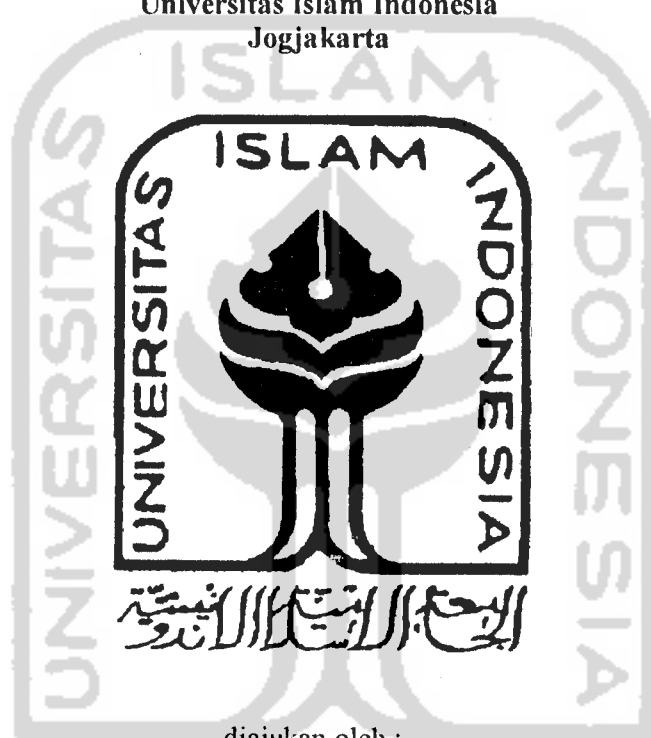


**PENENTUAN KADAR PROTEIN
PADA AMPAS TAHU DAN TEMPE GEMBUS
DENGAN METODE KEJDAHL CARA GUNNING**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



diajukan oleh :

SUWARTO
No Mhs : 99612083

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2004**

**PENENTUAN KADAR PROTEIN
PADA AMPAS TAHU DAN TEMPE GEMBUS
DENGAN METODE KEJDAHIL CARA GUNNING**

SKRIPSI

diajukan oleh :

SUWARTO

No Mhs : 99612083

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 10 Januari 2009

Dewan Penguji

1. Drs. Allwar, M.Sc.
2. Tatang Shabur Julianto, S.Si.
3. Riyanto, M.Si
4. Dwiwarso Rubiyanto, S.Si

Tanda tangan



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



(Jaka Nugraha, M.Si.)

85

MOTTO dan PERSEMBAHAN

Kupersembahkan untuk Ummi dan Abiya Mush'ab yang tersayang yang selalu mendukung aktivitas ananda, kakak-kakakku dan adik-adikku tersayang. Jazakumullahu khairan katsiran

Sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku dan matiku semuanya bagi Allah, Rabb semesta alam (QS. Al An'am : 162)

Dari Abu Hurairah ra. Bahwasannya Rasulullah SAW. Bersabda : "Barang siapa menempuh jalan untuk menuntut ilmu, maka Allah memudahkan bagi orang itu karena ilmu tersebut jalan menuju surga." (HR. Muslim)

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, Yang telah melimpahkan serta memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dalam penyusunan Skripsi dengan judul "**PENENTUAN KADAR PROTEIN PADA AMPAS TAHU DAN TEMPE GEMBUS DENGAN METODE KEJDAILL CARA GUNNING**", dapat terselesaikan.

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Kami menyadari tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak maka penyusunan Skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik.

Seandainya dalam penyusunan Skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan dari penulis sebagai manusia biasa yang tidak luput dari berbagai kesalahan dan kekhilafan, penulis sangat berterimakasih kepada pembaca yang bersedia memberikan masukan baik itu berupa saran dan kritik yang bersifat membangun guna menjadikan Laporan Skripsi ini menjadi lebih baik lagi.

Akhirnya kami sangat berterima kasih kepada pihak – pihak yang membantu sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan, penulis menghaturkan rasa syukur dan rasa terima kasih ini kepada :

1. Allah SWT, Yang telah memberikan kesempatan dan atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya dan segala rizki yang telah diberikan kepada kami.
2. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan segenap curahan kasih sayangNya dan selalu membimbing kami dalam segala hal.
3. Jaka Nugraha, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
4. Riyanto, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta dan selaku dosen pembimbing I.
5. Dwjarso Rubiyanto, S.Si., juga selaku dosen pembimbing II.
6. Is Fatimah, M.Si., selaku Kepala Laboratorium Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
7. Semua teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terima kasih atas bantuannya.

Harapan penulis semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi dunia pendidikan pada umumnya.

Amien Ya Rabbal A'lam.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Desember 2003

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pengesahan.....	i
Halaman Motto dan Persembahan.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Lampiran.....	x
Intisari.....	xi
Abstract.....	xii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1. Kandungan zat dalam kedelai.....	5
2.1.2. Industri tahu.....	7
2.1.3. Tempe.....	9
2.1.3.1. Perubahan kimia gizi tempe.....	11
2.1.3.2. Proses fermentasi tempe.....	12

2.1.3.3. Perubahan-perubahan yang terjadi selama fermentasi tempe.....	14
--	----

III. DASAR TEORI

3.1. Kedelai.....	17
3.1.1. Susunan morfologi kedelai.....	17
3.2 Protein.....	20
3.2.1. Struktur dan sifat protein.....	27
3.2.2. Penggolongan protein.....	32
3.2.3. Penentuan kadar protein.....	35
3.2.3.1. Tahap destruksi.....	36
3.2.3.2. Tahap distilasi.....	38
3.2.3.3. Tahap titrasi dan perhitungan kadar protein.....	39
3.3. Hipotesis Penelitian.....	40

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Alat dan Bahan.....	41
4.1.1. Bahan-bahan.....	41
4.1.2. Alat-alat.....	41
4.2. Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel.....	42
4.3. Cara Kerja.....	42
4.3.1. Pembuatan larutan standar HCl 0,15 N.....	42
4.3.2. Pembuatan larutan standar NaOH 0,1 N.....	42
4.3.3. Penentuan kadar protein pada ampas tahu.....	43
4.3.4. Penentuan kadar protein pada tempe gembus waktu	

umur 0; 48; 72; dan 96 jam.....44

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kadar Protein pada Ampas Tahu	45
5.2. Kadar Protein pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 0 Jam..	46
5.3. Kadar Protein pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 48 Jam.	47
5.4. Kadar Protein pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 72 Jam.	48
5.5. Kadar Protein pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 96 Jam.	49
5.6. Kandungan Protein pada Beberapa Bahan Makanan yang Terbuat dari kacang Kedelai.....	53

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan.....	55
6.2. Saran.....	55

Daftar Pustaka

Lampiran



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kadar protein, lemak, dan karbohidrat dalam biji kedelai (%)	5
Tabel 2. Kadar mineral kedelai dan produk kedelai (%).....	5
Tabel 3. Perbandingan komposisi kedelai dan tempe.....	15
Tabel 4. Asam Amino yang diperlukan tubuh manusia.....	22
Tabel 5. Kandungan protein beberapa makanan terpilih	29
Tabel 6. Kandungan asam amino beberapa makanan terpilih (mg/g Nitrogen total).....	30
Tabel 7. Asam amino esensial pembatas beberapa protein padi-padian....	32
Tabel 8. Faktor perkalian N beberapa bahan.....	39
Tabel 9. Kadar protein pada ampas tahu.....	45
Tabel 10. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 0 jam.....	46
Tabel 11. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 48 jam.....	47
Tabel 12. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 72 jam.....	48
Tabel 13. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 96 jam.....	49
Tabel 14. Kandungan protein pada beberapa bahan makanan yang terbuat dari kacang kedelai	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu fermentasi tempe dengan kadar protein..... 50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1. Standarisasi larutan HCl 0,15 N

Lampiran 1.2. Standarisasi larutan NaOH 0,1 N

Lampiran 1.3. Data titrasi blanko

Lampiran 1.4. Perhitungan kadar protein pada ampas tahu dan tempe gembus

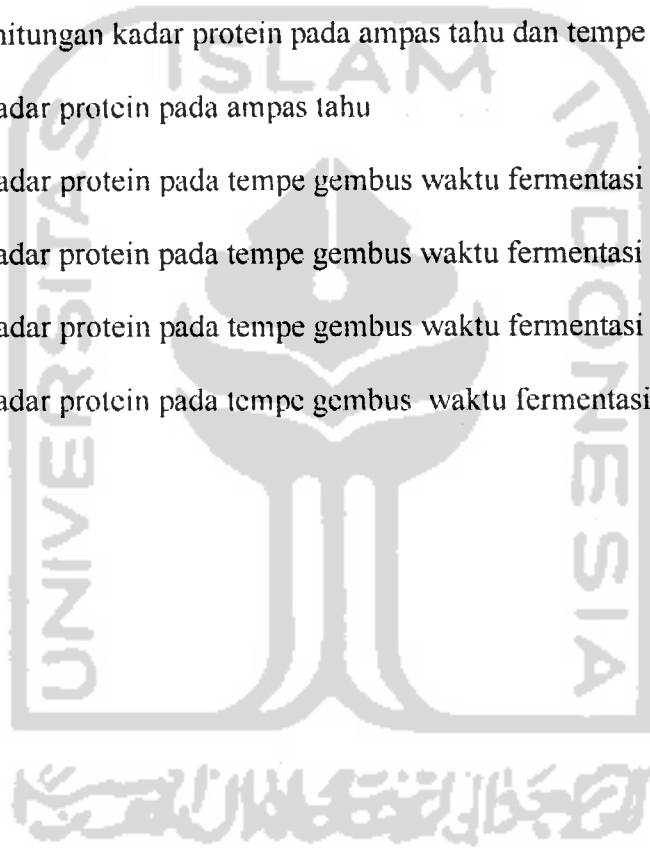
Lampiran 1.4.1. Kadar protein pada ampas tahu

Lampiran 1.4.2. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 0 jam

Lampiran 1.4.3. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 48 jam

Lampiran 1.4.4. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 72 jam

Lampiran 1.4.5. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 96 jam



PENENTUAN KADAR PROTEIN PADA AMPAS TAHU DAN TEMPE GEMBUS DENGAN METODE KEJDAHL CARA GUNNING

INTISARI

Suwarto
NIM : 99612083

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan kadar protein pada sampel ampas tahu serta produk olahannya ampas tahu (tempe gembus) dengan metode Kejdahl cara Gunning.

Penentuan kadar protein dengan metode Kejdahl dilakukan dalam tiga tahap yaitu ; tahap destruksi, tahap distilasi, dan tahap titrasi. Tahap destruksi menggunakan asam sulfat pekat (H_2SO_4) 96,5 % dengan menambahkan katalis $CuSO_4$ dan K_2SO_4 . Tahap yang kedua yaitu distilasi, larutan hasil destruksi didistilasi dengan penangkap HCl. Tahap terakhir yaitu titrasi, dimana sisa HCl yang tidak bereaksi dengan distilat dititrasi dengan NaOH.

Hasil penelitian pada sampel ampas tahu didapatkan kadar protein rata-rata sebesar 5,79 %, sedangkan kandungan protein yang terdapat dalam sampel produk olahan ampas tahu (tempe gembus) pada umur 0; 48; 72 dan 96 jam adalah 5,32; 6,00; 5,14 dan 3,22 %. Dari hasil, kandungan protein terbesar terdapat pada sampel waktu fermentasi tempe 48 jam.

Kata kunci : protein, ampas tahu, tempe gembus, destruksi Kejdahl

DETERMINATION OF PROTEIN CONCENTRATION FROM WASTE OF SOYBEAN CAKE AND FERMENTED WASTE SOYBEAN CAKE (*TEMPE GEMBUS*) USING KEJDAHL METHOD WITH THE WAY OF GUNNING

Abstract
by Suwanto
NIM : 99612083

The reseach about determination of protein concentration from waste of soybean cake and its artificial product (*tempe gembus*) using Kejdahl method with the way of Gunning had been conducted.

Determination of protein concentration using Kejdahl method conducted in three steps; destruction, distillation, and titration. The destruction step used absolute sulfuric acid (H_2SO_4) 96,5 % combined with catalisator of K_2SO_4 and $CuSO_4$. The distillation step was destilating the destructed yield solution with chlorid acid (HCl). The last step was titration that titrating the unreacted HCl residu with NaOH.

The waste of soybean cake produced protein concentration 5,79 %, besides the protein concentration in its artificial product (*tempe gembus*) at lifetime : 0; 48; 72 and 96 hours way 5,32; 6,00; 5,14; and 3,22 %. The result, show that the biggest protein concentration obtained at lifetime 48 hours.

Keyword : protein, waste of soy been cake, *tempe gembus*, Kejdahl method.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Protein merupakan makromolekul yang menjadi komponen utama dari makhluk hidup, terutama manusia dan binatang. Keberadaan protein dalam tubuh memberikan peranan yang sangat penting bagi proses kehidupan, diantaranya berfungsi sebagai penyusun sel-sel hidup, pengaturan proses metabolisme dalam tubuh bersama vitamin dan mineral. Dalam bentuk enzim protein akan mempercepat jalannya reaksi-reaksi kimiawi dalam tubuh. Protein juga dapat menghasilkan energi apabila cadangan makanan dalam tubuh sangat terbatas.

Begitu pentingnya protein dalam tubuh, maka perlu selalu diadakan penelitian terhadap bahan makanan berprotein. Hal ini dimaksudkan untuk mencari sumber bahan makanan yang mengandung protein yang berkualitas tinggi yang penting guna untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan protein. Selama ini bahan makanan berprotein dengan kualitas tinggi kebanyakan berasal dari protein hewani yang harganya relatif mahal. Untuk itu dibutuhkan alternatif lain guna untuk memenuhi keperluan tubuh akan protein, dengan harga murah dan terjangkau masyarakat kita yang rata-rata taraf perekonomiannya ada pada tingkat menengah ke bawah. Hal ini juga penting bagi orang-orang tertentu yang alergi terhadap protein hewani, seperti ikan, daging, dan telur. Diharapkan nantinya bahan alternatif tersebut mampu memberikan nilai tambah gizi yang tinggi. Namun sebelum suatu sumber bahan makanan digunakan sebagai sumber bahan makanan tambahan, ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan untuk

menilai besarnya nilai gizi yang terkandung dalam sumber bahan makanan tersebut. Protein yang merupakan salah satu faktor penting apakah sumber bahan makanan tersebut mengandung nilai gizi yang tinggi atautkah sumber bahan makanan tersebut layak dikatakan sebagai sumber protein.

Ampas tahu yang merupakan sisa dari proses pembuatan tahu banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tempe gembus. Banyak juga masyarakat yang memanfaatkan ampas tahu sebagai bahan dasar pembuatan tempe gembus. Ampas tahu diperoleh dari sisa limbah padat pembuatan tahu, yang mana tahu tersebut dibuat dengan menggunakan bahan dasar kacang kedelai. Tempe yang dibuat dari sisa pembuatan tahu (ampas tahu) atau orang Jawa bilang tempe gembus banyak disukai oleh sebagian masyarakat karena yang rasanya enak, tidak kalah bila dibandingkan dengan tempe yang dibuat dari kedelai secara langsung. Kebanyakan orang kebanyakan menganggap tempe gembus kurang mengandung nilai gizi yang cukup. Oleh karena itulah perlu dilakukan penelitian untuk menilai bahwa tempe gembus tersebut mempunyai nilai gizi. Salah satu parameter untuk menilai gizi suatu sumber bahan makanan mengandung nilai gizi adalah salah satunya kandungan proteinnya.

Untuk mengetahui kandungan protein dalam suatu bahan dapat diketahui dengan menghitung kadar nitrogen total yang terdapat dalam bahan. Metode yang sering digunakan untuk mengetahui kandungan protein adalah metode Kejdahl. Menurut Gunning setiap 1 gram katalis K_2SO_4 atau $CuSO_4$ ditambahkan akan menaikkan titik didih 3^0 C. Metode Kejdahl ini bila dibandingkan dengan metode lain lebih mudah pengoperasiannya tanpa menggunakan keahlian khusus. Karena,

dalam metode ini melalui tiga tahap; destruksi, distilasi, dan titrasi. Selain metode ini ada metode lain untuk menentukan kandungan protein dalam suatu bahan. Metode lain yang dapat digunakan misalnya; metode Lowry, metode Biuret, metode Spektrofotometer UV-Vis, HPLC, dan metode-metode yang lain.

1.2 Perumusan Masalah

Ampas tahu merupakan sisa dari limbah padat pembuatan tahu yang bahan dasarnya adalah kacang kedelai. Kacang kedelai sebelum menjadi tahu diambil atau diekstrak sari-sarinya yang kemudian dicetak menjadi gumpalan padat yang berwarna putih. Namun hasil ekstrak kacang kedelai tersebut menghasilkan limbah padat yang oleh sebagian orang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tempe (atau yang sering dikenal sebagai tempe gembus). Tempe tersebut yang rasanya enak sering dikonsumsi oleh sebagian masyarakat. Ampas tahu yang merupakan sisa dari pembuatan tahu akan kehilangan kandungan baik lemak, karbohidrat, mineral-mineral, vitamin ataupun kandungan proteinnya. Karena pentingnya protein yang dibutuhkan oleh tubuh, maka perlu dilakukan penelitian kandungan protein dalam sumber bahan yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan sumber makanan yang akan dikonsumsi. Dari beberapa latar belakang tersebut dapat dirumuskan beberapa masalah, diantaranya :

1. Berapa kandungan protein yang terdapat dalam ampas tahu serta produk olahannya (tempe gembus) ?
2. Pada waktu fermentasi berapakah kandungan protein pada produk olahan ampas tahu (tempe gembus) ada pada kondisi optimal ?



1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini :

1. Mengetahui seberapa besar kandungan protein yang terkandung dalam ampas tahu serta dalam tempe gembus.
2. Mengetahui pada waktu fermentasi berapa kandungan protein optimal pada produk olahan ampas tahu (tempe gembus).

1.4 Manfaat Penelitian

Dari tujuan di atas, dapat diambil beberapa manfaat antara lain :

1. Dari penentuan kadar protein dapat dilihat nilai gizi yang terkandung dalam ampas tahu beserta tempe gembus tersebut.
2. Dapat digunakan sebagai bahan acuan untuk perbaikan nilai kualitas dari ampas tahu tersebut sebelum dimanfaatkan sebagai sumber bahan makanan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kandungan Zat dalam Kedelai

Kedelai merupakan tanaman jenis polong-polongan dari famili *Legumioceae*, yang punya kadar protein, karbohidrat, dan lemak yang cukup tinggi

Tabel 1. Kadar protein, lemak, dan karbohidrat dalam biji kedelai (% b/b)

Bahan	Protein	Lemak	Karbohidrat	Referensi
Kedelai	40,36	21,37	32,10	Tranggana(1989)
Kedelai	41,57	22,50	27,21	Ilyas (1972)
Kedelai	41,69	23,50	----	Astuti (1987)

Di samping itu kedelai banyak mengandung berbagai macam mineral yang dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2. Kadar mineral kedelai dan produk kedelai (% b/b)

Mineral	Abu	K	P	Mn	Na	Ca	S	Cl
Kedelai	4.60	1.83	0.78	0.31	0.24	0.24	0.24	0.03
Bungkil	6.40	2.70	0.78	0.26	0.01	0.17	0.35	0.08

Sumber, Benson (1941) dalam Haris/Karmas (1986) dalam Suharwanto (1997)

Dari data-data diatas dapat dilihat bahwa ternyata kacang kedelai mempunyai gizi yang tinggi. Dan salah satu kandungan terbesarnya adalah protein yang besarnya antara 30 % sampai 40 % bila dibandingkan dengan dari senyawa-senyawa lain.

Asam-asam amino esensial yang diperlukan dalam tubuh hampir semua ada dalam biji kedelai kecuali metionin dan triptopan. Kandungan lisin sangat

tinggi sehingga dapat digunakan sebagai pelengkap protein sereal yang kandungan lisinnya rendah. Dengan kandungan gizi yang lengkap, kedelai layak digunakan sebagai bahan makanan dan pakan terutama sebagai sumber protein yang berkualitas, dan sebagai sumber mineral.

Penggunaan bahan kedelai sebagai bahan makanan telah lama dikenal, terutama di negara-negara timur untuk diolah menjadi susu kedelai, tahu, miso, shayu, dan tempe. Umumnya proses pengolahan biji kedelai dilakukan dengan proses fermentasi (Stainkrause, 1989). Penggunaan kedelai secara langsung jarang dilakukan, karena dalam biji kedelai selain mengandung gizi juga mengandung zat anti gizi. Zat anti gizi yang ada dalam biji kedelai antara lain tripsin, hemoglutinin, dan asam fitat (Kasmidjo, 1989). Anti tripsin akan menghambat kerja enzim tripsin yang dihasilkan oleh pankreas untuk menghidrolisis protein. Hemoglutinin menyebabkan aglutinasi sel darah merah. Kedua zat anti gizi ini tidak tahan terhadap panas, sehingga dalam pengolahan bahan ini harus dipanaskan agar dapat dihilangkan. Sedang asam fitat dalam biji kedelai berikatan dengan protein dan mineral membentuk senyawa yang kompleks dan tidak larut dalam air (Noor, 1992).

Asam fitat dapat mengikat logam-logam mineral seperti Ca, Mg, Zn, Cu, Fe dalam suasana netral dan basa. Mineral yang terikat dalam asam fitat tidak larut dalam air sehingga menghalangi absorpsi usus, maka pertumbuhan makhluk hidup yang mengkonsumsi bahan makanan ini akan terganggu. Mineral yang utama dalam pertumbuhan adalah Zn, karena adanya asam fitat dalam tubuh maka proses absorpsi Zn dalam tubuh terganggu yang mengakibatkan kadar Zn dalam

tubuh rendah. Rendahnya kadar Zn dalam tubuh akan mengurangi nafsu makan, sehingga pertumbuhan tubuh terhambat (Noor, 1992).

Untuk menurunkan kandungan asam fitat dan kacang-kacangan seperti kedelai dapat dilakukan melalui proses fermentasi. Teknologi fermentasi ini mempunyai pengaruh yang menguntungkan terhadap nilai gizi makanan. Produk fermentasi kacang-kacangan yang umum dan yang banyak dikenal di Indonesia adalah tempe, terutama tempe yang dibuat dari biji kedelai (Rahayu, 1988).

2.2 Industri tahu

Tahu adalah makanan yang dibuat masyarakat China sejak 164 SM ini sudah sedemikian terkenalnya. Di Jepang tahu disebut 'o-tofu' yang berarti tahu yang terhormat. Semua ini disebabkan oleh kelezatan, kelembutan dan nilai gizinya yang cukup tinggi.

Kata tahu berasal dari bahasa asing yaitu bahasa China tao, hu, teu-hu atau takwa. Kata tao atau teu itu berarti kacang. Untuk membuat tahu, orang menggunakan kacang kedelai kuning (putih) yang disebut wong-teu, wong adalah kuning. Hu atau kwa artinya rusak, lumat, hancur menjadi bubur. Kalau kedua kata itu digabungkan menjadi satu akan memberi pengertian bahwa tahu adalah makanan yang terbuat dari kedelai yang dihancurkan menjadi bubur (Kasyanto, 1989).

Tahu yang diproduksi dari bahan kacang kedelai merupakan jenis makanan yang berupa bongkahan putih yang kenyal, lembut, dan berair hasil

penggumpalan sari kedelai. Sari kedelai diperoleh dari rendaman kedelai yang dilumatkan, direbus, kemudian disaring (Potter, 1994).

Tahu dikenal sebagai bahan makanan yang banyak mengandung protein. Di dalam tahu sendiri terkandung 5 % - 8 % protein, air 84 % - 90 %, karbohidrat 2 % - 4 % dan lemak 3 % - 4 %.

Pembuatan tahu dari sari kedelai dapat digambarkan melalui diagram alir sebagai berikut :

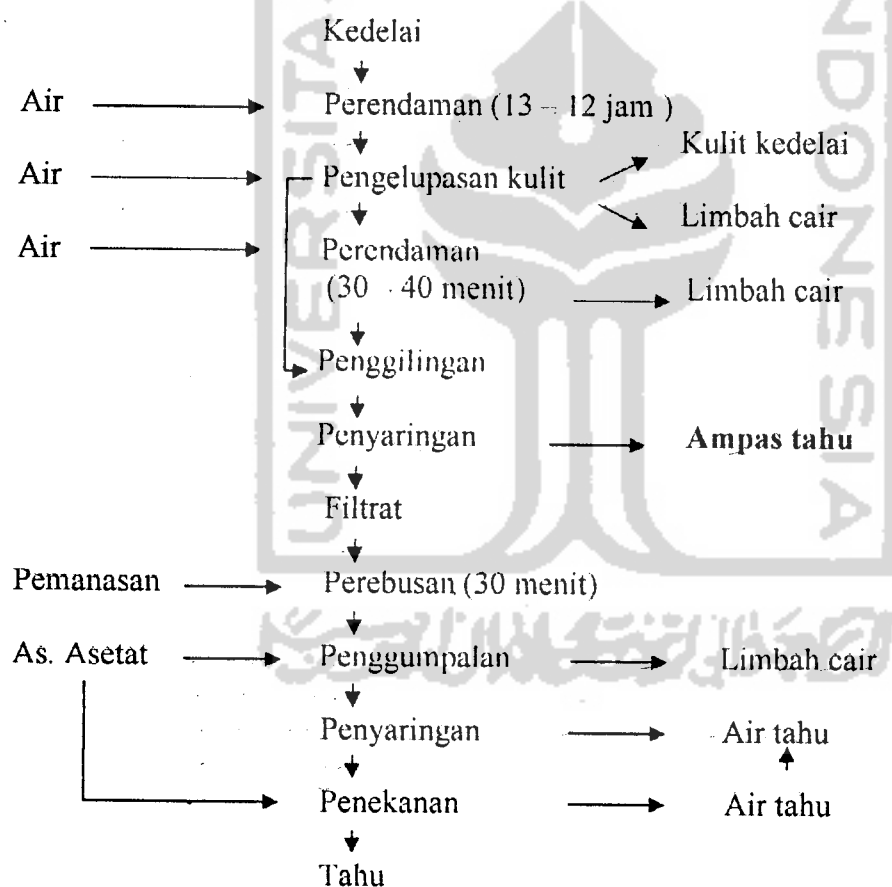


Diagram alir proses produksi tahu (Potter, 1994)

2.3 Tempe

Tempe telah banyak dikenal, diolah, dan dikonsumsi sejak bertahun-tahun lalu. Terutama oleh bangsa Indonesia sebagai negara asal tempe tersebut dibuat. Tempe merupakan salah satu bahan pangan hasil fermentasi dari kacang kedelai dengan mikroba yang sangat kompleks.

Menurut Wong dan Hassetine dalam Suharwanto (1997), tempe pada umumnya dibuat dengan bahan dasar kedelai. Melalui proses perendaman, pemanasan dan fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan inokulum yang berupa jamur benang *Rhizopus oryzae* atau *Rhizopus oligosporus* yang dikenal dengan ragi, dalam jangka waktu tertentu. Tempe hasil fermentasi ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan kacang kedelai. *Pertama*, dengan penempehan akan menghilangkan rasa pahit, dan bau langu pada kedelai. *Kedua*, dengan penempehan akan didapatkan hasil yang lebih lunak dari kedelai sehingga lebih banyak menguntungkan bagi sistem pencernaan. *Ketiga*, akan mengurangi kadar asam fitat yang keberadaannya dalam bahan makanan sebagai zat anti gizi. *Keempat*, memberikan bau khas pada tempe (Suharwanto, 1997).

Timbulnya bau ini akan merangsang indera perasa (Buckle, 1987). Jadi, pada umumnya proses penempehan akan memberikan banyak keuntungan dari pada mengkonsumsi kedelai secara langsung.

Tempe yang dibuat dari ampas tahu mempunyai banyak kesamaan dari proses pembuatannya. Namun terdapat perbedaan rasa dan kandungan nutrisinya. Tempe yang dibuat dari ampas tahu akan memiliki kadar protein yang lebih rendah dari pada tempe yang dibuat langsung dari kacang kedelai.



Tempe gembus yang merupakan suatu tempe yang dibuat dari ampas tahu banyak dibuat oleh industri-industri rumah tangga. Hal ini sangatlah positif karena pembuatan tempe ini dengan memanfaatkan hasil sisa dari limbah industri tahu. Secara garis besar cara pembuatan tempe dari ampas tahu, ampas tahu yang baru diambil dari industri tahu dilakukan perendaman dan pencucian selama kurang lebih 3-4 jam. Ampas tahu yang sudah dicuci kemudian dilakukan penekanan atau pemerasan untuk mengurangi kandungan air dalam ampas tahu. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan perebusan atau pemanasan. Perebusan ini dilakukan kurang lebih 3-4 jam sebelum kemudian bahan ditiriskan sampai agak dingin. Fermentasi dengan menggunakan media fermentasi *Rhizopus oligosporus* dapat dilakukan setelah bahan agak dingin. Selain menggunakan media jamur *Rhizopus* dapat juga digunakan media laru dari tempe itu sendiri. Tahap yang terakhir adalah membungkus bahan ampas tahu yang sudah ditambahkan media fermentasi, biasanya pembungkusan menggunakan daun pisang ataupun kantong plastik.

Selain menggunakan ampas tahu sebagai bahan dasar pembuatan tempe gembus, kadang bisa ditambahkan pula ampas dari kelapa sebagai bahan campurannya.

Prinsip pembuatan tempe gembus ini sebenarnya analog dengan pembuatan tempe yang dibuat langsung dari kacang kedelai. Perbedaan dengan pembuatan tempe gembus terletak pada tahap awalnya saja dimana pada tempe kedelai perlu dilakukan perebusan 2 kali untuk melunakkan kedelai serta untuk menghilangkan kulit dari kacang kedelai.

2.3.1 Perubahan kimia gizi tempe

Akibat pengolahan biji kedelai menjadi tempe kadar nitrogen totalnya akan meningkat, tetapi kadar nitrogen asalnya akan berkurang (Bourma. 1960) dalam Kasmidjo 1986). Zoura dan Venn (1979) dalam Kasmidjo (1986) mengatakan kecuali serat besar, komposisi kimia tempe baik yang difementasikan dengan *Rhizopus oligosporus* maupun yang difermentasi oleh *Rhizopus oryzae* adalah sama. Dari percobaan yang dilakukan Johnson (1974), protein tempe sangat bergizi dibandingkan kedelai. Dilaporkan pula oleh Stelling dan Hocker (1965), dalam Kasmidjo (1986), bahwa nilai gizi tempe lebih baik dibandingkan dengan kedelai. Hal ini hanya berlaku pada tempe yang usianya tidak lebih dari 24 jam.

Dari kadar asam amino beberapa ahli menyatakan bahwa kadar asam amino pada kedelai dan tempe tidak jauh berbeda, bila terdapat perbedaan umumnya kadar asam amino bebasnya meningkat secara nyata (Stilling dan Hasler, 1965) dalam Kasmidjo (1986). Peningkatan asam amino optimum terjadi pada fermentasi selama 48 jam.

Proses penempuhan dari biji kedelai juga dapat menghilangkan atau mengurangi kandungan-kandungan senyawa-senyawa anti gizi seperti anti tripsin yang mengganggu kerja enzim tripsin atau asam fitat yang mengganggu penyerapan nutrisi. Proses penempuhan akan menurunkan kandungan asam fitat sebesar 23-24 % (Buckle, 1987). Bahkan proses penempuhan ini mampu menurunkan kadar asam fitat sampai 54% selama 24 jam. Perpanjangan waktu fermentasi akan meningkatkan perombakan asam fitat. Perombakan asam fitat oleh mikroorganisme akan menghasilkan energi penting dalam proses biokimia

bagi pertumbuhan mikroba tersebut (Wood, 1975 dalam Suharwanto, 1997). Meningkatnya aktivitas anti tripsin terutama terjadi selama perendaman, aktivitas tersebut akan turun lagi selama perbusan dan tidak banyak berubah selama fermentasi.

2.3.2 Proses fermentasi tempe

Tempe adalah produk fermentasi yang sangat dikenal oleh masyarakat Indonesia. Tempe dapat dibuat dari berbagai macam tetapi yang biasanya dikenal oleh masyarakat pada umumnya ialah tempe yang dibuat dari kacang kedelai (Kasmidjo, 1986).

Tempe mempunyai cirinya warnanya putih, tekstur kompak dan aroma spesifik. Warna putih disebabkan adanya miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Tekstur tempe kompak juga disebabkan oleh miselia jamur yang menghubungkan antara biji-biji kacang tersebut. Terjadinya degradasi komponen-komponen dalam kedelai pada proses fermentasi dapat menyebabkan terbentuknya flavor spesifik (Rahayu, 1988).

Jamur yang melakukan fermentasi tempe pertama kali diketahui *Rhizopus oryzae* (Stakel, 1946; Van Keen dan Scafer, 1950; Stainkrause, *et.al.*, 1960 dalam Kasmidjo, 1986). Selanjutnya diketahui bahwa sebagian proses Fermentasi dilakukan oleh *Rhizopus oligosporus* (Saito, 1963 dalam Kasmidjo, 1986) dan sampai sekarang diketahui bahwa jamur tersebut merupakan jamur yang dominan dalam fermentasi tempe. Sifat morfologi *Rhizopus oligosporus* tempe yang spesifik yaitu sporangiosphornya pendek, tidak bercabang,

mempunyai *Rhizopus* pada bagian yang berlawanan dan bercabang (Hasseltipe, 1985 dalam Kasmidjo, 1986).

Kasmidjo (1986) menyatakan pada dasarnya tempe dibuat dari kedelai melalui tiga tahap, yaitu :

1. Hidrasi dan pengasaman biji kedelai dengan perendaman.
2. Sterilisasi sebagian (bukan mutlak) atas biji kedelai dengan perebusan.
3. Fermentasi oleh jamur tempe yang diinokulasikan setelah sterilisasi.

Selama proses perendaman, biji kedelai mengalami proses hidrasi sehingga kadar air biji naik sebesar kira-kira dua kali kadar air semula, yaitu mencapai 62 - 65%. Proses perendaman memberi kesempatan pertumbuhan bakteri-bakteri asam laktat, sehingga pH dalam biji menjadi 4,5 - 5,3. Pengasaman biji kedelai dimaksudkan untuk memberikan kondisi yang cocok untuk tumbuhnya jamur dimaksudkan tempe karena karena penurunan pH tidak menguntungkan bagi hampir semua bakteri penyebab penyakit dan bakteri pembusuk (Stainkrause, 1989 dalam Kasmidjo, 1986).

Menurut Kasmidjo (1986) proses pemanasan atau perebusan biji setelah perendaman bertujuan untuk membunuh bakteri-bakteri kontaminan, mengaktifkan senyawa tripsin inhibitor, membantu mebebaskan senyawa-senyawa dalam biji yang diperlukan untuk pertumbuhan jamur. Menurut Sudarmadji (1977) dalam Kasmidjo (1986) proses fermentasi tempe dapat dibedakan atas tiga, fase yaitu :

1. Fase pertumbuhan cepat (0-30 jam fermentasi), terjadi kenaikan jumlah asam lemak bebas, kenaikan suhu, penambahan jamur cepat, yang terikat dengan

terbentuknya miselia pada permulaan biji makin lama makin lebat, sehingga menunjukkan massa yang lebih kompak.

2. Fase transisi (30 – 50 jam fermentasi), merupakan fase optimal fermentasi tempe dan siap untuk dipasarkan. Pada fase ini terjadi penurunan suhu sedikit, flavor spesifik tempe optimal, tekstur lebih kompak.
3. Fase pembersukan atau fermentasi lanjut (50 - 90 jam fermentasi); terjadi kenaikan jumlah bakteri dan jumlah asam lemak bebas, pertumbuhan jamur menurun dan pada kadar air tertentu pertumbuhan jamur terhenti, terjadi perubahan flavor spesifik karena degradasi protein lanjut sehingga terbentuk ammonia.

2.3.3 Perubahan-perubahan yang terjadi selama fermentasi tempe

Selama proses fermentasi, kelarutan bahan padat pada total mengalami kenaikan dari 13% menjadi 28%. Selama 72 jam fermentasi nitrogen terlarut naik dari 0,5% menjadi 2,5 %. Sedangkan total nitrogennya relatif konstan (Stainkrause, 1989), kadar selulosa dan kadar abu meningkat secara nyata, tetapi kadar lemak dan karbohidrat berkurang.

Dalam fermentasi tempe terdapat tiga aktivitas enzimatik yang berperan yaitu :

1. Aktivitas proteolitik oleh enzim protease
2. Aktivitas amilolitik oleh enzim amilase
3. Aktivitas lipolitik oleh enzim lipase.

Tabel 3. Perbandingan komposisi kedelai dan tempe

Analisis	Kedelai	Tempe Segar	Tempe Kering
- Air (%)	2	64	2
- Protein (%)	47,5	18,3	48,75
- Lemak (%)	30,5	4,0	29,5
- Nitrogen (%)	7,6	2,9	7,8
- Asam lemak bebas (%)	0,5	-	21,0
- Karbohidrat (%)	-	12,7	-
- Abu (%)	-	-	-
- Serat (%)	-	-	-
- Amonia, % Nitrogen total	0,1	-	1,7
- % Nitrogen terlarut dalam air	6,5	-	39,0
- % Nitrogen terlarut dalam asam tri Kloroasetat	5,9	-	28,0
- % Nitrogen terlarut dalam etanol	3,3	-	24,0
- Padatan terlarut dalam air (%)	14,0	28	34,0
- Kalsium (%)	-	0,13	-
- Fosfor (%)	-	0,15	-
- Besi (%)	-	0,01	-
- Vitamin B1 (%)	0,001	-	0,0004
- Vitammin A (IU)	-	50	-
- Pantotenat (%)	0,00046	-	0,00033
- Triboflavin (%)	0,0003	-	0,0007
- Niasin (%)	0,0009	-	0,0066
- Vitamin (B ₁₂) %	15 x 10 ⁻⁸	-	5 x 10 ⁻⁶
- pH	5,6	6,5 – 6,8	-

(Sumber, Stainkrause, 1989 dalam Suharwanto, 1997)

Rhizopus oligosporus menghasilkan aktivitas proteolitik dengan pH optimum 3,0 dan sistem dengan suhu 50-53⁰ C. Aktivitas proteolitik selama fermentasi tempe mencapai maksimum pada waktu 72-96 jam fermentasi dengan suhu 32⁰ C. Dengan adanya aktivitas proteolitik, maka protein kedelai yang bersifat tidak larut (mempunyai BM tinggi) akan diubah menjadi protein dengan

BM rendah atau bersifat larut dalam tempe mengalami kenaikan sebesar setengah dari jumlah total protein (Van Baren, *et. al.*; 1972 dalam Kasmidjo 1986).

Selama proses fermentasi terjadi perubahan jumlah kandungan asam amino yaitu lisin mengalami penurunan sebesar 10% dan pada akhir fermentasi (36–60 jam) turun sampai 25%, metionin mengalami penurunan sebesar 3% dan 10%. Triptopan dan alanin naik sampai 20%, sedangkan keseluruhan mengalami kenaikan setelah proses fermentasi (Murata, *et.al.*, 1967 dalam Bambang Sulisty, 1998).



BAB III

DASAR TEORI

3.1. Kedelai

Kedelai merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang penting dalam rangka untuk mempertahankan ketahanan pangan di Indonesia. Kedelai termasuk bahan pangan yang penting selain padi dan jagung serta bahan pangan yang lain. Kedelai merupakan sumber protein nabati yang murah dan mudah didapat oleh masyarakat, serta efisien. Selain sebagai bahan pangan, kedelai juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan bahan baku industri, selain itu :

1. Kedelai rebus atau minyak goreng, kripik, tempe, tahu, tauco, kecap, kecambah, miso, natto, dan kinako.
2. Bentuk tepung; susu kedelai, campuran roti, campuran kue, campuran minuman, dan makanan bayi.
3. Bentuk pancagilingan; minyak goreng, mentega, obat-obatan, insektisida, cat dan tinta, sabun, plastik, kosmetik, bungkil, dan makanan ternak.

3.1.1 Susunan morfologi kedelai

Secara morfologis, bagian-bagian kacang kedelai dapat dideskripsikan sebagai berikut.

1. Akar

Akar tanaman kedelai berupa akar tunggang yang membentuk cabang-cabang akar. Akar tumbuh ke arah bawah, sedangkan cabang akar berkembang

menyamping tidak jauh dari permukaan tanah. Jika kelembaban tanah turun, akar akan berkembang lebih kedalam agar dapat menyerap air dan unsur hara.

2. Batang

Tanaman kedelai berbatang pendek (30-100 cm), memiliki 3-6 percabangan dan berbentuk tanaman perdu. Batang tanaman kedelai berkayu, biasanya kaku dan tahan rebah, kecuali tanaman yang dibudidayakan di musim hujan atau tanaman yang hidup di tempat yang ternaungi.

Menurut tipe pertumbuhannya, tanaman kedelai dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu *determinate*, *indeterminate*, dan *semideterminate*. *Determinate* memiliki karakteristik tinggi tanaman pendek sampai sedang, ujung batang hampir sama besar dengan batang bagian tengah, daun teratas sama besar dengan daun tengah, dan berbunga serentak. *Indeterminate* memiliki karakteristik tinggi tanaman sedang sampai tinggi, ujung batang lebih kecil dari pada bagian tengah, agak melilit dan beruas panjang, daun teratas lebih kecil dari daun bagian tengah. Tipe *semideterminate* memiliki karakteristik antara *determinate* dan *indeterminate*.

3. Daun

Pada node pertama tanaman kedelai yang tumbuh dari biji terbentuk sepasang daun tunggal. Selanjutnya, pada semua node di atasnya terbentuk satu daun bertiga. Daun tunggal memiliki tangkai pendek dan daun bertiga mempunyai tangkai yang agak panjang. Masing-masing daun berbentuk oval, tipis, dan berwarna hijau. Tunas atau bunga akan muncul pada ketiak daun. Setelah tua,

daun menguning dan gugur, mulai dari daun yang menempel di bagian bawah batang.

4. Bunga

Tanaman kedelai mulai berbunga pada umur antara 30-50 hari setelah tanam. Varietas kedelai determinate mulai berbunga jika hampir semua node batang utama sudah berkembang sempurna. Pembentukan bunga dimulai dari node bawah ke arah atas sehingga ketika bunga tersebut membentuk polong, node-node di atasnya masih terus memunculkan bunga.

5. Buah

Buah kedelai berbentuk polong, setiap tanaman mampu menghasilkan 100-250 polong, namun pertanaman yang rapat hanya mampu menghasilkan sekitar 30 polong. Polong kedelai berbulu dan berwarna kuning kecoklatan atau abu-abu. Selama proses pematangan buah, polong yang mula-mula berwarna hijau akan berubah menjadi kehitaman, keputihan atau kecoklatan.

6. Biji

Biji terdapat di dalam polong. Setiap polong berisi 1-4 biji. Pada saat masih muda, biji berukuran kecil, berwarna putih kehijauan, dan lunak. Pada perkembangan selanjutnya biji semakin berisi, mencapai berat maksimal, dan keras. Biji kedelai berkeping dua dan terbungkas oleh kulit yang tipis. Pada umumnya, biji berbentuk bulat lonjong, namun ada juga yang berbentuk bulat agak pipih dan kulit biji berwarna kuning, hitam, hijau, atau coklat. Embrio terletak di antara keping biji.



3.2 Protein

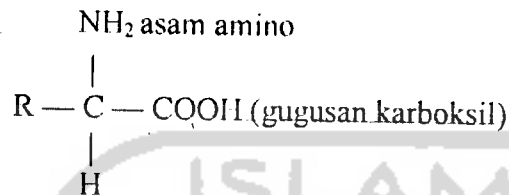
Protein merupakan salah satu kelompok bahan makronutrien. Tidak seperti bahan makronutrien lain (lemak, dan karbohidrat), protein ini berperan lebih penting dalam pembentukan biomolekul dari pada sebagai sumber energi. Kandungan energi protein rata-rata 4 kilokalori/gram atau setara dengan kandungan energi karbohidrat.

Setelah air, protein merupakan zat gizi yang paling banyak dalam tubuh. Bila energi makanan cukup, boleh dikatakan semua makanan juga mengandung cukup protein. Akan tetapi, jika tidak cukup protein dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan tubuh, biasanya hal ini berarti makanan yang dikonsumsi tidak cukup memberikan energi. Akan tetapi makanan bayi dan anak-anak yang masih muda dapat merupakan suatu pengecualian. Selama kebutuhan proteinnya tinggi dalam hubungannya dengan ukuran tubuhnya, mereka dapat mengkonsumsi makanan yang cukup memberikan energi tetapi tidak cukup mengandung protein dalam makanan yang mereka makan untuk menyediakan kebutuhan bagi pertumbuhan.

Protein ditemukan dalam semua jaringan tubuh. Kebanyakan dari protein tersebut disimpan dalam jaringan otot dan organ-organ tubuh. Sisanya terdapat terutama dalam darah, tulang dan gigi. Di samping karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, beberapa protein mengandung barang. Beberapa lagi dalam molekulnya juga mempunyai kobalt, jadi besi dan fosfor. Akan tetapi, nitrogen adalah unsur kimia yang paling nyata dalam pembentukan protein dan fungsi khususnya.

Protein terbentuk dari asam-asam amino. Sebagaimana yang diartikan dengan istilah "asam amino", kelompok pembentuk protein tersebut masing-

masing mengandung satu gugusan amino (NH_2) dan satu gugusan asam (COOH), dikenal sebagai karboksil. Semua asam amino, terkecuali satu (protein), mempunyai formula umum yang sama.



Protein dalam tanaman dibentuk dan unsur kimia anorganik yang sederhana. Protein yang digunakan dalam tubuh manusia, diperoleh melalui proses yang lebih rumit. Beberapa dan protein tersebut seharusnya dimakan sebagai protein nabati dan hewani yang telah dibentuk sebelumnya. Lainnya dapat dibentuk menjadi protein dalam tubuh, asalkan terdapat gugusan amino yang diperlukan dan enzim yang cocok untuk merubahnya.

Protein dalam susunan pangan pada waktu dicernakan dirombak menjadi asam amino. Hampir duapuluh asam amino diketahui terjadi dalam tubuh dan dalam protein pangan.

Tubuh manusia tergantung dari protein makanan sebanyak delapan hingga sepuluh asam amino yang digunakan. Asam amino tersebut tidak dapat dibentuk dalam tubuh dan karena itu diberi istilah "esensial atau "mutlak" untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan tubuh. Jika terdapat cukup gugusan amino dan vitamin B_6 yang mengandung enzim yang diperlukan, tubuh dapat membentuk asam amino non-esensial melalui suatu proses yang disebut transaminasi. Dengan demikian suatu jumlah tertentu dan nitrogen dalam bentuk gugusan amino itu dianggap suatu makanan penting. Hal tersebut merupakan

salah satu sebab mengapa nitrogen dianggap unsur esensial dalam protein makanan.

Tabel 4. Asam Amino yang diperlukan tubuh manusia

No	Asam amino	Esensial untuk	
		Anak-anak	Dewasa
1	Histidin	*	*
2	Isoleusin	*	*
3	Lisin	*	*
4	Methionin	*	*
5	Fenilalanin	*	*
6	Thionin	*	*
7	Triptofan	*	*
8	Leusin	*	*
9	Valin	*	*
10	Arginin	mungkin	mungkin

(Sumber, Harper dkk, dalam Suhardjo, 1986)

Keterangan :
* = mungkin

Jika asam amino digunakan untuk membentuk protein, bahan tersebut digabung bersama dalam apa yang disebut suatu ikatan polipeptida. Seluruh pembentukan banyak molekul asam amino ke dalam protein dikenal sebagai polipeptida. Kebanyakan molekul protein lebih besar, mengandung lebih banyak unsur kimia dan mempunyai lebih banyak susunan yang rumit daripada karbohidrat dan lemak. Di samping protein jenis yang khusus yang terdiri dari berbagai asam amino, jumlah seluruh asam amino yang digunakan dan susunannya dalam molekul dapat juga berbeda.

Dalam tubuh tidak ada penyimpanan yang sebenarnya bagi protein yang berlebihan sebagaimana halnya bagi lemak dan dalam taraf rendah untuk karbohidrat dalam bentuk glikogen. Akan tetapi, karena demikian banyaknya tubuh terdiri dari protein, orang dewasa yang makan dengan baik dapat bertahan

tanpa protein pangan selama beberapa hari dan tetap sehat. Bayi dan anak-anak yang sangat mudah lebih cepat menderita akibat kekurangan protein. Sifat protein dalam berbagai jenis sel tubuh tidak selalu sama. Misalnya, cara protein berfungsi dalam darah, gigi atau rambut mungkin agak berlainan daripada yang digunakan dalam jaringan otot. Di samping itu, fungsi protein dapat sedikit beragam menurut masa hidup, keadaan fisik tubuh atau lain keadaan. Akan tetapi, jika kita lihat semua fungsi yang berlainan yang diberikan protein, ia selalu harus :

- 1). Membentuk jaringan baru dalam masa pertumbuhan dan kembangan tubuh.
- 2). Memelihara jaringan tubuh sepanjang hidup dan memperbaiki serta mengganti jaringan yang aus, rusak atau mati.
- 3). Menyediakan asam amino yang diperlukan untuk memben enzim-enzim pencernaan dan metabolisme yang digunakan dalam tubuh serta “antibodi” yang diperlukan.

Protein adalah bagian penting dan beberapa hormon tubuh. Protein juga memegang peranan dalam mengatur keseimbangan air dalam tubuh dan menjaga kenetralan cairan tubuh. Jika protein tidak diperlukan tubuh untuk pembentukan dan perbaikan jaringan tubuh serta pembuatan enzim, antibodi atau hormon, maka gugusan amino disingkirkan, dan yang tersisa dan molekul protein dirubah, jika tidak menjadi lemak, menjadi glikogen polisakarida untuk digunakan sebagai energi. Gugusan amino dapat diproses kembali ke dalam asam amino non-esensial oleh hati atau dibuang dan tubuh melalui ginjal sebagai ammonia atau urea.

Jika cukup karbohidrat dan lemak dimakan untuk menutup pengeluaran energi yang meningkat, kerja dan lain bentuk kegiatan biasanya tidak

meningkatkan kebutuhan protein dalam makanan.

Mengetahui jumlah seluruh kebutuhan tubuh akan protein untuk memenuhi fungsi utama yang hanya dapat dilaksanakan oleh protein adalah penting. Suatu pengertian umum juga berguna mengenai perbandingan asam amino esensial yang termasuk dalam berbagai pangan yang kaya akan protein dalam susunan pangan. Nilai gizi protein pangan berbeda karena berbedanya jenis dan jumlah asam amino yang dikandungnya.

Oleh karena struktur fisik dan kimia protein hewan sama dengan yang dijumpai dalam tubuh manusia, protein yang berasal dari hewan (terkecuali gelatin) mengandung semua asam amino dalam jumlah yang cukup diperlukan untuk membentuk dan memperbaiki jaringan tubuh manusia. Protein yang berasal dari hewan mempunyai nilai biologi yang tinggi oleh karena itu digolongkan sebagai protein "lengkap". Terkecuali kacang kedelai dan beberapa pangan nabati lain, protein nabati tidak mengandung semua asam amino penting dalam jumlah yang cukup untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh manusia. Dengan demikian, sebagian besar protein tanaman digolongkan sebagai tidak lengkap. Suatu protein tidak lengkap (protein dalam pangan tanaman tunggal), biasanya tidak untuk pertumbuhan normal dan perbaikan jaringan tubuh.

Akan tetapi, protein tanaman dapat digunakan untuk saling melengkapi dalam meningkatkan nilai biologinya. Suatu kekurangan dalam atau lebih asam amino esensial dalam protein yang berasal dari satu sumber tanaman, dapat ditanggulangi dengan pemilihan yang cermat salah satu atau lebih sumber protein dan kelompok tanaman lain. Misal, kebanyakan butiran padi-padian kekurangan

akan lisin, methionin dan fenilalanin. Protein kacang-kacangan merupakan sumber lisin fenilalanin yang sangat baik. Selain itu, protein kacang-kacangan mengandung methionin kira-kira dua kali lebih banyak daripada padi-padian. Banyak buah keras dan, biji-bijian merupakan sumber thionin yang lebih baik. Jika padi-padian, kacang-kacangan dan buah serta biji-bijian yang terpilih dengan baik dimasak dan disajikan bersama, maka sering sekali protein yang dimaksudkan adalah sama dengan protein yang lengkap. Hal, ini tentunya, tergantung demi kelancaran absorpsi asam amino pangan nabati. Sangat sedikit sekali laporan penelitian yang menunjukkan seberapa baik atau buruk asam amino protein tanaman yang diabsorpsi manusia. Akan tetapi manusia dapat membutuhkan dan memelihara jaringan tubuh secara memuaskan dengan makanan yang proteinnya diperoleh hampir seluruhnya dan sumber tanaman yang terpilih baik. Protein nabati yang mengandung sistin dan sistein, biasanya lebih mudah digunakan tubuh manusia daripada yang akan mengandung kedua asam amino tersebut.

Beberapa asam amino juga digunakan untuk “mengganti” (spare) atau melengkapi yang lainnya. Sistin dan sistein mengganti methionin, tirosin mengganti fenilalanin.

Kandungan asam amino protein telur sering digunakan sebagai standar untuk mengukur mutu protein dan suatu pangan. Suatu pangan pokok, misalnya butiran padi-padian atau sayuran akar-akaran, tidak dapat menandingi mutu protein telur. Dengan demikian, jika dimakan tanpa pangan lain dan dalam jumlah yang sedang, padi-padian dan sayuran, akar-akaran tidak cukup memperlancar

pertumbuhan dan memperbaiki jaringan tubuh. Hal tersebut telah dibuktikan. Suatu variasi kombinasi pangan nabati yang terpilih dengan baik dan dalam jumlah yang cukup banyak, akan memenuhi kebutuhan asam amino dan seyogianya dikonsumsi, terutama jika konsumsi protein hewan.

Protein merupakan polimer dan sekitar 21 asam amino yang berlainan disambungkan dengan ikatan peptida. Karena keragaman rantai samping yang terbentuk jika asam-asam amino tersebut disambung-sambungkan, protein yang berbeda dapat mempunyai sifat kimia yang berbeda dan struktur sekunder dan tersier yang sangat berbeda. Berbagai asam amino dikelompokkan berdasarkan sifat kimia rantai sampingnya. Rantai samping dapat bersifat polar atau nonpolar. Kandungan bagian asam amino polar yang tinggi dalam protein meningkatkan kelarutannya dalam air. Rantai samping yang paling polar ialah rantai samping asam amino basa dan asam amino asam. Asam-asam amino ini terdapat dalam albumin dan globulin yang larut air dengan kadar yang tinggi. Sebaliknya, protein gandum, gliadin dan glutinin, kandungan rantai samping polarnya rendah dan sangat tidak larut dalam air. Asam amino asam dapat pula terdapat dalam protein dalam bentuk amidanya, glutamina dan asparagina. Hal ini meningkatkan kandungan nitrogen dan protein. Gugus hidroksil dalam rantai samping dapat terlibat dalam pembentukan ikatan ester dengan asam fosfat dan fosfat. Asam amino belerang dapat membentuk ikatan sambung-silang disulfida antara rantai peptida yang bertetangga atau antara bagian yang berlainan dalam rantai yang sama. Protein dan hidrosiprolina memaksakan pembatasan struktur yang bermakna terhadap geometri rantai peptida.

Protein terdapat baik dalam produk hewan maupun dalam produk tumbuhan dalam jumlah yang berarti. Di negara yang maju, orang memperoleh sebagian besar proteinnya dan produk hewan. Di bagian-bagian lain dunia, bagian utama protein makanan diperoleh dan produk tumbuhan. Banyak protein tumbuhan tidak mengandung satu atau lebih asam amino esensial.

Keistimewaan lain dari protein ini adalah strukturnya yang mengandung N, di samping C, H, O (seperti juga karbohidrat dan lemak), S dan kadang-kadang P, Fe, dan Cu (sebagai senyawa kompleks dengan protein). Dengan demikian maka salah satu cara terpenting yang cukup spesifik untuk menentukan jumlah protein secara kuantitatif adalah dengan penentuan kandungan N yang ada dalam bahan makanan atau bahan lain. Apabila unsur N ini dilepaskan dengan cara destruksi (perusakan bahan sampai terurai unsur - unurnya) dan N yang terlepas ditentukan jumlahnya secara kuantitatif (dengan titrasi atau cara lain) maka jumlah proteinnya dapat diperhitungkan atas kandungan rata-rata unsur N yang ada dalam protein. Cara ini sebenarnya mengandung kelemahan, yaitu tidak semua jenis protein mengandung jumlah N yang sama; kelemahan lain adalah adanya senyawa lain bukan protein yang mengandung N meskipun jumlahnya biasanya jauh lebih sedikit dari protein. Senyawa-senyawa bukan protein yang mengandung N misalnya ammonia, asam amino bebas dan asam nukleat. Oleh karena itu cara penentuan jumlah protein melalui penentuan N total hasilnya disebut jumlah *protein kasar* atau *crude protein*.

3.2.1 Struktur dan sifat protein

Karena molekulnya yang besar (BMnya sampai angka jutaan), maka protein mudah sekali mengalami perubahan bentuk fisik ataupun bentuk biologisnya. Banyak reagensia yang menyebabkan perubahan sifat alamiah protein misalnya panas, asam, basa, solven organik, garam, logam berat, dan radiasi sinar radioaktif. Perubahan sifat fisis ini yang mudah diamati adalah terjadinya penjerdalan (menjadi tidak larut) atau pepadatan.

Molekul protein sendiri merupakan rantai panjang yang tersusun oleh mata rantai asam-asam amino. Asam amino adalah senyawa yang memiliki satu atau lebih gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan satu atau lebih gugus amino ($-\text{NH}_2$) yang salah satunya terletak pada atom C tepat di sebelah gugus karboksil (atau atom C alfa). Asam-asam amino yang berbeda-beda (ada duapuluh asam amino dalam protein alamiah) bersambung melalui *ikatan peptida* yaitu ikatan antara gugus karboksil satu asam amino dengan gugus amina dari asam amino yang di sampingnya.

Di alam umumnya terdapat 20 jenis asam amino (untuk protein tertentu dapat 25 jenis); ratusan bahkan ribuan unit asam-asam amino yang berbeda-beda ini menyusun protein.

Asam amino yang disambung-sambungkan dengan ikatan peptida membentuk struktur primer protein. Susunan asam amino menentukan sifat struktur sekunder dan tersier. Pada gilirannya, hal ini mempengaruhi secara bermakna sifat-sifat fungsi protein makanan dan perilakunya selama pemrosesan. Dan 20 asam amino, hanya 8 yang merupakan asam amino esensial untuk nutrisi

manusia. Jumlah asam amino esensial yang terdapat dalam protein dan ketersediaannya menentukan kualitas gizi protein. Pada umumnya, kualitas protein hewan lebih tinggi daripada kualitas protein tumbuhan. Protein tumbuhan dapat ditingkatkan mutu gizinya dengan pencampuran secara bijaksana atau dengan modifikasi genetika melalui persilangan.

Tabel 5. Kandungan protein beberapa makanan terpilih

Produksi	Protein (g/100g)
Daging sapi	16,5
Babi	10,2
Ayam (daging putih)	23,4
Ikan: haddock	18,3
cod	17,6
Susu	3,6
Telur	12,9
Gandum	13,3
Roti	8,7
Kedelai: kering, mentah	34,1
dimasak	11,0
Polong	6,3
Kacang: kering, mentah	22,3
dimasak	7,8
Beras: putih. Mentah	6,7
dimasak	2,0
Ketela	1,6
Kentang	2,0
Jagung	10,0

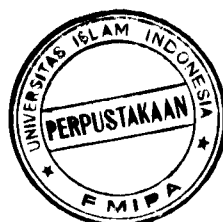
(Sumber, John M deMan, 1997)

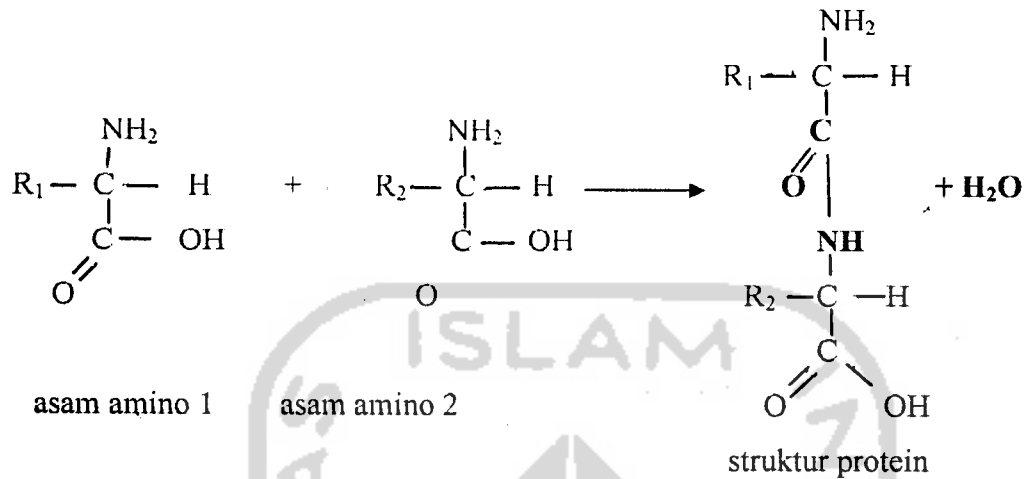
Tabel 6. Kandungan asam amino beberapa makanan terpilih (mg/g Nitrogen total)

No	Asam amino	Daging	Susu	Telur	Gandum	Polong	Jagung
1	Isoleusina	301	399	393	204	267	230
2	Leusina	507	782	551	417	425	783
3	Lisina	556	450	436	179	470	167
4	Metionina	169	156	210	94	57	120
5	Sistina	80	—	152	159	70	97
6	Fenilalanina	275	434	358	282	287	305
7	Tirosina	225	396	260	187	171	239
8	Treonina	287	278	320	183	254	225
9	Valina	313	463	428	276	294	303
10	Arginina	395	160	381	288	595	262
11	Hiatidina	213	214	152	143	143	170
12	Alaniria	365	255	370	226	255	471
13	Asarn aspartat	562	424	601	308	685	392
14	Asam glutamat	955	1151	796	1866	1009	1184
15	Glisina	304	144	207	245	253	231
16	Prolina	236	514	260	621	244	559
17	Serina	252	342	478	281	271	311

(Sumber, John M deMan, 1997)

Protein telur merupakan salah satu dan protein berkualitas terbaik dan dianggap mempunyai nilai biologi 100. Protein ini dipakai secara luas sebagai standar, dan bilangan nisbah efisiensi protein (NEP) kadang-kadang menggunakan putih telur sebagai standar. Protein sereal pada umumnya tidak mengandung lisina dan treonina, seperti ditunjukkan dalam tabel 6. Kedelai merupakan sumber lisina yang baik tetapi tidak mengandung metionina. Protein biji kapas tidak mengandung lisina dan protein kacang tanah tidak mengandung metionina dan lisina. Protein kentang meskipun jumlahnya kecil berkualitas sangat baik dan setara dengan telur utuh.





Seperti senyawa polimer lain (misalnya selulosa, pati) atau senyawa-senyawa hasil kondensasi beberapa unit molekul (misalnya trigliserida) maka protein juga dapat dihidrolisa atau diuraikan menjadi komponen unit-unitnya oleh molekul air.

Hidrolisa protein akan melepas asam-asam amino penyusunnya. Hidrolisa protein dapat dilaksanakan misalnya dengan menggunakan larutan HCl atau H_2SO_4 6-8 N selama 12-48 jam. Hidrolisa protein dengan asam ini akan menghasilkan asam-asam amino yang memiliki sifat optis aktif (bentuk L), seperti terdapatnya di alam. Kelemahannya adalah triptopan mengalami kerusakan dan apabila terdapat karbohidrat dalam bahan baku akan membentuk senyawa humin yang berwarna kehitaman.

Cara lain untuk menentukan hidrolisa protein adalah dengan enzim. Keuntungan dengan cara hidrolisa enzimatik adalah hasil hidrolisa tetap memiliki sifat optis aktif yang tetap dan tetap terbentuk humin. Keberatan cara ini adalah berlangsung lambat.

3.2.2 Penggolongan protein

Protein merupakan molekul rumit dan penggolongannya kebanyakan didasarkan pada kelarutan dalam berbagai pelarut. Akan tetapi, secara meningkat, setelah pengetahuan mengenai susunan dan struktur molekul bertambah, dipakai kriteria lain untuk penggolongan ini termasuk perilaku dalam sifat ultrasentrifugasi dan elektroforesis. Protein dikelompokkan ke dalam golongan utama berikut: protein sederhana, protein konyugasi, dan protein turunan

Tabel 7. Asam amino esensial pembatas beberapa protein padi-padian

Padi-padian	Asam amino pembatas pertama	Asam amino pembatas kedua
Gandum	Lisina	Treonina
Jagung	Lisina	Triptofan
Padi	Lisina	Treonina
Sorgum	Lisina	Treonina
Milet(<i>Panicum miliaceum</i>)	Lisina	Treonina

(Sumber, John M deMan, 1997)

I. Protein sederhana

Protein sederhana hanya menghasilkan asam amino saja jika dihidrolisis dan termasuk golongan berikut:

1. Albumin

Albumin larut dalam air netral yang tidak mengandung garam. Biasanya ada protein yang berbobot molekul nisbi rendah. Contohnya; albumin telur, laktalbumin, dan albumin serum dalam protein air dadih susu, leukosin sereal, dan legumelin dalam biji polong.

2. Globulin

Globulin larut dalam larutan garam netral dan hampir tidak larut dalam air. Contohnya; globulin serum dan β -laktoglobulin dalam susu, myosin dan aktin

dalam daging, dan glisinin dalam kedelai.

3. Glutelin

Glutelin larut dalam asam atau basa yang sangat encer dan tidak larut dalam pelarut netral. Protein ini terdapat dalam sereal, seperti glutenin dalam gandum dan orizenin dalam beras.

4. Prolamin

Prolamin larut dalam alkohol 50 sampai 90 persen dan tidak larut dalam air. Protein ini mengandung sejumlah besar prolina dan asam glutamat dan terdapat dalam sereal. Contohnya; enzim dalam jagung, gliadin dalam gandum, dan hordein dalam barley.

5. Skleroprotein

Skleroprotein tidak larut dalam air dan pelarut netral dan tahan terhadap hidrolisis memakai enzim. Ini merupakan protein serat yang berperan pada struktur dan pengikatan. Kolagen dan jaringan otot dimasukkan ke dalam golongan ini, seperti gelatin, yang diperoleh dari kolagen. Contoh yang lain termasuk elastin, yaitu komponen tendon, dan keratin, komponen rambut dan kuku binatang.

6. Histon

Histon adalah protein bersifat basa, karena kandungan lisina dan argininnya tinggi. Larut dalam air dan diendapkan oleh ammonia.

7. Protamin

Protamin adalah protein bersifat basa kuat, berbobot molekul rendah (4000 sampai 8000). Protein ini kaya akan arginina. Contohnya; klupein dan ikan hering

(*Clupea harengus harengus*) dan skombinin dan ikan makarel (*Scomber scombrus*).

II. Protein konyugasi

Protein konyugasi mengandung bagian asam amino yang tenikat pada bahan nonprotein seperti lipid, asam nukleat, atau karbohidrat. Beberapa protein konyugasi yang penting, yaitu:

1. Fosfoprotein

Fosfoprotein merupakan golongan penting yang mencakup protein makanan yang penting. Gugus fosfat terikat pada gugus hidroksil dan serina dan treonina. Golongan ini mencakup kasein susu dan fosfoprotein kuning telur.

2. Lipoprotein

Lipoprotein adalah gabungan lipid dengan protein dan mempunyai daya mengemulsi yang sangat baik. Lipoprotein terdapat dalam susu dan kuning telur.

3. Nukleoprotein

Nukleoprotein merupakan gabungan asam nukleat dengan protein. Senyawa ini terdapat dalam inti sel.

4. Glikoprotein

Glikoprotein adalah gabungan karbohidrat dengan protein. Biasanya jumlah karbohidrat kecil, tetapi beberapa glikoprotein mengandung karbohidrat 8 sampai 20 persen. Satu contoh makroprotein seperti itu ialah ovomusin putih telur.

5. Kromoprotein

Kromoprotein adalah protein yang gugus prostetikanya berwarna. Terdapat

banyak senyawa jenis ini, termasuk didalamnya hemoglobin dan myoglobin, klorofil, dan flavoprotein.

III. Protein turunan

Protein turunan adalah senyawa yang diperoleh dengan metode kimia atau dengan metode enzimatik dan dipilah ke dalam turunan primer dan turunan sekunder, bergantung pada derajat perubahan yang terjadi. Turunan primer sedikit dimodifikasi dan tidak larut dalam air; kasein yang dikoagulasi dengan rennet (isi lambung sapi) merupakan contoh protein turunan primer. Turunan sekunder mengalami perubahan yang lebih besar dan mencakup protease, pepton, dan peptida. Perbedaan antara hasil urai ini terletak pada ukuran dan kelarutan. Semua larut dalam air dan tidak dikoagulasi oleh bahan, tetapi protease dapat diendapkan dengan larutan amonium sulfat jenuh. Peptida mengandung dua atau lebih sisa asam amino. Hasil urai ini terbentuk selama pemrosesan banyak makanan, misalnya selama pematangan keju.

3.2.3 Penentuan kadar protein

Dalam keadaan asli di alam, protein merupakan senyawa berbentuk besar dan kompleks yang tersusun dari unsur-unsur C, H, O, N, S dan dalam keadaan kompleks ada unsur P.

Penentuan protein berdasarkan jumlah N menunjukkan protein kasar karena selain protein juga terikat senyawa N bukan protein misalnya urea, asam nukleat, ammonia, nitrat, nitrit, asam amino, asam amida, purin, dan pirimidin. Penentuan cara ini yang paling terkenal adalah cara Kjeldahl yang dalam

perkembangan terjadi berbagai modifikasi misalnya oleh Gunning dan sebagainya. Analisa protein cara Kjeldahl pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu proses destruksi, proses distilasi dan tahap titrasi.

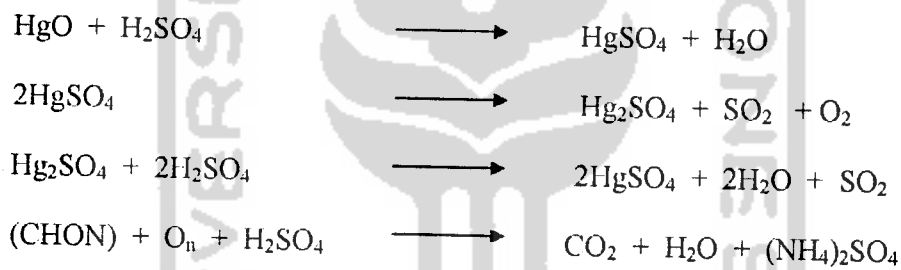
Metode penetapan kadar protein secara Kjeldahl sebenarnya mempunyai kelemahan yaitu nitrogen yang ada dalam bahan pangan tidak hanya berasal dari protein saja, tetapi dapat berasal dari senyawa lain seperti purin, pirimidin, nukleotida, betain, alkaloid, porfirin dan asam amino nonprotein. Akan tetapi sampel yang digunakan adalah bahan pangan yang mengandung kadar protein yang relatif tinggi, maka metode ini masih dapat menghasilkan data N total yang dapat dipercaya.

Metode ini dengan segala kekurangannya masih digunakan secara luas. Hal ini disebabkan oleh kemampuan metode tersebut dalam menghasilkan data yang dapat dipercaya dengan perangkat analisis yang relatif murah dan pengoperasian yang tidak memerlukan keahlian khusus.

3.2.3.1 Tahap destruksi

Pada tahap ini sampel dipanaskan dalam asam sulfat pekat sehingga terjadi destruksi menjadi unsur-unsurnya. Elemen karbon, hidrogen teroksidasi menjadi CO, CO₂, dan H₂O. Sedangkan nitrogennya (N) akan berubah menjadi (NH₄)₂SO₄. Asam sulfat yang digunakan untuk destruksi diperhitungkan adanya protein lemak dan karbohidrat. Untuk mendestruksi 1 g protein diperlukan 9 g asam sulfat, untuk 1 g lemak perlu 17,8 g, sedangkan 1 g karbohidrat perlu asam sulfat sebanyak 7,3 g. Karena lemak memerlukan asam sulfat yang paling banyak

dan memerlukan waktu destruksi cukup lama, maka sebaiknya lemak dihilangkan terlebih dahulu sebelum destruksi dilakukan. Asam yang digunakan minimum 10 ml (18,4 g). Sampel yang dianalisa sebanyak 0,4 - 3,5 g atau mengandung nitrogen sebanyak 0,02 - 0,04 g. Untuk cara mikro Kjeldahl bahan tersebut lebih sedikit lagi, yaitu 10-30 mg. Untuk mempercepat destruksi sering ditambahkan katalisator berupa campuran Na_2SO_4 dan HgO (20:1). Gunning menganjurkan menggunakan K_2SO_4 atau CuSO_4 . Dengan penambahan katalisator tersebut titik didih asam sulfat akan dipertinggi sehingga destruksi berjalan lebih cepat. Tiap 1 g K_2SO_4 dapat menaikkan titik didih 3°C . Suhu destruksi berkisar antara 370°C - 410°C . Selama destruksi terjadi reaksi sebagai berikut : (bila digunakan HgO).



Amonium sulfat yang terbentuk dapat mengadakan reaksi dengan merkuri oksida membentuk senyawaan kompleks. Apabila dalam destruksi menggunakan Hg sebagai katalisator maka sebelum proses distilasi Hg harus diendapkan terlebih dahulu dengan K_2S atau dengan thiosulfat agar supaya senyawa kompleks merkuri-ammonia pecah menjadi ammonium sulfat. Penggunaan selenium lebih reaktif dibandingkan merkuri dan kupri sulfat tetapi Se mempunyai kelemahan yaitu karena sangat cepatnya oksidasi maka nitrogennya justru mungkin ikut hilang. Hal ini dapat diatasi dengan pemakaian Se yang sangat sedikit yaitu kurang dari 0,25 g. Berbeda dengan merkuri, pemakaian Se sebagai katalisator

tidak perlu diberikan perlakuan lagi sebelum distilasi dilakukan. Proses destruksi sudah selesai apabila larutan menjadi jernih atau tidak berwarna. Agar supaya analisa lebih tepat maka tahap destruksi ini dilakukan pula perlakuan blangko yaitu untuk koreksi adanya senyawa N yang berasal dari reagensia yang digunakan.

3.2.3.2 Tahap distilasi

Pada tahap distilasi, ammonium sulfat dipecah menjadi ammonia (NH_3) dengan penambahan NaOH sampai alkalis dan dipanaskan. Agar supaya selama distilasi tidak terjadi superheating ataupun pemercikan cairan atau timbulnya gelembung gas yang besar maka dapat ditambahkan logam zink (Zn). Ammonia yang dibebaskan selanjutnya akan ditangkap oleh larutan asam standart. Asam standart yang dapat dipakai adalah asam klorida atau asam borat 4 % dalam jumlah yang berlebihan. Agar supaya kontak dengan asam dan ammonia lebih baik maka diusahakan ujung tabung distilasi tercelup sedalam mungkin dalam asam. Untuk mengetahui asam dalam keadaan berlebihan maka diberi indikator misalnya fenolftalein. Distilasi diakhiri bila sudah semua ammonia terdistilasi sempurna dengan ditandai distilat tidak bereaksi basis.

3.2.3.3 Tahap titrasi dan perhitungan kandungan protein.

Apabila penampung distilat digunakan asam klorida maka sisa asam klorida yang tidak bereaksi dengan ammonia dititrasi dengan NaOH standart (0,1 N). Akhir titrasi ditandai dengan tepat perubahan warna larutan menjadi merah

muda dan tidak hilang selama 30 detik bila menggunakan indikator fenolftalein. Selisih jumlah titrasi blanko dan sampel merupakan jumlah ekuivalen nitrogen.

$$\% \text{ N total} = \frac{\text{mL NaOH (blanko - sampel)}}{\text{berat sampel (g)} \times 1000} \times \text{N. NaOH} \times 14,008 \times 100 \%$$

Apabila penampung distilat menggunakan asam borat maka banyaknya asam borak yang bereaksi dengan ammonia dapat diketahui dengan titrasi menggunakan asam klorida 0,1 N dengan indikator (BCG + MR). Akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna larutan dari biru menjadi merah muda. Selisih jumlah titrasi sampel dan blanko merupakan jumlah ekuivalen nitrogen.

$$\% \text{ N total} = \frac{\text{mL HCl (blanko - sampel)}}{\text{berat sampel (g)} \times 1000} \times \text{N. HCl} \times 14,008 \times 100 \%$$

Setelah diperoleh % N, selanjutnya dihitung kadar proteinnya dengan mengalikan suatu faktor. Besarnya faktor perkalian N menjadi protein ini tergantung pada prosentase N yang menyusun protein dalam suatu bahan. Besarnya faktor perkalian untuk beberapa bahan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 8. Faktor perkalian N beberapa bahan

Macam bahan	Faktor perkalian
Bir, sirup, biji-bijian, ragi	6,25
Buah-buahan, the, anggur, malt	6,25
Makanan ternak	6,25
Beras	5,95
Roti, gandum, makarone, mie	5,70
Kacang tanah	5,46
Kedelai	5,75
Kenari	5,18
Susu	6,38
Gelatin	5,55

(Sumber, Sudarmadji, dkk, 1989)

3.3 Hipotesis Penelitian

Dari hasil dasar teori dan tinjauan pustaka di atas dapat diambil hipotesis atau jawaban sementara dari permasalahan yang dikemukakan di atas adalah di dalam ampas tahu dan produk olahannya masih terdapat kandungan proteinnya, kandungan protein akan optimal pada saat waktu fermentasi 48 jam.



BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Bahan-bahan

1. Ampas tahu dari, Ngawen, Klaten jenis kedelai Soybean
2. Tempe gembus, Ngawen, Klaten jenis kedelai Soybean
3. H_2SO_4 pekat 96,5 % (E. Merck)
4. CuSO_4 padat (E. Merck)
5. NaOH padat (E. Merck)
6. K_2SO_4 padat (E. Merck)
7. HCl cair 36,47 % (E. Merck)
8. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ padat (E. Merck)
9. Kertas pH (E. Merck)
10. Indikator fenolftalein cair 0,01 N (E. Merck)
11. Indikator metil jingga 0,1 N (E. Merck)
12. Aquades
13. Serbuk Zn padat (E. Merck)

4.1.2. Alat-alat

1. Satu set alat distilasi uap
2. Alat destruksi Kjeldahl
3. Oven listrik dari Memmert
4. Alat-alat gelas

4.2 Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan adalah merupakan limbah padat dari industri tahu yang berasal dari residu kacang kedelai. Sampel yang akan dianalisis diambil berumur tidak melebihi dari 24 jam, karena ampas tahu yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan dasar pembuatan tempe gembus atau tempe tidak melebihi waktu tersebut. Kemudian sampel ampas tahu yang diproses untuk dibuat tempe gembus. Sebagai awal analisis dari tempe gembus dimulai pada waktu fermentasi 0 jam, yaitu pada saat mulai ditambahkan suatu media fermentasi dalam bahan. Kemudian sampel tempe gembus dianalisis selanjutnya setelah waktu fermentasi berusia : 48; 72; dan 96 jam.

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Pembuatan larutan standar HCl 0,15 N

Larutan HCl Pekat 0,77 mL kadar 36,47 % dan berat jenis 1,939 g/mL, diencerkan hingga 100 mL. Larutan HCl encer distandarisasi dengan larutan natrium borak ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) yang telah dilarutkan dalam air. Standarisasi dilakukan dengan cara mentitrasi larutan natrium borak baku dengan larutan HCl encer menggunakan indikator metil jingga. Titrasi dihentikan setelah terjadi perubahan warna dari kuning ke jingga.

4.3.2 Pembuatan larutan standar NaOH 0,1 N

Kristal NaOH 0,40 g dilarutkan dalam air hingga volumenya 100 mL. Larutan NaOH dititrasi dengan larutan HCl hasil standarisasi dengan indikator

fenolftalein. Titrasi dihentikan setelah terjadi perubahan warna dari merah ke jernih dan tidak berubah selama 30 detik.

4.3.3 Penentuan kadar protein pada ampas tahu.

Ampas sebanyak 0,30 g didestruksi dengan 7 ml H_2SO_4 pekat dalam labu Kjeldahl menggunakan 0,25 g $CuSO_4$, dan 0,75 g K_2SO_4 . Campuran dipanaskan dalam lemari asam. Awalnya dilakukan pemanasan dengan nyala api kecil hingga berhenti berasap, kemudian dengan nyala api yang besar hingga larutan berubah menjadi jernih.

Larutan hasil destruksi ditambah NaOH berlebih hingga menjadi basa. Proses ini dilakukan dengan penangas es untuk mencegah penguapan NH_3 . Kemudian dilakukan destilasi uap terhadap larutan tersebut dengan menambahkan serbuk Zn ke dalam labu destilasi. Destilat ditampung dalam Erlenmeyer yang berisi HCl yang normalitasnya sudah diketahui. Distilasi dihentikan setelah distilat yang keluar tidak bersifat basa. Distilat dititrasi dengan NaOH baku menggunakan indikator fenolftalein sampai warnanya menjadi merah dan tidak berubah selama 30 detik. Dengan menggunakan rumus ini dapat ditentukan kadar protein dalam sampel.

mL NaOH (blanko - sampel)

$$\% N \text{ total} = \frac{\text{mL NaOH (blanko - sampel)}}{\text{berat sampel (g)} \times 1000} \times N. \text{ NaOH} \times 14,008 \times 100 \%$$

$$\% \text{ protein} = \% N \times \text{faktor (tabel 8)}$$

4.3.4 Penentuan kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 0; 48;

72; 96 jam

Cara penentuan atau perlakuan sampel sama dengan cara 4.3.3 di atas.



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kadar Protein Pada Ampas Tahu

Tabel di bawah ini adalah hasil penentuan kadar protein pada ampas tahu.

Tabel 9. Kadar protein pada ampas tahu

Percobaan	NaOH		Kadar Protein (%)
	N	mL	
1	0,12	34,80	5,46
2	0,12	34,60	6,09
3	0,12	34,70	5,81

Volume titrasi NaOH pada blanko = 36,50 mL

Dari data di atas terlihat bahwa ampas tahu yang merupakan sisa dari industri tahu yang berbentuk padatan dengan bahan bakunya adalah kacang kedelai. Setelah dilakukan penelitian, kandungan proteinnya masih terdapat rata-rata sebesar 5,79 %. Apabila hasil data di atas dibandingkan dengan hasil penelitian tentang kadar protein pada kacang kedelai yang dilakukan oleh Trangana (1989) dalam Suharwanto (1997), kadar protein dalam kacang kedelai sebesar 40,36 %. Kadar protein dalam ampas tahu jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan kadar protein dalam kacang kedelai. Pengurangan ini dikarenakan dalam industri tahu terjadi proses pengambilan sari-sari kacang kedelai melalui proses ekstrak dengan air, sehingga tentunya juga kandungan protein juga ikut terlarut. Bukan protein saja yang ikut terambil, tetapi senyawa-

senyawa lain yang dapat larut dalam air akan ikut terambil juga. Senyawa-senyawa yang lain misalnya ; lemak, karbohidrat, dan serta yang lainnya.

5.2 Kadar Protein Pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 0 Jam

Tabel di bawah ini adalah hasil penentuan kandungan protein pada tempe gembus waktu fermentasi 0 jam.

Tabel 10. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 0 jam

Percobaan	NaOH		Kadar Protein (%)
	N	mL	
1	0,12	34,80	5,46
2	0,12	34,80	5,46
3	0,12	34,90	5,12

Volume titrasi NaOH pada blanko = 36,50 mL

Tempe yang berasal dari ampas tahu merupakan suatu tempe yang diproduksi oleh banyak masyarakat dengan memanfaatkan sisa dari hasil industri tahu dengan bahan dasarnya kacang kedelai. Dari hasil penelitian yang dilakukan, pada saat tempe gembus usia 0 jam atau pada saat akan dimulainya proses fermentasi didapatkan kadar proteinnya rata-rata sebesar 5,35 %. Kadar protein pada tempe usia 0 jam ini sedikit kecil atau menurun bila dibandingkan dengan kadar protein pada ampas tahu sebagai bahan bakunya, kandungan protein berkurang karena dalam proses pembuatan tempe ini melalui proses perendaman, pencucian, dan perebusan bahan baku yang digunakan. Sehingga secara tidak

langsung ataupun langsung akan mempengaruhi kadar protein dari ampas tahu tersebut. Walaupun perbedaan tersebut tidaklah terlalu signifikan.

5.3 Kadar Protein Pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 48 Jam

Tabel di bawah ini adalah hasil penentuan kandungan protein pada tempe gembus waktu fermentasi 48 jam.

Tabel 11. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 48 jam

Percb	NaOH		Kadar Protein (%)
	N	mL	
1	0,12	34,60	6,09
2	0,12	34,60	6,09
3	0,12	34,70	5,81

Volume titrasi NaOH pada blanko = 36,50 mL

Pada waktu fermentasi tempe 48 jam, pada kondisi ini merupakan fase optimal fermentasi dari tempe gembus dan siap untuk dipasarkan. Pada fase ini terjadi penurunan suhu, jumlah asam lemak yang dibebaskan dan pertumbuhan jamur hampir sedikit, flavor spesifik tempe optimal, tekstur lebih kompak (Sudarmadji, 1977 dalam Kasmidjo, 1986). Dari data di atas didapatkan kandungan protein rata-ratanya sebesar 6,00 %. Bila dibandingkan dengan kadungan protein pada tempe usia 0 jam, kandungan protein pada tempe usia 48 jam cenderung lebih besar atau dapat dikatakan naik. Menurut Murata,*et.al.*, (1967) dalam Bambang Sulisty, (1998), pada umur fermentasi antara 36-60 jam terjadi perubahan jumlah kandungan asam amino yaitu lisin mengalami

penurunan sebesar 10 % dan metionin menurun 3-10 %. Sedangkan triptophan dan alanin naik sampai 20 %. Tetapi secara keseluruhan asam amino mengalami kenaikan pada tempe umur tersebut. Pembahasan di atas dapat juga dianalogkan pada tempe yang terbuat dari ampas tahu (tempe gembus).

5.4 Kadar Protein Pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 72 Jam

Tabel di bawah ini adalah hasil penentuan kandungan protein pada tempe gembus waktu fermentasi 72 jam.

Tabel 12. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 72 jam

Percb	NaOH		Kadar Protein (%)
	N	mL	
1	0,12	34,90	5,12
2	0,12	35,00	4,83
3	0,12	34,80	5,46

Volume titrasi NaOH pada blanko = 36,50 mL

Pada waktu fermentasi tempe gembus 72 jam, dari data di atas didapatkan kandungan protein rata-ratanya sebesar 5,14 %. Bila dibandingkan dengan kandungan protein tempe gembus waktu fermentasi 0 jam kandungan protein pada waktu fermentasi 72 jam lebih kecil dan bila dibandingkan dengan kandungan protein pada waktu fermentasi 48 jam terlihat kandungan protein pada waktu fermentasi 72 jam cenderung lebih menurun. Perbedaan ini dikarenakan tempe gembus pada waktu fermentasi 72 jam mulai ditumbuhi oleh mikroorganisme yang berupa bakteri yang akan mengakibatkan terjadinya proses pembusukan

melalui proses hidrolisis dengan enzim protease menjadi pepton. Kemudian pepton diubah lagi menjadi polipeptida dan asam-asam amino bebas. Asam-asam amino bebas kemudian dilepaskan ke udara bersama gas-gas yang lain sehingga menyebabkan terjadinya bau busuk. Pada tempe usia 72 jam ini kandungan protein berkurang walaupun tidak terlalu signifikan, karena mikroorganisme yang tumbuh belum pada kondisi optimal.

5.5 Kadar Protein Pada Tempe Gembus Waktu Fermentasi 96 Jam

Tabel di bawah ini adalah hasil penentuan kandungan protein pada tempe gembus waktu fermentasi 96 jam.

Tabel 13. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 96 jam

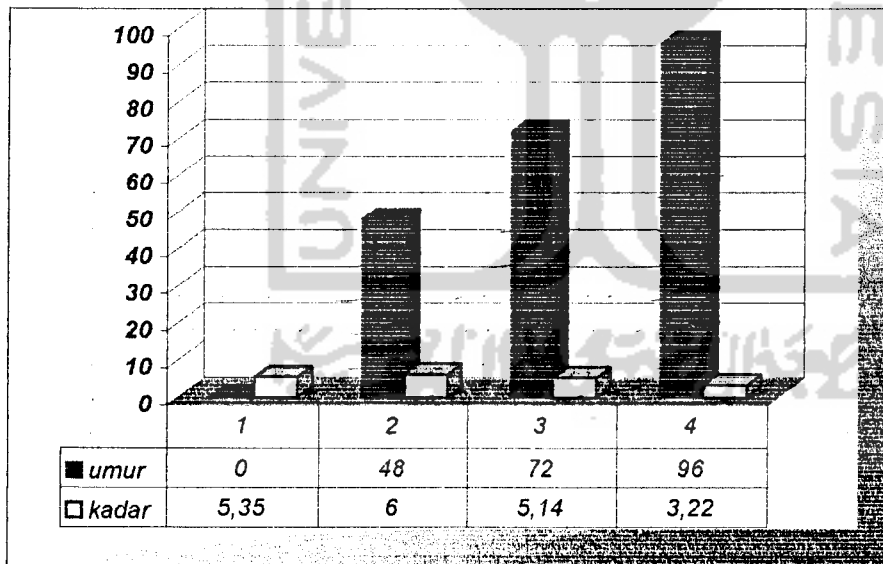
Percb	NaOH		Kadar Protein (%)
	N	mL	
1	0,12	35,50	3,22
2	0,12	35,40	3,57
3	0,12	35,60	2,88

Volume titrasi NaOH pada blanko = 36,50 mL

Pada waktu fermentasi tempe gembus 96 jam, kondisi ini tempe gembus mulai terjadi pembusukan. Pada fase ini terjadi kenaikan jumlah mikroorganisme yang berupa bakteri. Begitu pula dengan jumlah asam lemak bebas mengalami kenaikan. Pertumbuhan jamur hampir tidak ada, terjadi perubahan flavor karena degradasi protein lanjut (Sudarmadji, 1977 dalam Kasmidjo 1986).

Bila dibandingkan dengan kandungan protein pada waktu fermentasi 72 jam, kandungan protein pada umur fermentasi 96 jam jauh lebih menurun. Penurunan ini disebabkan karena sudah banyaknya bakteri yang tumbuh yang mengubah protein melalui pepton, kemudian pepton diubah lagi menjadi polipeptida dan asam-asam amino bebas. Selanjutnya asam-asam amino bebas tersebut dilepaskan ke udara bersama gas-gas lain yang mengakibatkan atau mengeluarkan bau busuk. Kandungan protein pada tempe gembus waktu fermentasi 96 jam rata-rata sebesar 3,22 % akan jauh menurun lagi bila pada waktu fermentasi lebih dari 96 jam.

Berikut ini grafik hubungan antara kandungan protein rata-rata tempe gembus (% b/b) dengan waktu (jam) fermentasi tempe gembus.



Gambar 1. Grafik hubungan antara waktu fermentasi tempe gembus dengan kadar protein

Dari grafik di atas terlihat bahwa kandungan protein tempe gembus pada waktu fermentasi 0 jam 5,35 % dan pada waktu fermentasi 48 jam kandungan proteinnya naik menjadi 6,00 % kemudian turun lagi menjadi 5,14 % pada waktu fermentasi 72 jam dan akhirnya jauh akan turun lagi menjadi 3,22 % pada waktu fermentasi tempe 96 jam. Perbedaan-perbedaan kandungan protein ini dikarenakan selama proses fermentasi dari ampas menjadi tempe melibatkan mikroorganisme penambah nitrogen, di dalamnya yang berupa jamur dan bakteri. Bakteri dan jamur ada yang mampu menyerap langsung nitrogen ke udara untuk disusun menjadi senyawa-senyawa protein atau asam-asam amino tertentu. Protein atau asam-asam amino yang digunakan untuk meningkatkan biomasa sel mikroorganisme disamping mengambil nitrogen dari ampas tahu. Mikroorganisme ini juga melepaskan nitrogen dari ampas tahu ke udara dalam bentuk ammonia. Jadi selama fermentasi jamur tempe terjadi pemasukan dan pengeluaran nitrogen dalam sistem. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Zamorra dan venn (1979) dalam Kasmidjo (1986), yang menyatakan bahwa selama proses penempahan dari biji kedelai menjadi tempe kadar proteinnya tidak jauh berbeda.

Kandungan protein mengalami penurunan setelah tempe membusuk. Penurunan kadar protein diatas terjadi karena tempe mengalami pengrusakan oleh mikroorganisme yang berupa bakteri melalui proses hidrolisis dengan enzim protease menjadi pepton. Pepton diubah lagi menjadi polipeptida dan asam-asam amino bebas yang kemudian asam-asam amino bebas tersebut dilepaskan keudara bersama gas-gas lain. Proses ini dilakukan oleh bakteri anaerob dari genus *clostridium*, misalnya; *C.aerofactidium*, *C. histlitikum*. Bakteri lainyang bersifat

anaerob antara lain; *Pseudomonas putrefacten*; *Florobacterium clatolitikum* dan *Proteus fulgaris*. Semua bakteri tersebut menghasikan bau busuk yang sangat menyengat. Bau semakin menyengat karena diikuti dengan pembusukan karbohidrat dan lemak. Karbohidrat terdegradasi oleh bakteri, jamur dan khamir menjadi asam organik dan CO₂. Sedangkan lemak terdegradasi oleh jamur dan bakteri menjadi asam lemak dan gliserol. Penguapan ammonia dari pembusukan tempe di atas menyebabkan kandungan protein dalam tempe menurun (Bazier, 1977 dalam Suharwanto, 1997).

Keuntungan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dapat diketahui kelebihan tempe dibandingkan ampas tahu sebagai bahan awalnya, dapat menentukan usia tempe yang paling baik dikonsumsi dari segi gizi maupun cita rasa dan kenampakan fisiknya dibandingkan bahan asalnya. Kelebihan tempe dari ampas tahu secara umum dapat diuraikan sebagai berikut; dari ampas tahu dapat dibuat dengan memanfaatkan limbah dari hasil industri tahu, tempe lebih lunak sehingga mudah dicerna oleh pencernaan, memberikan kenampakan yang putih atau menarik, menghilangkan rasa pahit dan bau langu dari bahan awalnya dan menggantikan bau segar. Dari segi gizinya jelas bahwa proses penempehan meningkatkan nilai gizi. Pertama meningkatkan kadar protein dalam bahan, kedua mengurangi zat anti gizi seperti anti tripsin, hemoglutinin dan asam fitat (Tranggana, 1988).

5.6 Kandungan Protein Pada Beberapa Bahan Makanan yang Terbuat dari Kacang Kedelai

Tabel di bawah ini digunakan untuk lebih memperkuat hasil dari penelitian yang kami lakukan, dengan membandingkan hasil penelitian yang kami lakukan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tirta Setiawati (1990) dan Suharwanto (1997).

Tabel 14. Kandungan protein pada beberapa bahan makanan yang terbuat dari kacang kedelai

Nama Bahan	Kandungan Protein
Tempe kedelai	18,3*
	16,81**
Tahu	7,8*
Tempe gembus	6,00

* LPG Bogor dalam Tirta Setiawati. N.P., 1990

** Suharwanto, 1997

Dari grafik di atas memperlihatkan kandungan protein beberapa bahan makanan yang terbuat dari bahan kacang kedelai. Dilihat dari kandungan protein beberapa bahan makanan di atas terlihat kandungan protein pada tempe yang dibuat langsung dari kacang kedelai mempunyai kandungan protein paling tinggi. Tahu yang juga terbuat dari kacang kedelai mempunyai kandungan protein 7,8 %, bila dibandingkan dengan kandungan protein pada tempe kedelai tentunya lebih kecil. Perbedaan kandungan protein pada tahu dengan kandungan protein pada tempe kedelai ini disebabkan karena perbedaan proses pembuatan bahan makanan tersebut. Tahu dibuat dengan mengambil filtrat yang terdapat dalam kacang

kedelai melalui proses ekstrak dengan pelarut air, sedangkan tempe dibuat langsung tanpa mengambil filtrat yang terdapat dalam kacang kedelai tetapi melalui proses perendaman, perebusan, dan fermentasi. Proses pengambilan filtrat dalam pembuatan tahu dengan pelarut air secara tidak langsung protein yang mempunyai sifat mudah larut ikut dalam air akan ikut larut, sedangkan protein yang tidak larut dalam air tetap akan tertinggal dalam residu. Kandungan protein dalam tempe yang terbuat dari residu pembuatan tahu atau yang sering dikenal dengan tempe gembus mempunyai kandungan protein sebesar 6,0 %. Pada grafik di atas kandungan protein dalam tempe gembus adalah yang paling kecil bila dibandingkan dengan kandungan protein pada tahu ataupun dengan kandungan protein yang terdapat dalam tempe kedelai.

Dari hasil di atas dapat diambil kesimpulan, nilai gizi dari ketiga sumber bahan makanan itu bila dilihat dari kandungan proteinnya, tempe kedelai mempunyai nilai gizi yang paling tinggi bila dibandingkan dengan tempe gembus dan tahu, sedangkan tempe gembus mempunyai nilai gizi yang paling rendah bila dibandingkan dengan tempe kedelai dan tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, M., 1987, *Interaksi Zat Besi Dengan Asam Fitat dan Protein Dalam Tempe*, PAU, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Bambang Sulistyono., 1998, *Pengaruh Usia Fermentasi tempe Terhadap Komposisi Minyak Tempe*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Buckle, K.A., 1987, *Food Science*, Diterjemahkan oleh Hari Purnama, UI Press, Jakarta.
- Harrper, Laura J., dkk., 1986, *Pangan, Gizi dan Pertanian*, Diterjemahkan oleh Suhardjo, Edisi Kedua, Penerbit UI-Press.
- Harris, R., Karmas, E., 1986, *Nutritional Evaluation of Food*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Johnson., 1974, *Encyclopedia of Food Technology*, AVI Publisher, West port.
- John M. deMan, 1997, *Kimia Makanan*, Diterjemahkan oleh Prof., Dr., Kosasih Padmawinata, Edisi Kedua, ITB, Bandung.
- Kasmidjo, R.B., 1986, *Tempe; Mikrobiologi, Biokimia Tempe, serta Pengolahannya*, PAU, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Noor, Z., 1992, *Senyawa Anti Gizi*, PAU, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Potter, C, Suparwadi., 1994, *Limbah Cair berbagai Industri di Indonesia*, EMDI – Bapedal, Jakarta.
- Rahayu, K., 1988, *Proses-proses Mikrobiologi Pangan*, PAU, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Setiawati, N.P., Tirta 1990, *Pembuatan Bahan Makanan Tahu dari Blondo, Hasil Samping Proses Pembuatan Minyak Kelapa*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta
- Sudarmadji, S., dkk., 1997, *Prosedur Analisa untuk Makanan dan Pertanian*, Liberty, Jogjakarta.
- Stainkraise, K., 1989, *Industrialization of India Genous Fermented Food*, Merced Dekker, New York
- Suharwanto., 1997, *Penentuan Kadar Protein Dalam Kedelai, Tempe, dan Tempe Busuk dengan Metode Distruksi*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Tomy, R.S., 1998, *Pengolahan Limbah Industri Tahu menggunakan Zeolit Aktif Pada Prototipe Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL)*, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

Tranggana., 1988, *Kimia Nutrisi Pangan*, PAU, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.





وَمَا كُنَّا بِمُعَظَّمِي الْخَلْقِ إِنَّا لَكَاثِرُونَ

Lampiran 1.1. Standarisasi larutan HCl 0,15 N

Volume titrasi HCl rata-rata = 32,80

Volume $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ = 50,00 mL.

Konsentrasi $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ = 0,10 N

$$V_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} \times N_{\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{HCl}} \times N_{\text{HCl}}$$

$$N_{\text{HCl}} = \frac{50,00 \text{ mL} \times 0,10 \text{ N}}{32,80 \text{ mL}}$$
$$= 0,15$$

Lampiran 1.2. Standarisasi larutan NaOH 0,10 N

$V_{\text{NaOH}} = 20,00 \text{ mL}$

$V_{\text{titrasi rata-rata HCl}} = 15,80 \text{ mL}$

$N_{\text{HCl}} = 0,15 \text{ N}$

$$V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} = V_{\text{titrasi rata-rata HCl}} \times N_{\text{HCl}}$$

$$N_{\text{NaOH}} = \frac{15,80 \text{ mL} \times 0,15 \text{ N}}{20,00 \text{ mL}}$$
$$= 0,12$$

Lampiran 1.3. Data titrasi blanko

Percobaan	HCl		NaOH	
	N	mL	N	mL
1	0,15	50	0,12	36,50
2	0,15	50	0,12	36,80
3	0,15	50	0,12	36,30

Volume titrasi NaOH rata-rata pada blanko adalah = 36,5 mL.

Lampiran 1.4. Perhitungan kadar protein pada ampas tahu dan tempe

gembus

$$\% N = \frac{\text{mL NaOH (blanko-sampel)}}{\text{berat sampel (g)} \times 1000} \times N. \text{ NaOH} \times 14,01 \times 100$$

$$\% \text{ Protein} = \% N \times \text{faktor (5,75)}$$

1.4.1 Kadar protein pada ampas tahu

Percobaan 1

$$\% N = \frac{(36,50 - 34,80) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100$$
$$= 0,95$$

$$\% \text{ Protein} = 0,95 \times 5,75$$

$$= 5,46$$

Percobaan 2

$$\% N = \frac{(36,50 - 34,60) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100$$
$$= 1,06$$

$$\% \text{ Protein} = 1,06 \times 5,75$$

$$= 6,09$$

Percobaan 3

$$\% N = \frac{(36,50 - 34,70) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100$$

$$= 1,01$$

$$\% \text{ Protein} = 1,01 \times 5,75$$

$$= 5,81$$

$$\% \text{ Kadar protein rata-rata ampas tahu} = \frac{5,46 + 6,09 + 5,81}{3}$$

$$= 5,79$$

1.4.2. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 0 jam

Percobaan 1

$$\% \text{ N} = \frac{(36,50 - 34,80) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,001 \text{ g/mol} \times 100$$

$$= 0,95$$

$$\% \text{ Protein} = 0,95 \times 5,75$$

$$= 5,46$$

Percobaan 2

$$\% \text{ N} = \frac{(36,50 - 34,80) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100$$

$$= 0,95$$

$$\% \text{ Protein} = 0,95 \times 5,75$$

$$= 5,46$$

Percobaan 3

$$\% \text{ N} = \frac{(36,50 - 34,90) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100$$

$$= 1,06$$

$$\% \text{ Protein} = 1,06 \times 5,75$$

$$= 5,12$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar protein rata-rata ampas tahu} &= \frac{5,46 + 5,46 + 5,12}{3} \\ &= 5,32 \end{aligned}$$

1.4.3. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 48 jam

Percobaan 1

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(36,50 - 34,60) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 1,06 \times 5,75 \\ &= 6,09 \end{aligned}$$

Percobaan 2

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(36,50 - 34,60) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 1,06 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 1,06 \times 5,75 \\ &= 6,09 \end{aligned}$$

Percobaan 3

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(36,50 - 34,70) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 1,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 1,01 \times 5,75 \\ &= 5,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{\% Kadar protein rata-rata ampas tahu} &= \frac{6,09 + 6,09 + 5,81}{3} \\ &= 6,00 \end{aligned}$$

1.4.4. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 72 jam

Percobaan 1

$$\begin{aligned} \text{\% N} &= \frac{(36,50 - 34,90) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 0,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{\% Protein} &= 0,89 \times 5,75 \\ &= 5,12 \end{aligned}$$

Percobaan 2

$$\begin{aligned} \text{\% N} &= \frac{(36,50 - 35,00) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 0,84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{\% Protein} &= 0,84 \times 5,75 \\ &= 4,83 \end{aligned}$$

Percobaan 3

$$\begin{aligned} \text{\% N} &= \frac{(36,50 - 34,80) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{\% Protein} &= 0,95 \times 5,75 \\ &= 5,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Kadar protein rata-rata ampas tahu} &= \frac{5,12 + 4,83 + 5,46}{3} \\ &= 5,14 \end{aligned}$$

1.4.5. Kadar protein pada tempe gembus waktu fermentasi 96 jam

Percobaan 1

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(36,50 - 35,50) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 1,06 \times 5,75 \\ &= 3,22 \end{aligned}$$

Percobaan 2

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(36,50 - 35,40) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 0,62 \times 5,75 \\ &= 3,57 \end{aligned}$$

Percobaan 3

$$\begin{aligned} \% \text{ N} &= \frac{(36,50 - 35,60) \text{ mL}}{0,30 \text{ g} \times 1000} \times 0,12 \text{ N} \times 14,01 \text{ g/mol} \times 100 \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Protein} &= 1,01 \times 5,75 \\ &= 2,88 \end{aligned}$$