

KAJIAN SIFAT FISIKOKIMIA DAN ORGANOLEPTIK HIDROLISAT TEMPE HASIL HIDROLISIS PROTEASE

[Study on physicochemical and organoleptic
properties of tempeh hydrolysate produced by protease]

Achmad Subagio ¹⁾, Siti Hartanti ¹⁾, Wiwik Siti Windrati ¹⁾, Unus ¹⁾,
Mukhammad Fauzi ¹⁾, dan Bambang Herry ¹⁾

¹⁾ Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian,
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jl. Kalimantan I Jember Jawa Timur 68121

ABSTRACT

Physicochemical and organoleptic properties of tempeh hydrolysate produced by protease were studied. The tempeh hydrolysate had different properties comparing with those of the unhydrolyzed tempeh powder. Hydrolysis of the tempeh protein could lower the antioxidant activity. According, the TBA value increased significantly when the tempeh was hydrolyzed by protease. This process also promoted Maillard reaction, resulting in a more brown color than that of the unhydrolyzed tempeh powder. Moreover, the tempeh hydrolysate had a better protein solubility, and a higher index of umami taste by organoleptic evaluation.

Key words: *Hydrolysate, maillard, protease, protein solubility, tempeh and umami*

PENDAHULUAN

Tempe merupakan makanan tradisional Indonesia yang dikonsumsi oleh hampir semua lapisan masyarakat, dengan konsumsi rata-rata pertahun 5,2 kg/kapita. Tempe mengandung komponen-komponen gizi yang tinggi, seperti protein dan vitamin B₁₂ (Kasmidjo, 1996). Bahkan tempe diketahui mengandung senyawa antioksidan yang diidentifikasi sebagai isoflavan, yakni *daidzein*, *genistein*, *glisitein* dan faktor-2 (6, 7, 4' trihidroksi isoflavan). serta 3-*hydroxyanthranilic acid* (Esaki et al., 1996). Senyawa-senyawa ini diyakini mempunyai peranan dalam meredam aktifitas radikal bebas, sehingga bermanfaat bagi pencegahan kanker seperti halnya karotenoid (Subagio dan Morita, 2000), vitamin E dan vitamin C.

Namun demikian, tempe pada umumnya mempunyai keterbatasan dalam hal waktu penyimpanan yang pendek, ukuran yang besar dan ketersediaan yang terbatas dalam suatu daerah tertentu, serta rasa khas yang terkadang tidak disukai oleh sebagian orang. Salah satu alternatif pemecahan dari keterbatasan ini adalah dengan membuat tepung tempe (Subagio et al., 2001a) dan hidrolisat tempe. Dibandingkan dengan tepung tempe, hidrolisat tempe diduga dapat menutupi kelemahan-kelemahan tepung tempe dalam hal cita rasa. Dengan menggunakan protease, protein tempe dihidrolisis menghasilkan asam-asam amino, dan berbagai ragam peptida. Produk hidrolisis ini dapat menjadi sumber dari

bahan-bahan pembangkit cita rasa gurih (Maga, 1998), sehingga dapat menutupi *after taste* tempe. Bahkan, terbentuknya senyawa-senyawa tersebut yang mampu menjadi flavor enhancer, menjadikan hidrolisat tempe berpotensi sebagai alternatif bumbu penyedap masakan selain monosodium glutamat (MSG) yang kontroversial akan keamanannya bagi kesehatan.

Selanjutnya, dengan bentuk keringnya, hidrolisat tempe diharapkan mempunyai umur simpan yang relatif tinggi dan praktis, sehingga dapat menembus batasan ruang dan waktu menjadi lebih luas. Ini berarti akan membuat peluang lebih besar bagi pemanfaatan tempe dalam berbagai macam produk olahan, seperti: sup tempe, makanan bayi, biskuit, dan suplementasi bagi produk lainnya untuk memperkaya zat gizi atau nilai fungsionalnya. Untuk itu diperlukan penelitian tentang sifat fisikokimia, organoleptik dan fungsional hidrolisat dari tempe oleh enzim protease.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa tempe yang diproduksi oleh Ny. Tyas Kreongan Jember, sedangkan garam, gula dan dekstrin didapatkan dari pasar lokal. Enzim protease yang digunakan adalah *Flavourzyme™* (Novo Nordisk, Denmark). Enzim ini merupakan protease dan peptidase kompleks yang

diproduksi oleh *Aspergillus oryzae* yang beraktivitas endo dan exopeptidase, khusus digunakan untuk mengurangi rasa pahit pada produk hidrolisis dan mempunyai pH optimum 7-8 dan suhu optimum 55°C (Anonim, 1997). Bahan-bahan kimia lainnya adalah pro-analysis yang didapatkan dari Merck (Germany).

Metode

Pembuatan hidrolisat dari tempe

Hidrolisat dari tempe dibuat dengan cara menghidrolisis tempe menggunakan enzim protease Flavourzyme™. Tempe (100 g) ditimbang, dan dikukus selama 10 – 15 menit. Tempe yang sudah dikukus kemudian dihaluskan dengan cara diblendor dengan ditambah air 150 ml. Selanjutnya ditambah Flavourzyme™ sebanyak 0,5 g yang dilarutkan dalam air 50 ml. Selanjutnya campuran tersebut diinkubasi pada suhu 55°C pada *water bath* dengan pengadukan selama 1, 1,5 dan 2,5 jam. Setelah selesai inkubasi, protein terlarut dari sampel dianalisa menggunakan metode Lowry (Waterborg dan Matthews, 1995), dan total padatan dengan refraktometer (Atago, Jepang). Tempe yang telah terhidrolisis kemudian dipanaskan dengan menambahkan dekstrin dan garam NaCl (masing-masing 0,5 g). Bahan yang telah kental tersebut kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 48 jam. Selanjutnya ditepungkan dan diayak 80 mesh. Perlakuan tanpa hidrolisis dibuat dengan prosedur yang sama, tetapi tanpa diinkubasikan (perlakuan 0 jam).

Penentuan Kadar Air

Kadar air bahan dianalisa dengan menggunakan metode oven. Bahan sebanyak 2 g ditimbang dalam botol timbang, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai beratnya konstan. Pengurangan berat merupakan banyaknya air dalam bahan.

Penentuan Tingkat Ketengikan

Tingkat ketengikan bahan dianalisa menggunakan *2-thiobarbituric acid* (TBA) (Subagio et al., 2001). Sebelum penentuan ketengikan dilaksanakan terlebih dahulu dibuat reagen TBA sebagai berikut: 15 gram *trichloroacetic acid* dilarutkan dengan aquadest sambil diaduk atau distirer kemudian ditambahkan 0,375 gram TBA dan 25 ml HCl 37%. Selanjutnya ditera hingga 100 ml dengan aquadest. Penentuan ketengikan dilakukan dengan cara 0,1 gram sampel dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan 1 ml reagen TBA. Kemudian dipanaskan dalam air mendidih selama ± 15 menit. Setelah dingin ditambahkan 1 ml isobutanol dan ditera volumenya menjadi 5 ml dengan etanol. Setelah divortek dan disentrifus pada 5000 rpm

selama 5 menit, supernatan ditera pada panjang gelombang 535 nm menggunakan spectronic 21D Milton Roy, sedangkan blangko dibuat dengan cara yang sama tetapi tanpa sampel. Nilai TBA yang dinyatakan dengan banyaknya malonaldehyde (MDA) pada bahan dihitung berdasarkan *molar extinction coefficient* $1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Penentuan Produk Reaksi Maillard

Jumlah relatif produk reaksi Maillard dianalisis menggunakan metode absorbansi (Hofmann et al., 1999). Sampel sebanyak 1 gram disuspensikan kedalam 5 ml aquades, kemudian divortek selama 3 menit. Kemudian sampel disentrifus pada 3000 rpm selama 5 menit. Supernatan ditera absorbannya pada panjang gelombang 420 nm, dan produk reaksi maillard dinyatakan dalam absorbansi unit (AU).

Penentuan Daya Antioksidan

Penentuan daya antioksidan ini menggunakan metode DPPH (Subagio dan Morita, 2001). Sampel (0,1 g) disuspensikan dengan 20 ml etanol dalam erlenmeyer dan distirer selama ± 10 menit. Selanjutnya disentrifus dengan kecepatan 5000 rpm selama 5 menit. Kemudian diambil 1 ml filtrat ditambah 0,5 ml reagen DPPH ($4 \times 10^{-4} \text{ M}$) dan didiamkan selama 20 menit setelah ditambahkan etanol sampai volume 5 ml. Absorbansi segera ditera pada panjang gelombang 517 nm. Blangko dibuat dengan cara yang sama tetapi tanpa sampel. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam jumlah DPPH radikal (mmol) yang berkurang jumlahnya akibat di-*quenching* oleh sampel (gram), dan dihitung berdasarkan pengurangan absorbansi yang disebabkan oleh sampel.

Penentuan Kelarutan Protein

Kelarutan protein dari hidrolisat ditentukan pada kisaran pH 2 – 8. Sampel (5 g) ditambah 100 ml buffer dengan pH yang telah ditentukan, dan distirer selama 5 menit, kemudian disentrifus selama 5 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Kadar protein pada supernatan ditentukan dengan metode Lowry (Waterborg dan Matthews, 1995). Kelarutan protein dihitung dengan cara membandingkan protein yang melarut dalam supernatan dengan total protein dalam sampel untuk setiap satuan berat yang dilarutkan.

Penentuan Warna

Penentuan warna dilakukan menggunakan sistem $L^*a^*b^*$ (*CIE Lab. color scale*) dengan menggunakan *Color Reader CR-100* (Minolta, Jepang), dengan lima kali ulangan tiap sampel (Subagio dan Morita, 1997). Sebelum digunakan alat ini dikalibrasi dengan menggunakan standar

Barium Chloride yang mempunyai nilai $L^* = 100$, $a^* = 0$ dan $b^* = 0$.

Uji Organoleptik

Uji organoleptik ini menggunakan uji mutu deskriptif (Larmond, 1978) yang meliputi warna, aroma dan rasa, oleh 12 orang panelis agak terlatih. Enol menunjukkan nilai mutu yang sangat jelek dan 10 menunjukkan nilai mutu yang sangat baik.

Analisa Data

Pengolahan data dilakukan menggunakan metode deskriptif (Suharsini, 1993). Data hasil penelitian dari 3 kali ulangan dijumlahkan, dirata-rata dan dicari standar deviasinya, kemudian diklasifikasikan sehingga merupakan suatu susunan urutan data. Selanjutnya dibuat tabel atau untuk mempermudah memahami hasil penelitian dibuat grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Protein Terlarut dan Padatan Total Terlarut

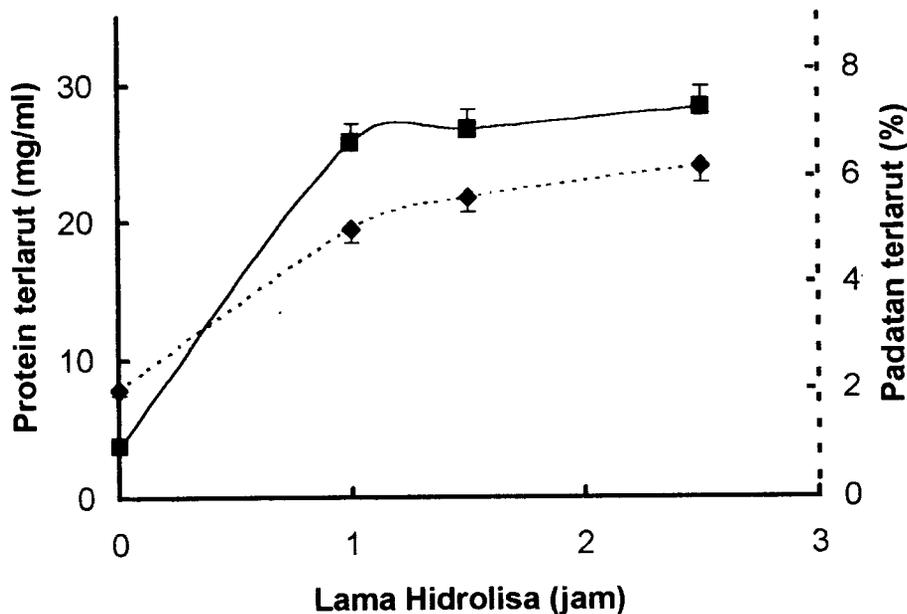
Untuk mengontrol kerja enzim protease pada hidrolisat tempe, dilakukan pengamatan jumlah protein terlarut dan padatan total terlarut. Pengamatan dilakukan

setelah bahan dihidrolisis dengan waktu yang telah ditentukan. Selama proses hidrolisis, jumlah protein terlarut dari sampel mengalami peningkatan yang cukup berarti, seperti terlihat pada Gambar 1.

Demikian pula kandungan padatan total terlarut juga mengalami kenaikan. Kenaikan protein dan padatan total terlarut ini disebabkan karena proses hidrolisis akan mengurangi berat molekul protein dan memperbanyak jumlah dari gugusan polar (Nielsen, 1997). Namun demikian, kenaikan protein dan padatan terlarut ini akan mencapai maksimal setelah 1,5 jam. Diduga pada saat itu, enzim bekerja pada substrat yang sudah terlarut sehingga jumlah protein terlarut tidak bertambah, dan/atau hidrolisis yang berlanjut akan menyebabkan bagian hidrophobik dari protein terekspos sehingga kelarutan akan menurun (Vojdani dan Whitaker, 1994).

Kadar Air Hidrolisat Tempe

Kadar air hidrolisat tempe yang diperoleh dari berbagai lama hidrolisis menunjukkan kecenderungan sama dengan kisaran antara 7,49% sampai dengan 8,29% (Tabel 1). Perbedaan yang ada mungkin hanya disebabkan oleh ketebalan bahan yang tidak merata sehingga transfer panas menjadi tidak sama pada saat pengeringan.



Gambar 1. Perubahan protein terlarut (■) dan total padatan terlarut (◆) dari tempe selama proses hidrolisis dengan protease.

Tabel 1. Pengaruh lama hidrolisa pada karakteristik kimiawi hidrolisat tempe

Lama Hidrolisa (Jam)	Kadar Air (%)	TBA Value (mmol/kg)	Produk Maillard (AU)
0 (Tanpa Hidrolisis)	7,49 ± 0,56	0,073 ± 0,003	1,035 ± 0,052
1	8,29 ± 0,38	0,088 ± 0,002	1,075 ± 0,053
1,5	7,97 ± 0,40	0,094 ± 0,003	1,106 ± 0,055
2,5	8,02 ± 0,30	0,097 ± 0,001	1,335 ± 0,065

Tingkat Ketengikan

Tingkat ketengikan hidrolisat tempe, yang ditunjukkan oleh nilai TBA, untuk sampel tanpa hidrolisis yaitu 0,073 mmol/kg, sedangkan sampel dihidrolisis 2,5 jam yaitu 0,97 mmol/kg (Tabel 1). Ini berarti waktu hidrolisis yang lebih lama akan meningkatkan nilai ketengikan

Kenaikan nilai ketengikan ini mungkin disebabkan karena proses hidrolisis mendorong terbukanya selubung-selubung minyak, yang kemudian menyebabkan minyak akan terekspos sehingga mudah mengalami oksidasi. Disamping itu, dengan adanya proses hidrolisis oleh enzim protease akan terjadi penguraian protein yang menghasilkan polipeptida rantai pendek dan asam amino sehingga protein yang dalam bentuk awal bisa berfungsi sebagai antioksidan tidak dapat menghambat proses oksidasi pada hidrolisat tempe (lihat hasil analisis daya antioksidan).

Produk Reaksi Maillard

Reaksi maillard terjadi antara gula pereduksi dengan gugus amina primer. Gugus amina ini diperoleh dari hasil pemecahan protein yang ada secara alami pada bahan. Dengan adanya kedua faktor yang mendukung terjadinya reaksi maillard tersebut, semakin lama waktu hidrolisis maka produk maillard yang dihasilkan semakin tinggi.

Nilai absorbansi produk reaksi Maillard dari hidrolisat tempe dengan waktu hidrolisis 0 jam sampai dengan 2,5 jam yaitu berkisar antara 1,035 sampai dengan 1,335 (Tabel 1). Terjadi kenaikan absorbansi seiring dengan semakin lamanya waktu hidrolisis. Dengan semakin tinggi absorbansi berarti produk reaksi Maillard semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya protein yang terpecah menjadi asam amino dan bereaksi dengan gula pereduksi yang pada akhirnya memperbanyak produk Maillard yang dihasilkan, ketika hidrolisat tempe dikeringkan.

Daya Antioksidan

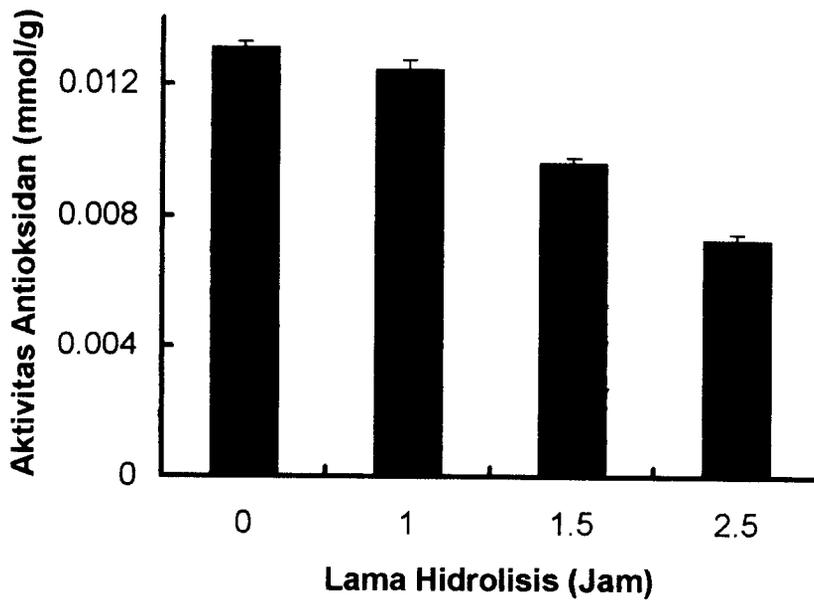
Aktivitas antioksidan yang diperoleh dari hasil penelitian pada bahan hidrolisat tempe yaitu sebesar 0,0073 mmol/g sampel sampai dengan 0,0131 mmol/g

sampel (Gambar 2). Aktivitas antioksidan pada hidrolisat tempe turun dengan semakin bertambahnya waktu hidrolisis. Penurunan ini kemungkinan disebabkan karena proses hidrolisis akan menguraikan peptida-peptida yang mempunyai kemampuan sebagai *synergist* ataupun sebagai antioksidan primer (Levine, et al., 1996), sehingga kemampuan tersebut hilang. Dengan demikian, perlakuan tanpa hidrolisis mempunyai aktivitas antioksidan paling tinggi yaitu 0,0131 mmol/ g sampel, karena tidak adanya aktivitas enzim yang menghidrolisis protein yang mempunyai kemampuan menghambat laju oksidasi.

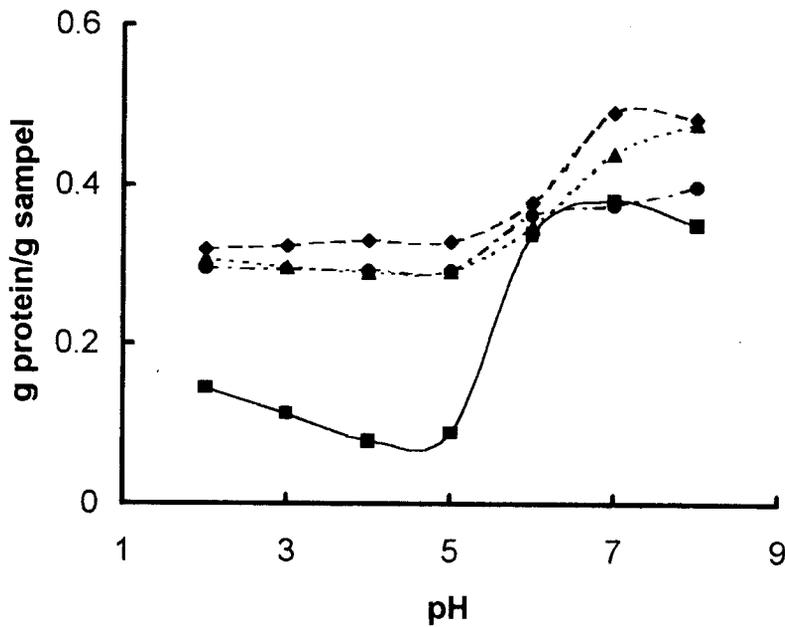
Kelarutan Protein

Seiring dengan kenaikan padatan total terlarut pada hidrolisat tempe, juga terjadi kenaikan pada kelarutan proteinnya. Hasil penelitian yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3. Kelarutan protein pada sampel tanpa hidrolisis menurun dari pH 2 sampai pH 4 dengan kelarutan protein terkecil yaitu sebesar 0,08 g protein/g sampel pada pH 4. Hal ini diduga terjadinya titik isoelektris dimana pada keadaan ini protein dalam bentuk ion dipolar atau dalam bentuk ion zwitter sehingga sulit larut dalam air. Diatas pH isoelektris ini terjadi kenaikan kelarutan protein. Protein terlarut terbesar pada kondisi pH 7 yaitu sebesar 0,38 g protein/g sampel.

Secara umum terjadi perbedaan yang sangat mencolok antara kelarutan protein tanpa hidrolisis dengan protein terlarut hidrolisat tempe. Dengan adanya proses hidrolisis terjadi peningkatan kelarutan protein. Kelarutan protein terbesar terdapat pada waktu hidrolisis 1 jam dengan pH 7 yaitu sebesar 0,49 g protein/g sampel, dan mengalami penurunan kelarutan apabila waktu hidrolisis diperpanjang menjadi 1,5 dan 2,5 jam (Gambar 3). Hal ini disebabkan adanya kerja enzim protease selama hidrolisis yang memecah ikatan-ikatan yang ada pada protein menjadi tidak kompak dan berat molekulnya menjadi rendah sehingga mudah larut dalam air. Namun hidrolisis berkelanjutan dapat mengekspos peptida hidrophobik yang biasanya sebagai protein interior, sehingga menurunkan kelarutannya (Vojdani dan Whitaker, 1994)



Gambar 2. Pengaruh lama hidrolisis terhadap aktivitas antioksidan dari hidrolisat tempe.



Gambar 3. Kelarutan protein dari hidrolisat tempe pada berbagai lama hidrolisis (■: 0 jam; ◆: 1 jam; ▲: 1,5 jam; ●: 2,5 jam).

Kelarutan protein terkecil masing-masing waktu hidrolisis terjadi pada kondisi keasaman (pH) yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan titik isoelektris tiap hidrolisat tempe berbeda. Pada hidrolisat tempe dengan waktu hidrolisis 1 jam dan 2,5 jam terdapat pada pH 2 sedangkan pada hidrolisat tempe dengan waktu hidrolisis 1,5 jam terdapat pH 4. Pergeseran titik isoelektrik ini membuktikan adanya perubahan struktur protein akibat hidrolisis.

Warna

Nilai rata-rata warna hidrolisat tempe dengan Color Reader ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai L* yang berkaitan dengan kecerahan warna, berkisar antara 79,8 sampai dengan 90,1. Hidrolisat tempe pada perlakuan hidrolisis 0 jam mempunyai nilai L* paling tinggi, hal ini menunjukkan bahwa warna tepung tempe pada perlakuan hidrolisis 0 jam mempunyai warna paling cerah. Warna cerah ini dapat dipertahankan karena tidak terjadi proses hidrolisis protein, sehingga pencoklatan yang disebabkan oleh reaksi Maillard tidak berlangsung secara intensif. Sedangkan pada perlakuan hidrolisis menghasilkan warna yang lebih gelap. Hal ini terjadi karena pada saat proses hidrolisis terjadi pemutusan ikatan peptida oleh enzim protease menghasilkan gugus amina yang merupakan bahan reaksi Maillard, dimana pada keadaan ini gugus amina protein bereaksi dengan gugus aldehid atau keton dari gula pereduksi sehingga menghasilkan warna coklat.

yang dihasilkan dari orange kekuningan menjadi kecoklatan.

Nilai W yang menunjukkan derajat keputihan juga berubah akibat hidrolisis. Pada perlakuan hidrolisis 0 jam memiliki derajat keputihan yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan hidrolisis. Semakin lama waktu hidrolisis maka derajat keputihannya akan semakin rendah. Pada hidrolisis 1,5 jam nilai W sebesar 84,9, hidrolisis 2 jam 83,2 dan hidrolisis 2,5 jam 78,7. Pada perlakuan hidrolisis 2,5 jam nilai W yang dihasilkan adalah paling rendah.

Aroma merupakan vividitas warna, dimana C*=0 berarti tidak berwarna dan semakin besar C* maka tingkat vividitasnya semakin tinggi. Dari semua perlakuan, hidrolisat tempe dengan perlakuan hidrolisis 2,5 jam mempunyai tingkat vividitas paling tinggi yaitu 16,22, perlakuan hidrolisis 1,5 jam 14,50, perlakuan hidrolisis 1 jam 13,98 dan perlakuan hidrolisis 0 jam mempunyai tingkat vividitas paling rendah yaitu 9,65.

Uji Organoleptik

Data mengenai kualitas warna, aroma dan rasa dapat dilihat pada Tabel 3. Dari tabel ini diketahui bahwa lama waktu tertentu, proses hidrolisis protein tempe ternyata meningkatkan mutu rasa dan aroma hidrolisat tempe yang dihasilkan, walaupun kualitas warna menurun. Untuk kualitas warna, panelis memberikan skor paling tinggi bagi hidrolisat tempe tanpa hidrolisis, sedangkan

Tabel 2. Warna Hidrolisat tempe dengan menggunakan Color Reader

Lama Hidrolisis (Jam)	L*	a*	b*	C*	W	H
0	90,1±0,2	1,6±0,5	9,5±0,8	9,7±0,8	89,7±0,2	80,7±2,4
1	85,8±0,9	4,0±0,3	13,4±0,2	14,0±0,1	84,9±0,9	74,1±1,4
1,5	84,1±0,3	4,3±0,1	13,9±0,6	14,5±0,4	83,2±0,3	72,8±0,2
2,5	79,8±0,7	6,0±0,3	15,1±0,2	16,2±0,1	78,7±0,7	68,4±1,0

Keterangan :

L* = Kecerahan warna, L* = 0, gelap dan L* = 100, cerah

a*, b* = Warna, a* (+) = merah, a* (-) = hijau, b* (+) = kuning, b* (-) = biru

C* = Croma, vividitas warna, C* = 0, tidak berwarna

H = Hue, sudut warna, 0° = warna merah, 90° = kuning, 180° = hijau, dan 270° = biru

W = Derajat keputihan

Dari Tabel 2 diketahui juga bahwa nilai rata-rata H (Hue), yang menunjukkan sudut warna, berkisar antara 68,4 sampai dengan 80,7. Sudut warna tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa hidrolisis yaitu sebesar 80,7, sedangkan sudut warna terendah terdapat pada perlakuan hidrolisis 2,5 jam. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrolisis menyebabkan pergeseran warna hidrolisat tempe

untuk rasa dan aroma, hidrolisat tempe dengan perlakuan hidrolisis 1 jam mempunyai mutu yang paling tinggi.

Dibandingkan dengan kontrol, hidrolisat 1 jam ini mempunyai rasa gurih, dan rasa tidak langu yang lebih baik, serta rasa tidak getir, pahit dan after taste yang relatif sama (Gambar 4). Untuk perlakuan hidrolisis 1,5 dan 2,5 jam baik warna, aroma maupun rasa mempunyai skor mutu

yang rendah. Hidrolisat tersebut mempunyai warna yang agak gelap dengan kualitas rasa yang rendah karena rasa langu, rasa pahit, rasa getir dan aftertastanya sangat kuat

Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrolisis pada taraf tertentu akan menghasilkan peptida-peptida pendek yang mempunyai rasa gurih. Namun, apabila derajat hidrolisis mencapai kondisi dimana hidrophobik peptida menjadi terekspos akan menimbulkan rasa pahit (Nielsen, 1997).

KESIMPULAN

Proses hidrolisis enzimatis dengan protease dapat mengubah sifat fisikokimia, organoleptik dan fungsional pada tepung hidrolisat tempe. Nilai ketengikan mengalami kenaikan dengan semakin lamanya waktu hidrolisis. Dan seiring dengan itu daya antioksidan juga menurun. Warna hidrolisat tempe lebih coklat jika dibandingkan dengan kontrol. Hal ini bertautan dengan jumlah produk maillard yang meningkat tajam sewaktu tempe mengalami hidrolisis. Hidrolisis menyebabkan kelarutan protein meningkat tajam, walaupun akan mengalami penurunan jika hidrolisis dilanjutkan. Proses hidrolisis dalam taraf tertentu dapat pula memperbaiki mutu organoleptik hidrolisat tempe dengan munculnya rasa gurih, walaupun hidrolisis yang berkelanjutan dapat juga memacu timbulnya rasa pahit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997.** Hydrolysate of Protein. Google.com.
- Esaki, H., Onosaki, H., Kawasaki, S., dan Oeawa, T., 1996.** New Antioxidant Isolated From Tempeh, J., Agriculture Food Chemistry, 44: 696-700.
- Hofmann, T., Bors, W., dan Stettmaier, K. 1999.** Studies on Radical Intermediates in The Early Stage of The Nonenzymatic Browning Reaction of Carbohydrates and Amino Acids, J. Agric. Food Chem. 47:379-390.
- Kasmidjo, R., 1996.** Tempe, Mikrobiologi dan Biokimia Pengolahan serta Pemanfaatan, PAU Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta.
- Larmond, E., 1978.** Laboratory Methods for Sensory Evaluation of Food, Food Research Institute, Ottawa.
- Levine, R. L., Masani, L., Berlett, B. S. dan Stadtman, E. R., 1996.** Methionine Residue as Endogenous Antioxidants in Protein. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 93 : 15036-15040.
- Maga, J.A., 1998.** Umami Flavor of Meat. Di dalam Flavor of Meat, Meat Products and Seafood. F. Shahidi. Blackie Academic and Professional, London. pp: 197-215.
- Nielsen, P. M., 1997.** Functionality of protein Hydrolysates. Di dalam Food Proteins and Their Applications, S. Damodaran, dan A. Paraf. Marcel Dekker, New York. pp: 443-472.
- Suharsini, A., 1993,** Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek, Rineka Cipta, Jakarta.
- Subagio, A., dan Morita, N., 1997.** Changes in Carotenoids and Their Fatty Acid Esters in Banana Peel during Ripening. Food Sci. Technol., Int., Tokyo. 3 (3):264-268.
- Subagio, A., dan Morita, N., 2001.** No Effect of Esterification with Fatty Acid on Antioxidant Activity of Lutein. Food Res. Int., 34:315-320.
- Subagio, A., Susijahadi, Witono, Y., Giyarto, Fitrati, I. dan Utami, W. A. H., 2001a.** Sifat Fisiko-kimia, Fungsional dan Organoleptik Tepung Tempe. Proseding Seminar PATPI 2001, Semarang.
- Subagio, A., Shigemura, Y. dan Morita, N., 2001b.** Color Stability and Lipid Oxidation of a Dried Food Model to Which Carotenoids Have Been Added. Food Sci. Technol., Int., Tokyo. 7 (3):231-234.
- Vojdani, F. dan Whitaker J. R., 1994.** Chemical and Enzymatic Modification of Protein for Improved Functionality. Di dalam Protein Functionality in Food Systems. N. S. Hettiarachchy dan Ziegler G. R. Marcel Dekker Inc. New York. pp: 261-307.
- Waterborg, J. H. dan Matthews, H. R. 1996.** The Lowry Method for Protein Quantitation. Di dalam The Protein Proteocols Handbook. J. M. Walker. Humana Press Inc. Totowa. pp:7-9.