasi, polifenol dan komponen bahan pangan lainnya. Sebagian interaksi-interaksi ini sangat penting bagi sifat fungsional protein dalam bahan pangan (Sze-Tao dan Sathe, 2000). Selanjutnya menurut Kinsella (1979), sifat-sifat fungsional protein adalah sifat-sifat yang menentukan perilaku protein dalam makanan selama pengolahan, penyimpanan, dan penyajiannya yang mempengaruhi mutu makanan dan penerimaannya oleh konsumen.

Sifat-sifat fungsional ini terdiri dari (1) sifat-sifat sensori/organoleptik seperti warna, tekstur, bau, dan citarasa; (2) hidrasi, dispersibilitas dan kelarutan; (3) sifat-sifat tegangan permukaan seperti emulsifikasi, pembentukan buih dan penyerapan lemak; (4) sifat-sifat reologi termasuk gelasi dan strukturisasi; dan juga (5) sifat-sifat lainnya seperti adhesif, kohesif, pembentukan adonan, dan lain-lain. Sifat-sifat tersebut dapat dikatakan bahwa sifat fungsional protein adalah sifat-sifat protein dan nilai gizinya yang mempengaruhi penggunaannya (Zayas, 1997). Dalam sistem makanan yang menggunakan protein, sifat fungsional sangat penting untuk diketahui.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat-sifat fungsional protein dalam makanan terdiri atas tiga faktor yakni: faktor intrinsik (1) seperti komposisi protein, konformasi protein, komponen mono- atau multi- dan homogenitas, faktor lingkungan (2) yang terdiri atas komponen-komponen pengotor seperti lemak, karbohidrat, air, garam ion, surfaktan, dan pH; dan proses pengolahan, (3) yang juga salah satu faktor yang mempengaruhi sifat-sifat fungsional protein seperti panas, pH, perlakuan ion, kondisi penyimpanan, pengeringan, serta modifikasi fisik, kimia dan enzimatis harus diperhatikan (Kinsella, 1979; Bian *et al.*, 2003 dan Lee, *et al.*, 2003). Panas selama pengeringan dapat mengakibatkan terjadinya denaturasi protein dan menurut Zakaria dan Suciono (1996), protein kacang khususnya albumin dan globulin mudah sekali terdenaturasi oleh panas, namun demikian hal ini dapat diatasi dengan pemanasan menggunakan oven pada suhu kurang dari 55°C (Koswara, 1992).

Derajat denaturasi atau agregasi protein selama preparasi isolat adalah faktor yang penting yang mempengaruhi sifat fungsional seperti kelarutan, penyerapan air, dan viskositas (Anon *et al.*, 2001). Menurut Deman, (1997), denaturasi adalah proses yang mengubah struktur molekul tanpa memutuskan ikatan kovalen.

Proses ini bersifat khusus untuk protein, biasanya dibarengi dengan hilangnya aktivitas biologi dan perubahan yang berarti pada beberapa sifat fisika dan fungsi seperti kelarutan. Denaturasi dapat juga didefinisikan sebagai perubahan besar dalam struktur alami yang tidak melibatkan perubahan dalam urutan asam amino. Rentang suhu pada saat terjadi denaturasi dan koagulasi sebagian besar protein sekitar 55-75°C.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu dan pH optimal pada proses ekstraksi protein ampas tahu serta pengaruh suhu dan pH ekstraksi terhadap sifat fisik, kimia dan fungsional konsentrat protein yang dihasilkan.

BAHATAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan awal Mei hingga awal Desember 2005 di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor dan Laboratorium Departemen TIN Kampus IPB Darmaga.

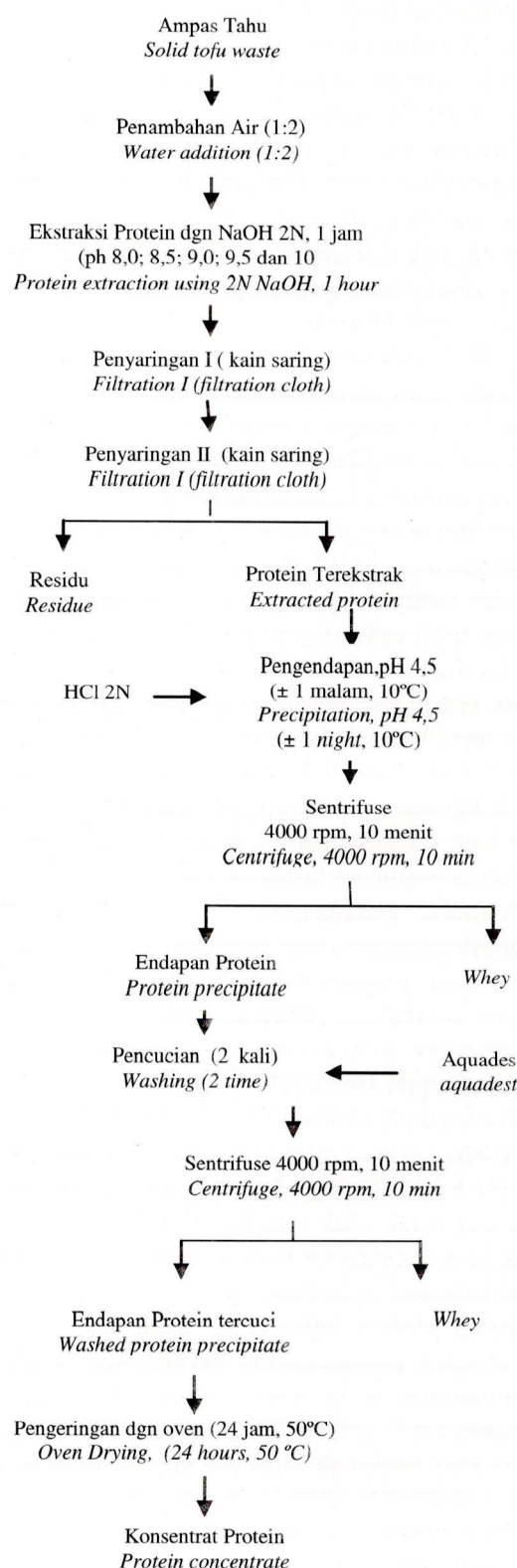
Bahan baku yang digunakan adalah ampas padat tahu dari pabrik tahu Ciomas. Bahan lainnya adalah bahan-bahan untuk proses isolasi protein seperti NaOH 2N dan HCl 2N serta bahan-bahan proanalisis. Peralatan yang digunakan terdiri atas *hot plate* dan *magnetic stirrer* (Thermolyne Cimarec-2), sentrifuse (TOMY, TX-160), tabung sentrifuse 100 ml, *homogenizer* (Kinematica), pH meter (Hanna), neraca analitik (Precisa XT 220A), timbangan (CAS Model SW-1), *spektrofotometer* (KRUSS, UV 6500), *chromameter* (Minolta CR-300), pH meter (Hanna), dan alat-alat gelas untuk analisis kimia. Penelitian dilakukan melalui dua tahap yakni penelitian pendahuluan dan penelitian utama.

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan proses isolasi protein dari ampas tahu basah dan ampas tahu kering, kemudian dihitung rendemen konsentrat yang dihasilkan serta nilai perolehan kembali (persentase recovery). Bahan yang menghasilkan rendemen dan persentase recovery yang lebih tinggi dipilih untuk dipakai pada penelitian utama (lanjutan). Setelah itu dilakukan analisis proksimat terhadap bahan baku yang terpilih. Proses isolasi protein dilakukan dengan modifikasi metode Koswara (1992) yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Penelitian Utama

Isolasi protein dilakukan dengan modifikasi metode Koswara (1992). Perlakuan pada penelitian adalah suhu (A; A1= 25°C/suhu ruang, dan A2 = 50°C) dan pH ekstraksi (B; B1 = 8,0; B2 = 8,5; B3 = 9,0; B4 = 9,5 dan B5 = 10). Penentuan pH berdasarkan pendapat Cheptel dan Cuq (1985) bahwa pada suasana basa atau pH di atas titik



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Isolat Protein (Modifikasi Koswara, 1992)

Figure 1. Flowchart Processing of Protein Isolat (Koswara method modified, 1992)

isoelektrik (pH >8,0) sebagian besar asam amino akan bermuatan negatif yang tolak menolak sehingga interaksi antar residu asam amino menjadi minimum berarti kelarutan protein akan meningkat selama proses isolasi dan rendemen akan meningkat. Percobaan dirancang menggunakan acak kelompok dengan dua ulangan. Sebelum diolah secara statistik, terhadap semua data hasil analisis dilakukan uji normalitas menurut Kolmogorof – Smirnov dengan metoda SPSS-12.5. Hasil dari uji tersebut menunjukkan bahwa sebaran dari data-data tersebut normal. Proses isolasi protein dapat dilihat pada Gambar 1.

Untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap konsentrasi protein yang dihasilkan dilakukan pengamatan meliputi rendemen, perolehan kembali (persentase recovery), kadar protein, lemak, air, dan abu (SNI 01-2891-1992), total karbohidrat (Winarno, 1997), warna dan sifat fungsional protein yang meliputi daya serap air dan daya serap minyak (Lin *et al.*, 1974), kapasitas dan stabilitas busa (Swamynglipa dan Srinivas, 1994), kapasitas emulsi (Franzen and Kinsella, 1976), stabilitas emulsi (Sathe dan Salunke, 1981), serta kelarutan nitrogen/protein (Swamynglipa dan Srinivas, 1994).

Selain pengamatan di atas, dilakukan pula pemilihan produk protein konsentrat terbaik. Pemilihan produk terbaik secara umum diperoleh dari hasil pembobotan secara subyektif dengan metode Ma'arif dan Tanjung (2003).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penelitian Pendahuluan

1. Pemilihan Bahan Baku

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk penetapan bahan baku sebagai pertimbangan kesulitan penyimpanan ampas tahu basah (Anonymous, 1981), karena ampas tahu sangat mudah rusak jika dibiarkan terlalu lama terbuka di udara bebas.

Hasil analisis isolat protein menunjukkan bahwa kadar protein produk dari ampas tahu basah lebih tinggi

Tabel 1. Kadar protein, rendemen dan persentase recovery konsentrat protein yang diperoleh dari ampas tahu basah dan kering (n=2)

Table 1. Protein content, yield and recovery of protein concentrate produced from wet and dried soybean waste (n=2)

Spesifikasi Specification	Bahan / Raw material	
	Ampas basah Wet waste	Ampas kering Dried waste
Kadar Protein (%) Protein content (%)	52,20 ± 0,51	36,47 ± 1,76
Rendemen (%) Protein yield (%)	9,15 ± 0,13	7,13 ± 0,75
Recovery (%) Protein recovery (%)	14,99	12,85

yaitu 52,20% (bk) dibandingkan kadar protein produk dari ampas tahu kering yaitu 36,47% (bk) seperti disajikan pada Tabel 1. Dilihat dari nilai kadar protein tersebut, ampas tahu hasil isolasi bukan merupakan isolat protein karena memiliki nilai kurang dari 90% sehingga produk yang dihasilkan dalam penelitian ini disebut konsentrat protein (kadar protein antara 50-90%). Selain itu rendemen dan recovery protein konsentrat yang dihasilkan dari ampas tahu basah lebih tinggi masing-masing 9,15% dan 14,99% (bk) daripada konsentrat yang dihasilkan dari ampas tahu kering yaitu 7,13% dan 12,85% (bk).

Warna konsentrat protein yang dihasilkan dari ampas tahu basah lebih putih dan bersih dibanding yang dihasilkan dari ampas tahu kering yang berwarna coklat tua. Dari segi efisiensi biaya dan waktu, penggunaan ampas tahu kering tidak efisien karena membutuhkan tambahan proses yang lebih banyak seperti pengeringan dengan oven selama 2 hari, penggilingan dan ekstraksi lemak dengan sokhlet selama ± 5-6 jam yang dapat menambah biaya dan waktu proses. Atas dasar pertimbangan di atas maka dipilih ampas tahu basah sebagai bahan baku untuk penelitian utama. Untuk mencegah perubahan sifat fisik dan kimia dari bahan baku, penyimpanan dilakukan pada suhu 4°C. Penyimpanan pada suhu tersebut ternyata dapat mempertahankan sifat fisik dan kimia sampai ± 4 hari.

2. Analisis Proksimat Bahan Baku Terpilih

Setelah diketahui bahwa penggunaan ampas tahu basah lebih baik dibandingkan dengan ampas tahu kering, kemudian dilakukan analisis proksimat terhadap ampas tahu basah. Analisis tersebut terdiri dari kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan total karbohidrat. Analisis ini dilakukan pada sampel ampas tahu untuk ulangan 1 (blok1) dan ulangan 2 (blok2). Rata-rata hasil analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis proksimat ampas tahu basah (n=2)

Table 2. The analysis result of waste soybean components (n=2)

Komponen Components	Nilai Rata-rata Mean
Kadar Air (%bb) Water content (%wb)	90,13 ± 0,51
Kadar Abu (%bk) Ash content (%db)	2,42 ± 0,65
Kadar Protein (%bk) Protein content (%db)	27,84 ± 4,19
Kadar Lemak (%bk) Fat content (%db)	8,71 ± 0,74
Total Karbohidrat (%bk) Total carbohydrate (%db)	61,01 ± 4,29

Keterangan/Remarks:

Total karbohidrat dihitung dengan metode by difference/
Total carbohydrate calculated by difference method

Tabel 3. Pengaruh suhu ekstraksi terhadap rendemen konsentrat protein (n=2)

Table 3. Influence of extraction temperature on the yield of protein concentrate (n=2)

Suhu Ekstraksi Extraction temp.	Rata-rata rendemen protein (%) Average of protein yield (%)
25°C	9,65 ^a
50°C	10,68 ^b

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (P>95%)
Numbers followed by same letter is not significantly different (P>95%)

Hasil analisis (Tabel 2) menunjukkan bahwa dibanding dengan kadar protein rata-rata dalam tahu (39-41%) (Anonymous, 2005), sisa protein dalam ampas tersebut sangat rendah. Hal ini disebabkan karena pada proses pembuatan tahu sebagian besar protein telah terekstrak pada tahu, hanya sebagian kecil protein tertinggal pada ampas tahu. Kadar abu dan kadar lemak yang terdapat pada ampas tahu sangat kecil masing-masing yaitu 2,42% dan 8,71%bk. Komponen terbesar kedua pada ampas tahu setelah air yaitu karbohidrat dengan nilai sebesar 61,01% bk yang dihitung berdasarkan metode *by difference* (Winarno, 1997).

B. Penelitian Utama**1. Rendemen konsentrat protein, Persentase Recovery****Protein dan Kadar Protein**

Nilai rendemen, persentase *recovery* dan kadar protein dihitung untuk melihat efektivitas suatu proses isolasi. Hasil perhitungan rendemen, *recovery* dan kadar protein memperlihatkan nilai yang kecil untuk semua perlakuan (Tabel 3-7). Hal ini menunjukkan bahwa banyak protein pada ampas tahu yang tidak/belum terekstrak sempurna.

Tabel 5. Pengaruh suhu ekstraksi terhadap kadar protein konsentrat protein (n=2)

Table 5. The influence of extraction temperature on protein content of protein concentrate (n=2)

Perlakuan Treatment	Rata-rata kadar protein (%) Average of protein content (%)
Suhu / Temperature	
25°C	57,91 ^a
50°C	60,56 ^b
pH ekstraksi/Extraction pH	
8	55,34 ^a
8,5	58,53 ^b
9	62,60 ^c
9,5	59,22 ^b
10	60,49 ^{bc}

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (P>95%)
Numbers followed by same letter is not significantly different (P>95%)

Tabel 4. Pengaruh suhu dan pH ekstraksi terhadap nilai *recovery* protein (%) (n=2)

Table 4. Influence of extraction temperature and pH on protein recovery value (%) (n=2)

Perlakuan Treatment	Nilai <i>recovery</i> protein (%) Protein recovery value (%)
Suhu / Temperature	
25°C	20,46 ^a
50°C	22,47 ^b
pH ekstraksi / Extraction pH	
8	19,13 ^a
8,5	21,82 ^b
9,0	21,10 ^{bc}
9,5	21,69 ^b
10	23,70 ^c

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (P>95%)
Numbers followed by same letter is not significantly different (P>95%)

Rendemen

Berdasarkan sidik ragam, hanya suhu yang berpengaruh terhadap rendemen konsentrat protein yang dihasilkan, sedangkan pH dan interaksinya dengan suhu tidak berpengaruh nyata. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa suhu ekstraksi 50°C memberikan rendemen protein yang lebih tinggi dari 25°C. Peningkatan rendemen pada suhu 50°C terjadi karena suhu ekstraksi yang relatif tinggi menyebabkan energi kinetik larutan pengeksktrak meningkat sehingga semakin banyak larutan pengeksktrak yang berdifusi ke dalam jaringan sel untuk mengeksktrak protein.

Recovery protein

Nilai *recovery* protein pada konsentrat berkisar antara 18,08 sampai 25,85%(bk). *Recovery* yang rendah menunjukkan bahwa masih banyak komponen pengotor yang terdapat

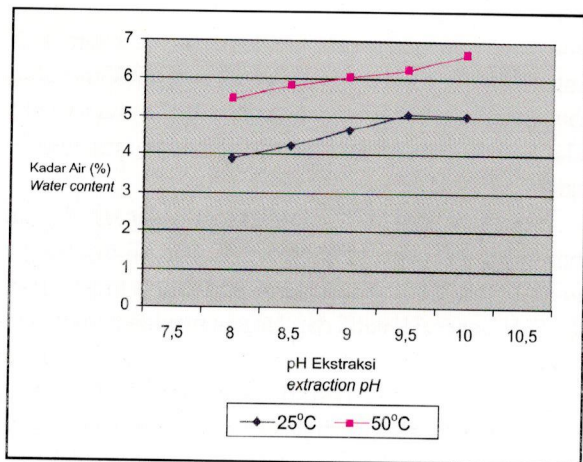
Tabel 6. Pengaruh suhu dan pH ekstraksi terhadap kadar lemak konsentrat protein

Table 6. The influence of extraction temperature and pH on fat content of protein concentrate

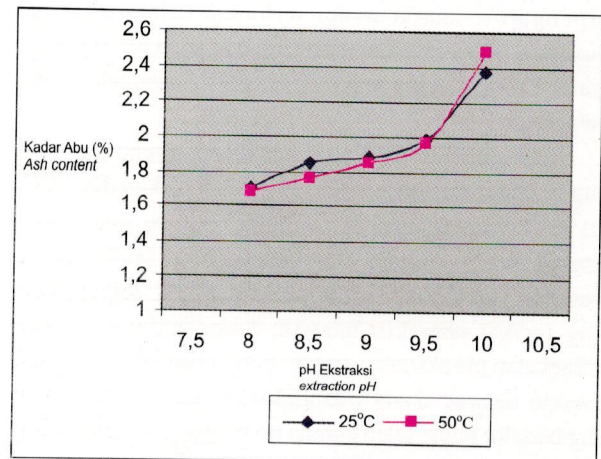
Perlakuan Treatment	Rata-rata kadar lemak (%) Average of fat content (%)
Suhu / Temperature ;	
25°C	27,82 ^a
50°C	30,30 ^b
Nilai pH/ pH value ;	
8	28,30 ^a
8,5	28,98 ^b
9	28,35 ^{ab}
9,5	29,06 ^b
10	30,61 ^c

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata (P>95%)
Numbers followed by same letter is not significantly different (P>95%)



Gambar 2. Hubungan suhu dan pH ekstraksi terhadap kadar air konsentrat protein
 Figure 2. Correlation between extraction temperature and pH with water content of protein concentrate



Gambar 3. Hubungan antara pH dan suhu ekstraksi terhadap kadar abu dari konsentrat protein
 Figure 3. Correlation between extraction pH and temperature and ash content of protein concentrate

pada konsentrat. Rendahnya nilai recovery ini juga kemungkinan disebabkan nilai rendemen dan kadar protein yang rendah pada konsentrat.

Dari hasil analisis ragam, suhu dan pH ekstraksi sangat berpengaruh nyata terhadap *recovery* protein yang dihasilkan, sedangkan interaksinya tidak berbeda nyata (Tabel 4).

Dengan bertambahnya suhu dan pH ekstraksi dapat meningkatkan protein yang terlarut tetapi juga dapat meningkatkan larutnya komponen-komponen lain seperti lemak, air, abu dan komponen non proteinnya, sehingga jumlahnya sama banyak dan hal inilah yang menyebabkan rendahnya nilai *recovery* protein konsentrat ampas tahu ini. Nilai *recovery* merupakan fungsi dari konsentrasi protein dimana semakin tinggi kadar proteinnya maka makin besar nilai *recovery*nya.

Kadar Protein

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kadar protein konsentrat dipengaruhi oleh suhu dan pH ekstraksi, namun tidak dipengaruhi oleh interaksi keduanya. Kadar protein konsentrat berkisar antara 52,55-62,90%(bk).

Suhu ekstraksi 50°C menghasilkan konsentrat protein dengan kadar protein yang lebih tinggi dibanding dengan suhu 25°C (Tabel 5). Hal ini kemungkinan disebabkan karena dengan suhu ekstraksi yang lebih tinggi energi kinetik dari larutan meningkat, sehingga interaksi antara pelarut NaOH dengan protein menjadi lebih besar menghasilkan nilai kadar protein konsentrat meningkat.

Pengaruh pH terhadap kadar protein dapat dilihat pada Tabel 5 dimana nilai kadar protein semakin meningkat dengan bertambahnya pH ekstraksi sampai 9, namun mulai pH 9.5 kadar protein mengalami penurunan.

2. Karakteristik Konsentrat Protein Ampas Tahu

Warna

Secara umum, konsentrat protein yang diperoleh dari berbagai perlakuan mempunyai warna yang kurang lebih sama, dimana konsentrat protein yang diperoleh berwarna putih agak kecoklatan. Warna merupakan salah satu sifat protein yang dipengaruhi oleh sejumlah kecil bahan non protein dan interaksinya dengan protein (Askadarini, 2004).

Hasil pengukuran warna dengan Chromameter diperoleh berupa nilai L, a, b (notasi warna Hunter). Nilai L menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna akromatik putih, abu-abu, dan hitam. L=0 berarti gelap dan L=100 yang berarti terang. Pada konsentrat protein ini, warna hanya dinyatakan dengan nilai L yang menunjukkan tingkat kecerahan sampel. Nilai L (kecerahan) yang diperoleh berkisar antara 57,86-62,01 untuk konsentrat protein yang diperoleh.

Pada sampel dengan kombinasi perlakuan A1B4 yaitu pada suhu ekstraksi 25°C dan pH ekstraksi 9,5 (A1B4) mempunyai nilai L paling tinggi, hal ini menunjukkan bahwa warna konsentrat ini mempunyai warna paling cerah. Sedangkan warna yang paling gelap pada konsentrat diperoleh dengan ekstraksi bersuhu 25°C dan pH 8 (A1B1).

Kadar Air

Kadar air dalam bahan pangan merupakan hal penting yang harus diperhatikan mengingat banyaknya pengaruh yang ditimbulkan oleh adanya air yang terikat. Kandungan air dalam bahan pangan mempengaruhi daya tahan bahan makanan terhadap serangan mikroba. Hasil analisis ragam menunjukkan suhu, pH, dan interaksi keduanya

berpengaruh sangat nyata terhadap nilai kadar air konsentrat. Rata-rata kadar air terendah pada pH ekstraksi 8 yaitu 4,69% dan meningkat pada pH 10 menjadi 5,71% (Gambar 2).

Suhu ekstraksi 50°C menghasilkan konsentrat protein dengan kadar air yang lebih tinggi dari pada suhu 25°C. Hal ini kemungkinan disebabkan bahwa pada suhu tersebut protein-protein yang bersifat polar lebih banyak tereskrak jika dibandingkan pada suhu 25°C sehingga air yang terikat semakin banyak. Sama halnya dengan peningkatan pH ekstraksi dimana penambahan NaOH yang semakin banyak dapat meningkatkan pelarutan protein yang bersifat polar. Oleh karena itu banyak air yang terikat oleh protein sehingga menyebabkan besarnya nilai kadar air dalam konsentrat protein tersebut. Kadar air konsentrat yang diperoleh menunjukkan kecenderungan meningkat dengan kenaikan pH dan suhu pada kisaran antara 3,90-6,66% (Gambar 2). Namun demikian, kadar air ini masih berada dalam kisaran nilai kadar air yang dianjurkan oleh Kodeks Makanan Indonesia (Anonymous, 1979), yaitu tidak boleh lebih dari 12%.

Kadar Abu

Kadar abu merupakan residu atau sisa bahan anorganik dari pembakaran bahan-bahan organik. Kadar abu digunakan untuk menunjukkan tingkat kemurnian suatu bahan, dalam hal ini protein hasil isolasi. Semakin rendah kadar abu konsentrat maka makin tinggi tingkat kemurnian konsentrat protein yang dihasilkan, namun semakin tinggi kadar abu konsentrat menunjukkan konsentrat tersebut kaya akan mineral.

Suhu ekstraksi tidak mempengaruhi kadar abu, namun pH dan interaksinya dengan suhu memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar abu. Pada Gambar 4 dapat dilihat adanya peningkatan kadar abu dari pH 8 sampai pH 9, dan adanya peningkatan yang nyata dari pH 9 ke pH 10.

Peningkatan kadar abu akibat meningkatnya pH ekstraksi (Gambar 3) tersebut dapat disebabkan karena lebih banyaknya jumlah ion Na yang terserap akibat penambahan larutan NaOH pada setiap peningkatan pH larutan ekstraksi. Pada pH ekstraksi yang tinggi (pH 10), nilai kadar abu sangat tinggi (2,49%bk). Hal ini mungkin disebabkan gugus karboksil dari asam amino protein lebih banyak yang terdisosiasi sehingga meningkatkan penyerapan ion-ion seperti K, Na, Ca, dan Fe yang terdapat pada ampas tahu. Kadar abu yang diperbolehkan dalam Kodeks Makanan Indonesia (Anonymous, 1979) adalah maks. 10%. Artinya, kadar abu konsentrat protein yang dihasilkan masih dalam jumlah yang diperbolehkan bahkan masih jauh dari batas maksimumnya.

Kadar Lemak

Kadar lemak pada konsentrat protein berkisar antara 26,51 sampai 31,90%. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa suhu dan pH ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar lemak, sedangkan interaksinya tidak berpengaruh nyata.

Suhu ekstraksi 50°C memberikan kadar lemak yang lebih tinggi daripada 25°C (Tabel 6). Hal ini disebabkan karena lemak lebih mudah larut pada suhu tinggi. Pada suhu 50°C, energi kinetik dari larutan menjadi lebih tinggi sehingga interaksi antara lemak dengan pelarut semakin tinggi. Pengaruh pH ekstraksi terhadap kadar lemak konsentrat juga memperlihatkan pengaruh yang sama, semakin tinggi pH ekstraksi maka semakin banyak lemak yang larut dalam NaOH walaupun pada suhu ruang (Tabel 6). Hal ini kemungkinan disebabkan karena sifat lemak pada kondisi basa dapat bereaksi dengan alkali (NaOH) membentuk gliserol dan natrium stearat sehingga akan terjadi ikatan lemak dengan protein membentuk lipoprotein yang akan menyebabkan kadar lemak semakin tinggi dalam konsentrat protein yang dihasilkan.

Keberadaan lemak ini kemungkinan dapat menurunkan nilai kualitatif dari konsentrat protein seperti halnya pada sifat pembentukan busa, dimana lemak ini merupakan *foam inhibitor* yang dapat merusak lapisan film sehingga mengganggu pembentukan busa. Selain itu tingginya lemak yang terdapat pada konsentrat protein ini dapat mengurangi kemampuan protein untuk menyerap air (berhubungan dengan daya serap air). Namun dalam beberapa sifat fungsional seperti daya serap lemak dan kapasitas emulsi, adanya komponen lemak yang bersifat hidrofob ini dapat meningkatkan nilai kedua sifat fungsional tersebut diatas.

Tabel 7. Pengaruh suhu dan pH ekstraksi terhadap kadar karbohidrat konsentrat protein

Table 7. Influence of extraction temperature and pH on carbohydrate content of protein concentrate

Perlakuan <i>Treatment.</i>	Rata-rata kadar lemak (%) <i>Average of fat content (%)</i>
<i>Suhu /Temperature</i>	
25°C	27,82 ^a
50°C	30,30 ^b
<i>Nilai pH/ pH value</i>	
8	28,30 ^a
8,5	28,98 ^b
9	28,35 ^{ab}
9,5	29,06 ^b
10	30,61 ^c

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P > 95\%$)
Numbers followed by same letter is not significantly different ($P > 95\%$)

Kadar Karbohidrat

Total karbohidrat dihitung menggunakan metode *by difference* dimana nilai ini diperoleh dari total (100%) dikurangi total komponen gizi yang lain seperti air, abu, protein dan lemak, sehingga nilai ini sangat bervariasi antara 4,26-18,45%(bk).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa suhu dan pH berpengaruh nyata terhadap nilai karbohidrat yang dihasilkan, namun interaksi kedua perlakuan tidak berbeda nyata. Pada tabel 7 dapat dilihat bahwa konsentrasi protein yang diproses pada suhu ekstraksi 25°C mempunyai kadar karbohidrat yang lebih tinggi daripada 50°C. Pengaruh pH terhadap kadar karbohidrat, terlihat kecenderungan dengan bertambah tingginya pH nilai karbohidrat menjadi lebih kecil (Tabel 7).

Besar kecilnya komponen karbohidrat dalam konsentrasi protein dapat mempengaruhi kualitas konsentrasi protein dilihat dari beberapa sifat fungsionalnya. Keberadaan karbohidrat terutama polisakarida yang bersifat hidrofil dapat meningkatkan nilai daya serap air konsentrasi protein.

3. Sifat Fungsional Konsentrat Protein

Sifat fungsional protein merupakan sifat protein selain nilai nutrisi yang mempengaruhi penggunaannya. Suatu formulasi makanan, penggunaan protein kedelai harus mempunyai sifat-sifat yang sesuai dengan cara pengolahan/jenis produk yang diolahnya.

Daya Serap Air

Daya Serap Air (*Water Holding Capacity*) didefinisikan sebagai sifat fisik dan kemampuan struktur bahan pangan dalam mencegah terlepasnya air dari struktur tiga dimensi. Hasil analisis statistik menunjukkan perlakuan suhu ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai DSA konsentrasi protein yang dihasilkan, namun pH dan interaksinya dengan suhu tidak berpengaruh nyata. Pada Tabel 8 dapat dilihat suhu ekstraksi 50°C memberikan rata-rata nilai DSA yang lebih tinggi daripada suhu 25°C.

Pengaruh perbedaan suhu ekstraksi terhadap nilai daya serap air konsentrasi dapat disebabkan pada suhu

Tabel 8. Pengaruh suhu ekstraksi terhadap nilai daya serap air konsentrasi protein

Table 8. Influence of extraction temperature on water absorption Value of protein concentrate

Suhu ekstraksi Extraction temp.	Rata-rata nilai daya serap air (g air/g protein) Average of water absorption value (g water/g protein)
25°C	2,77 ^a
50°C	3,05 ^b

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P > 95\%$)
Numbers followed by the same letter is not significantly different ($P > 95\%$)

tinggi asam amino polar lebih banyak terekstrak sehingga meningkatkan nilai daya serap air. Protein terdiri dari sejumlah asam amino dengan sisi polar dan non polar yang berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan air. Gugus asam amino polar seperti hidroksil, amino, karboksil, dan sulfhidril memberikan sifat hidrofilik bagi molekul protein dimana sifat ini yang menyebabkan protein mudah menyerap air.

Nilai daya serap air erat kaitannya dengan kadar protein dimana semakin tinggi kadar protein maka jumlah air yang terikat juga semakin banyak. Jumlah air yang terdapat pada konsentrasi kemungkinan dapat dipengaruhi oleh daya serap. Selain itu dipengaruhi pula oleh kelarutan protein dimana pada suhu ekstraksi 50°C, kelarutan protein konsentrasi semakin tinggi.

Nilai DSA tertinggi diperoleh dengan ekstraksi pada suhu 50°C dan pH 10 (A2B5), sedangkan ekstraksi dengan suhu 25°C dan pH 8 menghasilkan nilai DSA yang paling rendah. Bila dibandingkan dengan nilai DSA dari konsentrasi kedelai (4,49-5,79 g air/g protein) (Zayas, 1997), nilai DSA konsentrasi ampas tahu jauh lebih rendah.

Keberadaan komponen lain seperti polisakarida yang bersifat hidrofilik, lemak dan garam dalam bahan pangan mempengaruhi sifat daya serap air. Kadar lemak yang tinggi pada konsentrasi protein dapat mengurangi pengikatan air oleh protein karena lemak menurut Heywood *et al.* (2002), bahan yang bersifat hidrofobik yang dapat mengurangi ikatan hidrofilik sehingga mengurangi nilai daya serap air konsentrasi protein yang dihasilkan. Rendahnya nilai daya serap air pada konsentrasi protein ini berarti sedikit asam amino yang bersifat polar dalam protein ampas tahu. Daya serap air merupakan faktor kritis dalam sifat fungsional protein karena mempengaruhi sifat tekstur, warna dan sensorik (Zayas, 1997).

Tabel 9. Pengaruh suhu dan pH ekstraksi terhadap daya serap lemak konsentrasi protein

Table 9. Influence of extraction temperature and pH on fat absorption value

Perlakuan Treatment.	Rata-rata nilai daya serap lemak (g minyak/g prot.) Average of fat absorption value (g oil/g protein)
Suhu/Temperature ;	
25°C	3,13 ^a
50°C	3,59 ^b
Nilai pH/pH value ;	
8	3,40 ^a
8,5	3,66 ^b
9	3,14 ^a
9,5	3,43 ^b
10	3,60 ^b

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P > 95\%$)
Numbers followed by the same letter is not significantly different ($P > 95\%$)

Daya Serap Lemak

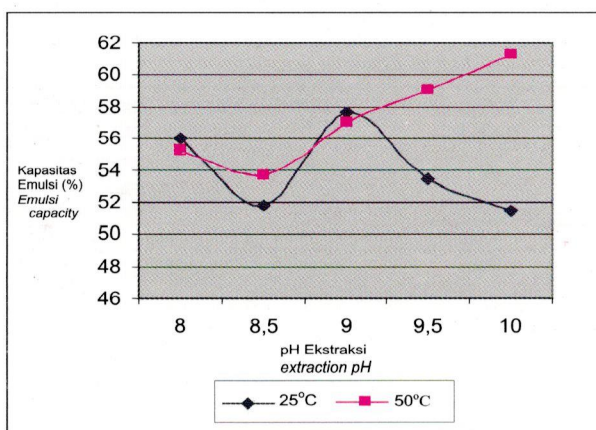
Daya Serap Lemak (DSL) didefinisikan sebagai sifat pengikatan lemak/minyak secara fisika oleh protein yaitu protein menyerap, menahan dan bereaksi dengan lemak dalam sistem emulsi. Kemampuan protein semacam ini dalam sistem makanan diperlukan dalam formulasi pangan.

Hasil pengujian secara statistik menunjukkan bahwa pH dan suhu ekstraksi berpengaruh sangat nyata terhadap nilai DSL konsentrasi protein, namun interaksi kedua perlakuan tidak berbeda nyata (Tabel 9). Konsentrasi dengan perlakuan suhu ekstraksi 50°C memiliki nilai DSL lebih tinggi dari konsentrasi dengan suhu ekstraksi 25°C. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada suhu 50°C terjadi denaturasi sebagian dari protein, yang dapat meningkatkan kemampuan protein untuk mengikat lemak. Terbukanya struktur protein akibat denaturasi protein sebagian menyebabkan pembentangan molekul dan menyediakan lebih banyak asam amino non polar. Sisi non polar molekul protein adalah sisi utama interaksi lemak dengan protein. Menurut Sze-Tao dan Sathe (2000), bahwa keberadaan sejumlah residu hidrofobik dalam hal ini lemak pada sisi permukaan protein dapat meningkatkan nilai DSL (dapat dilihat pada analisis komponen pengotor yakni lemak pada konsentrasi protein) dimana semakin tinggi suhu dan pH ekstraksi semakin banyak protein non polar yang larut sehingga meningkatkan kemampuan protein untuk mengikat lemak.

Nilai DSL konsentrasi protein berkisar antara 2,77 - 3,79 ml minyak/g protein. Nilai tersebut lebih besar dari nilai DSL isolat protein kedele yaitu 1,2-1,9 ml minyak/g protein (Zayas, 1997).

Kapasitas Emulsi

Menurut Zayas (1997), aktivitas emulsi adalah kemampuan protein mengambil bagian dalam pembentukan emulsi dan



Gambar 4. Hubungan antara pH, suhu ekstraksi dan kapasitas emulsi konsentrasi protein

Figure 4. Correlation between extraction temperature and pH with emulsion capacity of protein concentrate

dalam menstabilkan emulsi yang baru terbentuk, sedangkan kapasitas emulsi merupakan kemampuan larutan atau suspensi protein untuk mengemulsi lemak (Bian *et al.*, 2003).

Berdasarkan analisis statistik, kedua perlakuan yakni suhu dan pH berpengaruh nyata terhadap nilai kapasitas emulsi begitu pula dengan interaksi keduanya. Emulsi yang paling optimum pada konsentrasi ampas tahu ini yang mempunyai kapasitas emulsi paling tinggi adalah pada kombinasi perlakuan A2B5 (suhu ekstraksi 50°C dan pH ekstraksi 10) sebesar 61,20%. Kisaran nilai kapasitas emulsi (KE) dari konsentrasi protein yang dihasilkan berkisar antara 51,48%-61,20%. Nilai ini hampir menyerupai isolat protein dengan perlakuan ekstrak hexan-asam asetat pada suhu 28°C yaitu sebesar 56-59% seperti yang dilakukan oleh Swamynglipa dan Srinivas (1994).

Kapasitas emulsi dipengaruhi oleh jumlah asam amino protein bahan. Perbandingan jumlah asam amino hidrofilik dan lipoofilik yang seimbang menentukan kemampuan protein membentuk emulsi, penting untuk menurunkan tegangan permukaan. Reaksi protein dengan lipid membentuk lipoprotein yang mempunyai aktivitas permukaan dapat meningkatkan kapasitas emulsi. Sampel dengan kadar lemak yang tinggi mempunyai kapasitas emulsi yang tertinggi. Kapasitas emulsi juga dipengaruhi oleh kelarutan, protein yang sukar larut akan membentuk endapan di permukaan minyak-air menyebabkan kerusakan lapisan protein. Konsentrasi protein dengan suhu ekstraksi 50°C dan pH 10 memiliki kelarutan protein tertinggi, sehingga mampu membentuk emulsi yang baik.

Stabilitas Emulsi

Stabilitas emulsi didefinisikan sebagai kemampuan droplet emulsi untuk tetap terdispersi tanpa mengalami koalesens, flokulasi, dan creaming. Emulsi pangan dapat berupa o/w (oil/water) atau w/o (water/oil). Konsentrasi protein ampas tahu ini membentuk emulsi tipe o/w.

Hasil analisis statistik menunjukkan adanya pengaruh suhu terhadap sifat stabilitas emulsi (Tabel 10). Namun pH dan interaksi kedua perlakuan tidak

Tabel 10. Pengaruh suhu ekstraksi terhadap nilai stabilitas emulsi dari konsentrasi protein

Table 10. Influence of extraction temperature on emulsion stability of protein concentrate

Suhu ekstraksi Extraction temp.	Rata-rata nilai stabilitas emulsi (%) Average of emulsion stability value (%)
25 ⁰ C	56,99 ^a
50 ⁰ C	64,71 ^b

Keterangan/Remarks:

Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P > 95\%$)
Numbers followed by same letter is not significantly different ($P > 95\%$)

berpengaruh terhadap stabilitas emulsi konsentrat. Suhu ekstraksi 50°C, memberikan nilai kestabilan emulsi yang lebih besar daripada suhu 25°C. Peningkatan pada sifat-sifat emulsi dapat menyebabkan kelarutan nitrogen yang tinggi pada sampel.

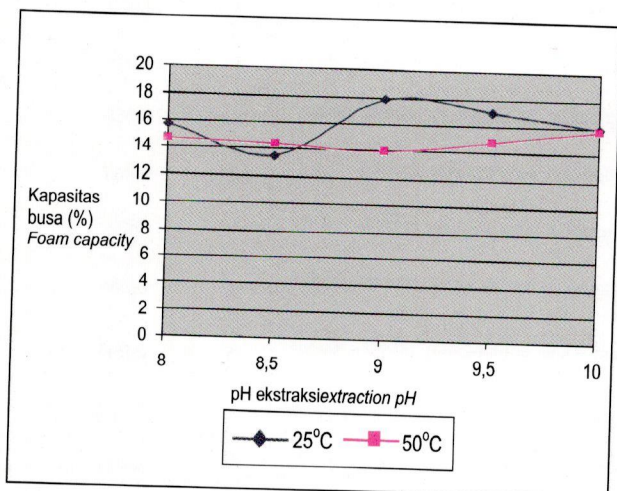
Emulsifikasi adalah kemampuan protein untuk membentuk emulsi dan mempertahankan emulsi untuk menjadi stabil. Nilai stabilitas emulsi konsentrat protein ampas tahu lebih tinggi dari kapasitas emulsinya. Kisaran nilai stabilitas emulsi ini antara 54,15-69,60%. Besarnya nilai stabilitas emulsi hampir menyerupai bahkan lebih tinggi dari isolat protein yang dihasilkan oleh Swamynglipa dan Srinivas (1994), dengan atau tanpa perlakuan ekstraksi lemak dengan hexan-asam asetat yakni sebesar 53-55%.

Setiap protein memiliki stabilitas emulsi yang berbeda. Konsentrat yang mampu menstabilkan emulsi yang terbentuk memiliki sisi aktif yang efektif untuk menurunkan tegangan permukaan antara komponen hidrofobik dan hidrofilik.

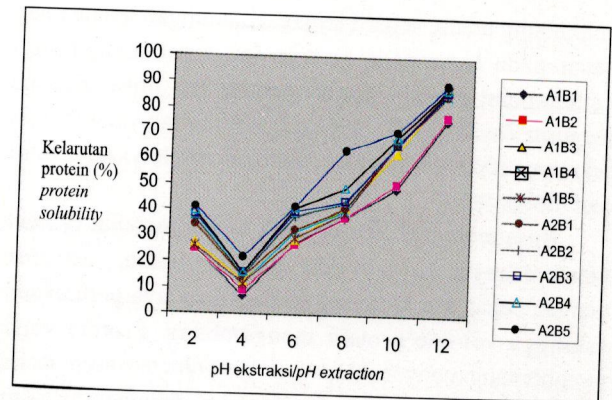
Untuk membentuk emulsi yang stabil maka molekul protein pertama kali harus menjangkau permukaan air/lemak dan kemudian membenteng sehingga kelompok hidrofobik dapat berhubungan dengan fase lemak. Sedangkan sisi protein penstabil yang dipaparkan ke fase air harus bersifat hidrofilik dan memiliki asam amino polar yang bermuatan. Sifat emulsi ini dapat menguntungkan pada kebanyakan produk makanan yang diproses termasuk margarin, saus, daging, sosis, seafood, campuran es krim, adonan roti dan cake.

Kapasitas Busa

Busa dapat didefinisikan sebagai sifat 2 fase yang mengandung udara, yang dipisahkan dengan lapisan



Gambar 5. Hubungan antara pH dan suhu ekstraksi terhadap kapasitas busa dari konsentrat protein
 Figure 5. Correlation between extraction temperature and pH with foam capacity of protein concentrate



Gambar 6. Profil kelarutan protein konsentrat protein ampas tahu dalam air pada pH yang berbeda (Keterangan: A= suhu ekstraksi, A1=25°C dan A2=50°C; B=pH ekstraksi, B1=8, B2=8,5, B3=9, B4=9,5, B5=10)
 Figure 6. Protein concentrate solubility profile in water on different pH value (Note: A=extraction temperature, A1=25°C and A2=50°C; B= extraction pH, B1=8, B2=8,5, B3=9, B4=9,5, B5=10)

kontinu yang tipis yang disebut fase lamellar. Kapasitas busa menunjukkan kemampuan protein memproduksi suatu area permukaan dari busa/unit berat protein, dimana stabilitas busa merupakan kemampuan busa untuk destabilisasi (Heywood et al., 2002).

Pembentukan busa terdiri dari 3 tahap (Zayas, 1997), yaitu tahap I, protein globular berdifusi ke dalam permukaan udara-air, mengalami konsentrasi, dan menurunkan tegangan permukaan; tahap II, terbukanya lipatan protein pada permukaan; dan tahap terakhir interaksi polipeptida untuk membentuk film dengan denaturasi dan koagulasi parsial. Protein teradsorpsi pada permukaan dan membentuk film yang stabil mengelilingi buih dan membentuk busa.

Berdasarkan analisis statistik menunjukkan bahwa kapasitas busa dipengaruhi oleh suhu, pH, dan interaksi keduanya. Rata-rata kapasitas busa terendah yaitu sebesar 13,86% pada pH 8,5 dan meningkat menjadi 15,91% pada pH 9.

Data menunjukkan bahwa nilai kapasitas busa konsentrat protein yang dihasilkan sangat rendah, berkisar antara 13,40% (A1B2)-17,92% (A1B3). Sejumlah busa yang dapat dibentuk protein adalah penting namun kestabilan busa lebih penting. Nilai stabilitas busa konsentrat protein ini lebih tinggi dari kapasitas busanya dengan nilai tertinggi pada konsentrat A1B3 sebesar 63,75%. Ukuran gelembung gas signifikan karena sebagai indikasi stabilitas (Kinsella, 1976 dalam Heywood, et al., 2002). Sampel yang kurang stabil berarti ukuran gelembungnya lebih besar. Nilai kapasitas dan stabilitas busa diperlihatkan oleh Gambar 5.

Rendahnya nilai kapasitas busa tersebut disebabkan adanya foam inhibitor. Foam inhibitor adalah bahan yang tidak larut dalam air dan dapat mengganggu film protein di

gelembung udara, seperti lemak. Kandungan lemak yang besar pada konsentrat protein ini dapat mengurangi kemampuan protein untuk membentuk busa. Karena menurut Zayas (1997), lemak dalam jumlah yang rendah sekalipun (0,1%) dapat menyebabkan rusaknya daya busa dan film protein.

Busa terbentuk dengan baik ketika molekul protein membentangi pada suatu permukaan air-udara, menyebar dengan cepat dan bertahan keseluruhan area permukaan sehingga volume protein mengembang. Protein yang membentangi menyebabkan molekul polar berorientasi ke air sehingga polipeptida berinteraksi membentuk film kontinyu yang kohesif.

Sifat ini biasanya diaplikasikan pada pembuatan *whipped topping*, *marshmallow* dan *nogat*, *icing*, es krim, dan yogurt beku. Pada produk-produk tersebut, protein adalah agen aktif-permukaan yang membantu pembentukan dan stabilitas busa. Lain halnya dengan kapasitas busa, stabilitas busa tidak dipengaruhi baik oleh suhu, pH maupun interaksi antar keduanya.

Kelarutan Protein

Kelarutan protein ialah jumlah nitrogen dalam protein yang terlarut di bawah kondisi tertentu. Kelarutan protein adalah sifat fisikokimia yang berhubungan dengan sifat fungsional lain. Menurut Zayas (1997), kelarutan protein dipengaruhi oleh komposisi dan sekuens asam amino, berat molekul, konformasi, dan jumlah grup polar dan non polar asam amino. Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi kelarutan protein adalah pH, kekuatan ion (garam), pemanasan dan kondisi proses seperti pH ekstraksi, presipitasi, kecepatan pengadukan dan pencampuran.

Kelarutan protein konsentrat diukur dalam air pada pH yang bervariasi (2, 4, 6, 8, 10, dan 12). Profil tentang kelarutan vs pH dapat dilihat pada Gambar 6 yang memperlihatkan kurva berbentuk U dengan kelarutan terendah mendekati titik isoelektrik (pH 4), dimana pada pH ini protein berada dalam bentuk ion dipolar (*zwitter ion*) yang sukar larut dalam air. Pada titik isoelektrik protein memiliki muatan bersih nol, gaya atraktifnya meningkat.

Tabel 11. Penilaian Kepentingan Setiap Parameter Kesukaan
Table 11. Test of The Important of each preferency parameter

Parameter/ Parameter	Dasar Pertimbangan/ Justification	Nilai/ Value	Bobot/ Score
% Rendemen Protein % Protein yield	Menunjukkan efisiensi proses ekstraksi protein	5	0,068
Kadar Protein Protein content	Semakin tinggi kadar protein makin baik kualitas protein tersebut	5	0,068
Kadar Air Moisture content	Kadar air menentukan daya tahan produk. Makin tinggi kadar air makin rendah ketahanannya	4	0,055
Kadar Abu Ash content	Menunjukkan tingkat kemurnian konsentrat protein yang dihasilkan. Makin kecil kadar abu, makin murni konsentrat proteinnya.	4	0,055
Kadar Lemak Fat content	Lemak merupakan komponen pengotor yang dapat mengurangi kualitas konsentrat protein. Namun keberadaannya dapat juga mempengaruhi sifat-sifat fungsional proteinnya.	4	0,055
Karbohidrat Carbohydrate	Keberadaan karbohidrat juga dapat menurunkan kualitas dan menunjukkan tingkat kemurnian konsentrat protein yang dihasilkan	4	0,055
DSA	Sifat fungsional protein yang penting yang menunjukkan kemampuan protein dalam mengikat air	5	0,068
DSL	Sifat fungsional protein yang penting yang menunjukkan kemampuan protein dalam mengikat lemak	5	0,068
Kapasitas Emulsi Emulsion capacity	Sifat fungsional protein yang penting yang menunjukkan kemampuan protein dalam membentuk emulsi	5	0,068
Stabilitas Emulsi Emulsion stability	Sifat fungsional protein yang penting yang menunjukkan kemampuan protein dalam membentuk emulsi yang stabil	5	0,068
Kapasitas Busa Foam capability	Sifat fungsional protein yang penting yang menunjukkan kemampuan protein dalam membentuk busa	5	0,068
Stabilitas Busa Foam stability	Sifat fungsional protein yang penting yang menunjukkan kemampuan protein dalam melawan ketidakstabilan busa	5	0,068
Kelarutan Protein Protein solubility	Sifat fungsional yang sangat penting karena mempengaruhi sifat-sifat fungsional yang lain	5	0,068
pH	Menunjukkan derajat keasaman konsentrat protein	4	0,041
Warna (Tingkat Kecerahan) Colour	Semakin pekat warnanya menunjukkan reaksi maillard terjadi dengan cepat	4	0,055

dan molekul cenderung untuk bergabung satu sama lain sehingga sulit untuk larut. Kelarutan meningkat pada pH ekstrim asam dan basa yakni 2, 6, 8, 10 dan 12. Perbedaan yang sangat besar dalam kelarutan protein diantara produk konsentrat dapat disebabkan konformasi sub unit proteinnya yang mungkin berbeda. Konformasi protein yang berbeda mungkin dipengaruhi juga oleh derajat denaturasi protein.

Kelarutan dari beberapa protein menurun sejalan dengan suhu dan waktu pemanasan. Kelarutan protein meningkat pada suhu diantara 0 dan 40-50°C. Namun pada pemanasan di atas 50°C dapat terjadi denaturasi protein yang dapat menurunkan kelarutan protein.

Besarnya kelarutan protein konsentrat protein ampas tahu ini hampir sama bahkan lebih tinggi dari konsentrat protein kedelai dalam 0,1 M NaCl yang dianalisis oleh Lee *et al.* (2003), namun lebih rendah dari isolat proteinnya.

Kelarutan tertinggi terdapat pada konsentrat dengan perlakuan suhu ekstraksi 50°C dan pH 10 (21,69-89,14%), sedangkan terendah pada konsentrat dengan ekstraksi bersuhu 25°C dan pH 8 (7,15-75,85%). Semua konsentrat memiliki kecenderungan yang sama yaitu meningkat sebelum dan setelah pH 4, artinya pada saat protein bermuatan negatif, yaitu di bawah titik isoelektriknya dan pada saat bermuatan positif yaitu di atas titik isoelektriknya. Kelarutan tertinggi terjadi pada pH 12, dimana pH tersebut jauh dari pH isoelektrik. Pada konsentrat protein perlakuan suhu ekstraksi 50°C pH 10 (A2B5), kelarutan protein meningkat tajam saat pH 8.

Aplikasi potensial dari protein dapat dikembangkan secara luas jika memiliki kelarutan yang tinggi. Sifat ini sangat penting untuk produk yang menggunakan bahan dasar yang mudah larut dan menyebar, tidak menggumpal dan mengendap seperti untuk produk minuman, sup, dan saus. Juga pada produk yang sesuai dengan sifat-sifat fungsional yang lain yang dipengaruhi oleh kelarutan protein ini seperti daging, susu dan bakeri.

C. Pemilihan Konsentrat Protein Terbaik

Perlakuan terbaik dilakukan dengan memberikan nilai dari skala 1 sampai 5 berdasarkan nilai kepentingannya pada setiap parameter kesukaan yang diberikan. Nilai 5 diberikan jika parameter tersebut dianggap sangat penting, 4 jika penting, 3 jika biasa, 2 jika tidak penting dan 1 jika sangat tidak penting. Nilai kepentingan kemudian dibobotkan ke dalam % dengan membagi nilai kepentingan pada parameter tersebut dengan total nilai kepentingan dari seluruh parameter. Nilai kepentingan setiap parameter kesukaan ditentukan atas pertimbangan-pertimbangan yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Nilai dari setiap parameter kesukaan diurutkan berdasarkan ranking terbaik. Oleh karena parameter

kesukaan yang dianalisa untuk penilaian kepentingan berjumlah 14 maka untuk peringkat pertama diberi nilai 14, terbaik kedua diberi nilai 13 dan seterusnya sampai peringkat terendah diberi nilai 1. Pemberian nilai peringkat penting karena pembobotan tidak dapat dilakukan hanya dengan mengalikan nilai hasil analisis dengan bobot. Nilai total akhir diperoleh dari akumulasi perkalian antara nilai peringkat dikalikan dengan bobot setiap parameter kesukaan. Nilai total selanjutnya diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil dan nilai terbesar merupakan perlakuan dengan ranking tertinggi.

Berdasarkan hasil pembobotan secara subyektif maka diperoleh konsentrat protein terbaik dari kombinasi perlakuan A2B5 yaitu konsentrat protein ampas tahu yang dihasilkan dari proses ekstraksi dengan suhu 50°C dan pH 10, karena memiliki nilai total paling besar yaitu 7,1 dengan ranking I. Namun nilai tersebut tidak jauh dengan konsentrat terbaik kedua (ranking II) yaitu yang berasal dari proses ekstraksi dengan suhu 25°C dan pH 9 (A1B3) yaitu dengan nilai total 7.

KESIMPULAN

1. Dilihat dari segi warna, persentase *recovery* dan kadar protein, konsentrat protein dari ampas tahu basah sebagai bahan baku untuk isolasi protein lebih baik dari ampas tahu kering. Selain itu untuk memproses ampas tahu kering membutuhkan waktu dan biaya tambahan. Karena itu dalam penelitian ini digunakan ampas tahu basah.
2. Rendemen, persentase *recovery* dan kadar protein dari konsentrat protein yang dihasilkan sangat rendah. Suhu berpengaruh terhadap rendemen, sedangkan persentase *recovery* dan kadar protein dipengaruhi oleh suhu maupun pH yang digunakan dalam proses isolasi. Suhu ekstraksi 50°C memberikan rendemen, persentase *recovery* dan kadar protein yang lebih tinggi daripada suhu 25°C, begitu pula dengan nilai pH, semakin tinggi pH, persentase *recovery* dan kadar protein menjadi lebih tinggi.
3. Karakteristik fisik dan kimia (warna, kadar air, lemak, abu dan karbohidrat) dari konsentrat protein yang dihasilkan pada umumnya dipengaruhi oleh suhu dan pH ekstraksi, kecuali warna. Untuk kebanyakan sifat fungsional (Daya Serap Air, Daya Serap Lemak, Kapasitas Emulsi, Stabilitas Emulsi, Kapasitas Busa, Stabilitas Busa dan Kelarutan Protein) perbedaan suhu ekstraksi sangat mempengaruhi karakteristik konsentrat protein ampas tahu yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu ekstraksi semakin baik sifat fungsional konsentrat yang dihasilkan. Sedangkan perbedaan pH ekstraksi hanya mempengaruhi

beberapa sifat-sifat fungsional konsentrat protein seperti daya serap lemak, kapasitas emulsi dan kapasitas busa. Sifat fungsional dari konsentrat protein yang dihasilkan dari ampas tahu, sebagian besar hampir sama dengan konsentrat dan isolat protein dari kedelai yang dihasilkan oleh peneliti terdahulu.

4. Hasil pembobotan menunjukkan perlakuan dengan suhu ekstraksi 50°C dan pH 10 merupakan kombinasi perlakuan terbaik dengan rendemen 11,68%, recovery protein 25,85%, kadar protein 61,14%, kadar air 6,66%, kadar abu 2,74%, kadar lemak 31,9%, total karbohidrat 4,26%, daya serap air 3,38 g air/g protein, daya serap lemak 3,79 g lemak terserap/g protein, kapasitas emulsi 61,2%, stabilitas emulsi 69,60%, kapasitas busa 15,71%, stabilitas busa 55,28%, kelarutan tertinggi pada pH 12 yaitu 89,14%, dan warna (nilai kecerahan = L) sebesar 58,58.

DAFTAR PUSTAKA

- Anglemier and Montgomery. 1976. *Di dalam* Suhaidi, I. 2003. Pengaruh Lama Perendaman Kedelai dan Jenis Zat Penggumpal Terhadap Mutu Tahu. Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id/download/fp/tekper/ismet%20suhaidi2.pdf>.
- Anon, M. Cristina, Delia A. Sorgentini, and Jorge R. Wagner. 2001. Relationships between different hydration properties of commercial and laboratory soybean isolates. *J. Agric. Food. Chem* 49:4852-4858.
- Anonymous. 2005. Kedelai. <http://www.bi.go.id/sipuk/lm/ind/kedelai/pendahuluan.htm>.
- Anonymous. 1981. Laporan Studi Pengembangan Pengolahan Limbah Tahu. Kerjasama Fateta-IPB dengan BIBIK, Departemen Perindustrian, Bogor.
- Anonymous. 1979. Kodeks Makanan Indonesia Tentang Bahan Makanan Tambahan. Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Askadarini, W. R. 2004. Mempelajari Karakteristik Hidrolisat Protein Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata*). Skripsi, Fateta-IPB, Bogor.
- Bian, Y, Deland J. Myers, Kalyani Dias, Makuba A. Lihono, Shaowen Wu, and Patricia A. Murphy. 2003. Functional properties of soy protein fraction produced using a pilot plant-scale process. *J. Am. Chem. Soc.* 80: 545-549.
- Cheptel, J. C. and J. L. Cuq. 1985. Amino Acids, Peptides, and Proteins. *Di dalam* Zakaria, R. F. dan Suciono. 1996. Isolasi dan Karakterisasi Protein Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) dan Kacang Tolo (*Vigna unguiculata*) Lokal serta Pengujian Sifat Antigeniknya Sebelum dan Sesudah Fermentasi Asam Laktat. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan, Fateta-IPB, Bogor.* Vol VII, No 2 :1-8.
- Demam, J. M. 1997. *Kimia Makanan.* hal. 103-113. ITB, Bandung.
- Franzen, K.L. and Kinsella, J.E. 1976. Functional properties of succinylated soy protein. *J. Agric. Food. Chem.* 24: 788.
- Heywood, A. A., D. J. Myers, T. B. Bailey and L. A. Johnson. 2002. Functional properties of low-fat soy flour produced by an extrusion-expelling system. *J. Am. Oil Chem. Soc.* Vol.79: 1249-1253.
- Kabirullah, M. and R.B.H. Wills. 1982. Functional properties of sunflowers protein following partial hydrolysis with protease. *Libensm-Wiss.*
- Kinsella, J. E. 1979. Functional Properties of Soy Proteins. *Di dalam* Muchtadi, T. R (ed.). 1989. *Teknologi Proses Pengolahan Pangan.* Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Kinsella, J. E. 1979. Relationship Between Structure and Functional Properties of Food Proteins. *Di dalam* Food Proteins. Edited by P. F. Fox and J. J. Condon. 1982. Applied Science Publishers, London dan Newyork.
- Koswara, S. 1992. *Teknologi Pengolahan Kedelai.* Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Lee, K. H, H. S. Ryu, and K. C. Rhee. 2003. Protein solubility characteristics of commercial soy protein product. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80:1093-1099.
- Lin, N.Y., G.S. Humbert and F.W. Sosulski. 1974. Certain functional properties of sunflower meal roducts. *J. Food Sci.* 39:369.
- Ma'arif, M.S. dan H. Tandjung. 2003. *Teknik-teknik Kuantitatif untuk Manajemen.* PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Natarajan, K. R. 1980. Peanuts Protein Ingredients, Preparation, Poperties, and Food. *Di dalam* Chiechester, O. O. (ed), *Advances in Food Research.* Vol 26. Academic Pres, New York, London, Toronto, Sydney, San Francisco.
- Sathe, S.K. and D.K. Salunke. 1981. Functional properties of the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. *J. Food. Sci.* 46:82.
- SNI 01-2891-1992. 1992. Uji Makanan dan Minuman. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Swamynglippa, B. and H. Srinivas. 1994. Preparation and properties of protein isolate from hexane-acetic acid treated commercial soybean meal. *J. Agric. Food. Chem.* 42:2907-2911.
- Sze-Tao, K. W. C. and S. K. Sathe. 2000. Functional properties and in vitro digestibility of almond (*Prunus dulcis* L) protein isolate. *Food Chemistry* 69: 153-160.
- Thanh, V. H. dan K. Shibasaki. 1976. Mayor Protein of Soybean Seeds, A Straigh Forward Fractionation and Their Characterization. *Di dalam* Zakaria, R. F. dan Suciono. 1996. Isolasi dan Karakterisasi Protein Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) dan Kacang Tolo (*Vigna unguiculata*) Lokal serta Pengujian Sifat Antigeniknya Sebelum dan Sesudah Fermentasi Asam Laktat. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan, Fateta-IPB, Bogor.* Vol VII, No 2 :1-8.
- Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi,* PT. Gramedia, Jakarta. Hal:41-43.
- Zakaria, R. F. dan Suciono. 1996. Isolasi dan karakterisasi protein kacang merah (*Phaseolus vulgaris*) dan kacang tolo (*Vigna unguiculata*) lokal serta pengujian sifat antigeniknya sebelum dan sesudah fermentasi asam laktat. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan, Fateta-IPB, Bogor.* VII (2) :1-8.
- Zayas, F. J. 1997. *Functionality of Proteins in Food.* Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York.