

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai

Menurut para ahli botani, kedelai merupakan tanaman yang berasal dari Manchuria dan sebagian Cina, di mana terdapat banyak jenis kedelai liar. Kemudian menyebar ke daerah-daerah tropika dan subtropika. Setelah dilakukan pemuliaan, dihasilkan jenis-jenis kedelai unggul yang dibudidayakan. Umur panen tanaman kedelai berbeda-beda tergantung varietasnya tetapi umumnya berkisar antara 75 dan 105 hari.

Kedelai (*Glycine Max Merr*) merupakan salah satu hasil pertanian yang sangat penting artinya sebagai bahan makanan, karena jumlah dan mutu protein yang dikandungnya sangat tinggi yaitu sekitar 40 % dan susunan asam amino esensialnya lengkap serta sesuai sehingga protein kedelai mempunyai mutu yang mendekati mutu protein hewani (Hardjo, 1964). Komposisi kimia kedelai kering per 100 gram dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Kedelai Kering Per 100 gram

No	Komposisi	Jumlah
1.	Kalori (Kkal)	331,0
2.	Protein (gram)	34,9
3.	Lemak (gram)	18,1
4.	Karbohidrat (gram)	34,8
5.	Kalsium (mg)	227,0
6.	Fosfor (mg)	585,0
7.	Besi (mg)	8,0
8.	Vitamin A (SI)	110,0
9.	Vitamin B1 (mg)	1,1
10.	Air (gram)	7,5

(Cahyadi, 2007)

Kacang-kacangan dan umbi-umbian cepat sekali terkena jamur (aflatoksin) sehingga mudah menjadi layu dan busuk. Untuk mengatasi masalah ini, bahan tersebut perlu diawetkan. Hasil olahannya dapat berupa makanan seperti keripik, tahu dan tempe, serta minuman seperti bubuk dan susu kedelai. Kedelai mengandung protein 35% bahkan pada varitas unggul kadar proteinnya dapat mencapai 40 - 43%. Dibandingkan dengan beras, jagung, tepung singkong, kacang hijau, daging, ikan segar, dan telur ayam, kedelai

mempunyai kandungan protein yang lebih tinggi, hampir menyamai kadar protein susu skim kering.

2.2 Tahu

Tahu sebagai salah satu produk olahan kedelai yang merupakan sumber penyediaan protein yang sangat baik tubuh karena jumlah protein yang dikandungnya serta daya cernanya yang tinggi. Tahu pertama kali dibuat sekitar tahun 200 SM oleh salah seorang juru masak Cina yang secara tidak sengaja menambahkan nigari atau larutan garam ke dalam sari kedelai hingga terjadi proses penggumpalan menjadi padatan. Sejak saat itu maka tahu sebagai produk olahan kedelai diterima sebagai suatu sumber kesehatan bagi orang Asia.

Kata tahu berasal dari bahasa Cina yaitu *tao-hu* atau *teu-hu*. Kata *tao* yang berarti kedelai, sementara *hu* berarti lumat atau menjadi bubur. Di Jepang, tahu dikenal dengan nama *tofu*, sedangkan dalam bahasa Inggris disebut *soybean curd* atau *tofu*.

Proses pembuatan tahu terdiri dari dua bagian, yaitu pembuatan susu kedelai dan penggumpalan proteinnya. Susu kedelai dibuat dengan merendam kedelai dalam air bersih. Perendaman dimaksudkan untuk melunakkan struktur selular kedelai sehingga mudah digiling dan memberikan dispersi dan suspensi bahan padat kedelai lebih baik pada waktu ekstraksi. Perendaman juga dapat mempermudah pengupasan kulit kedelai akan tetapi perendaman yang terlalu lama dapat mengurangi total padatan. Kedelai yang telah direndam kemudian dicuci, digiling dengan alat penggiling bersama-sama air panas (80°C) dengan perbandingan 1:10. Bubur kedelai yang dihasilkan selanjutnya disaring dan filtratnya dididihkan selama 30 menit pada suhu 100–110°C. Susu kedelai yang dihasilkan kemudian digumpalkan. Zat penggumpal yang dapat digunakan adalah, asam laktat, asam asetat dan batu tahu (CaSO₄) (Margono dkk. 2000), dan CaCl₂ (Koswara, 1992).

Syarat mutu tahu berdasarkan SNI 01-3142-1992 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu Tahu Berdasarkan SNI 01-3142-1992

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan :		
	Bau	-	Normal
	Rasa	-	Normal

	Warna	-	Putih bersih atau kuning Bersih
	Penampakan	-	Normal tidak berlendir dan tidak berjamur
2.	Abu	% (b/b)	Maks. 1,0
3.	Protein	% (b/b)	Min. 9,0
4.	Serat kasar	% (b/b)	Maks. 0,1
5.	Bahan tambahan makanan	-	Sesuai SNI 01-0222-1995 dan Peraturan Men.Kes No 722/Men.Kes/ Per/ IX/ 1988
6.	Cemaran mikroba:	-	
	Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. $1,0 \times 10^6$
	Escherichia coli	APM/g	
	Salmonella /25 g	-	Negatif

2.3 Protein

Protein, asal kata *protos* dari bahasa Yunani yang berarti "yang paling utama" adalah senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida (<http://id.wikipedia.org/wiki/Protein>). Protein adalah sumber asam-asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O dan N yang mana tidak dimiliki oleh lemak atau karbohidrat. Molekul protein juga mengandung fosfor, belerang, dan ada beberapa jenis mengandung unsur logam seperti besi dan tembaga. Protein merupakan zat makanan yang berfungsi sebagai bahan bakar dalam tubuh, zat pembangun dan pengatur yang sangat berguna bagi tubuh manusia.

Tabel 3. Macam-macam Protein Berdasarkan Bentuk

No	Protein	Ciri-Ciri /Contoh
1.	Bentuk Serat (Tidak Larut)	
	Kauogen	Jaringan penghubung, urat daging
	α -Kerotin	Rambut, kulit
	Elastin	Jaringan penghubung
2.	Bentuk bulat (larut)	
	Insulin	Hormone pengatur metabolisme
	Lisozim	Enzim hidrolitik

	Ribonuklease	Enzim pengatur RNA
	Albumin	Protein yang menggumpal bila dipanaskan, terdapat pada darah, telur
	Immunoglobulin	Protein yang terlibat dalam penebalan
	Mioglobin	Protein yang terlibat dalam pengangkutan oksigen

(Siregar, 1988)

Protein kedelai yang sebagian besar adalah globulin, mempunyai titik isoelektris 4,1 - 4,6. Globulin akan mengendap pada pH 4,1 sedangkan protein lainnya seperti proteosa, prolamin dan albumin bersifat larut dalam air sehingga diperkirakan penurunan kadar protein dalam perebusan disebabkan terlepasnya ikatan struktur protein karena panas yang menyebabkan terlarutnya komponen protein dalam air (Anglemier and Montgomery, 1976).

Pada umumnya untuk mengetahui kadar protein pada suatu bahan dilakukan suatu penentuan jumlah protein total dengan menentukan jumlah nitrogen (N) yang dikandung. Penentuan protein berdasarkan jumlah N menunjukkan protein kasar karena masih terdapat senyawa lain yang terkandung seperti asam nukleat, nitrat, nitrit, asam amino, amida dan beberapa senyawa lainnya.

Analisis protein dengan cara Kjeldhal terdiri atas tiga tahap yaitu proses destruksi, destilasi, dan titrasi. Selain cara Kjeldhal dapat pula ditentukan dengan cara Van Slyke yaitu dengan menentukan N dengan jalan mereaksikan asam amino dengan asam nitrit sehingga N akan bebas. Gas nitrogen yang hilang akan diukur banyaknya secara volumetri. Dengan mengetahui kadar N total maka berat protein dapat diketahui dengan mengalikan faktor konversi bahan yang digunakan.

$$\text{Berat Protein} = \text{Faktor Konversi} \times \text{Berat N}$$

Tabel 4. Faktor Konversi Protein Untuk Berbagai Macam Bahan

No.	Bahan	Faktor Konversi
1.	Sirup, ragi, makanan ternak, buah.	6,25
2.	Beras	5,95
3.	Roti, gandum, macaroni, bakmi.	5,70
4.	Kacang tanah	5,46
5.	Kedelai	5,71
6.	Kenari	5,18
7.	Susu dan hasil olahannya	5,38

(Winarno dan A. Rahman, 1974)

Dalam ekstraksi padat cair komponen yang akan dipisahkan berasal dari padat. Sebagai contoh dari sistem ekstraksi padat cair adalah biji-bijian, batang, daun dan sebagainya dalam hal ini bahan yang diekstrak berupa komponen seperti protein, pectin, tannin, minyak atsiri, zat warna dan sebagainya yang berasal dari bahan yang berbeda.

Pelarut yang biasa digunakan untuk proses ekstraksi dalam praktek sehari-hari adalah air. Ekstraksi protein kedelai dilakukan untuk mengambil protein dari kedelai (padatan) dengan penambahan air sebagai zat pendispersi protein. Pada proses ekstraksi protein terbentuk dua fasa seimbang (*rafinat* dan *ekstrak*), dimana *rafinat* berupa ampas yang masih mengandung sedikit protein dan fase ekstrak yang kaya akan air (*solven*) dan protein. Pada fase ekstrak, pemisahan antara air dengan protein dapat dilakukan dengan penambahan koagulan (http://eprints.undip.ac.id/makalah_ekstraksi-protein-kedelai.pdf).

Pemilihan air sebagai *solven* karena air dapat melarutkan protein dengan baik, tidak beracun, tidak bereaksi secara kimia dengan *solute* maupun *diluen*. Proses pemisahan antara air dengan protein dapat dilakukan cukup dengan penambahan koagulan, relatif murah dan mudah di dapat.

2.4 Minimasi Limbah

2.4.1 Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.

2.4.2 Limbah Tahu

Dalam proses pembuatan tahu ada 3 macam limbah, yaitu:

1. Limbah Padat

Limbah padat berasal dari proses penyaringan bubur kedelai setelah masak yaitu berupa ampas tahu. Ampas tahu ini mempunyai nilai tinggi sehingga banyak dimanfaatkan untuk membuat tempe gembus atau makan ternak.

2. Limbah Cair

Limbah cair merupakan sisa atau kelebihan proses pengolahan tahu yang tidak bisa dihindari. Limbah cair dari pengolahan tahu masih mengandung zat-zat yang terkandung dalam kedelai, di antaranya protein, karbohidrat dan lemak meskipun dalam jumlah yang relatif kecil. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu berkisar antara 15-20 l/kg bahan baku kedelai, sedangkan beban pencemaran kira-kira 30 kg TSS/ kg bahan baku kedelai, BOD 65 g/ kg bahan baku kedelai dan COD 130 g/kg bahan baku kedelai (Parmiyatni dan laily, 2001).

Spesifikasi limbah cair tahu, berwarna keruh dan bau sangat menyengat. Limbah cair tahu mempunyai beberapa jenis antara lain sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur pada saat proses karena kurang sempurnanya proses penggumpalan, limbah cair tahu terlihat keruh dan berwarna kuning muda keabu-abuan dan bila dibiarkan akan berwarna hitam dan berbau busuk.

Sumber timbulnya limbah cair industri tahu berasal dari air yang banyak digunakan sebagai bahan pencuci, perendaman dan merebus kedelai untuk proses produksinya. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Karena sumber limbah yang berbeda-beda maka karakteristiknya berbeda pula. Untuk limbah air buangan yang berasal dari pencucian dan perendaman nilai pencemarannya tidak begitu tinggi sehingga dapat dibuang langsung. Sedangkan untuk air buangan dari proses perebusan, nilai pencemaran cukup tinggi sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang.

Pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l. Sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut. Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan (<http://p3n1quteknik.blogspot.com>).

3. Limbah Gas

Limbah gas dari industri tahu berupa asap dari proses pemasakan bubur kedelai dan bau yang tidak sedap dari hasil limbah cairnya yang jika tidak dikelola dengan baik. Apabila limbah cair tersebut terdegradasi secara anaerobik menghasilkan berbagai gas antara lain CH₄, CO₂, O₂, N₂, CO dan H₂S. Emisi gas metana merupakan gas rumah kaca yang memiliki efek lebih kuat dibandingkan efek karbon dioksida (Proteous, 1992).

Limbah cair tahu sifatnya cenderung asam, berkisar antara pH 4-5. Pada keadaan inilah yang mengakibatkan limbah mengeluarkan bau busuk yang berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik di dalam air.

2.5 Uji Limbah

Limbah yang dihasilkan dari sistem pengolahan limbah cair harus memenuhi baku mutu limbah cair yang dikeluarkan oleh pemerintah daerah setempat. Limbah cair industri tahu memiliki baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor : 10 Tahun 2004 tanggal 30 Juli 2004, dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

No	Parameter	Industri Tahu	
		Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)
1.	Temperatur	38°C	-
2.	BOD ₅	150	3
3.	COD	275	5,5
4.	TSS	100	2
5.	pH	6,0 – 9,0	
6.	Debit Maksimum	20 m ³ /ton kedelai	

(Bapedal Jateng, 2004)

Catatan:

- a. Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter limbah cair.

- b. Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton kedelai.

Beberapa parameter yang dijadikan acuan dalam pengolahan limbah industri tahu, seperti :

1. pH

Parameter yang dapat menentukan sifat air dalam keadaan asam, basa atau netral. Dalam keadaan netral ditunjukkan dengan angka 7, asam <7 dan basa >7 . pH sangat dipengaruhi oleh kehidupan biologis dalam air dan lingkungan sekitar air tersebut. Adapun limbah cair tahu sifatnya cenderung asam, berkisar antara pH 4-5.

2. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Parameter yang dapat menentukan beban pencemaran oleh bahan-bahan organik dalam air buangan. BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh suatu mikroorganisme yang ada dalam air buangan pada periode tertentu (pada umumnya 5 hari pada suhu 20°C) untuk mengoksidasi hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi. BOD yang tinggi dapat menyebabkan bau busuk dan mematikan hewan air. Adapun beberapa gangguan yang sering terdapat pada analisa BOD yaitu nitrifikasi, zat-zat beracun, masuknya udara dalam botol analisa, kekurangan nutrient dan jumlah bakteri yang tidak tercukupi dalam proses analisa.

3. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah penentuan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. Uji COD merupakan suatu pembakaran kimia secara basah dari bahan organik dalam sampel dengan bikromat. Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan untuk mengoksidasi bahan organik pada suhu tinggi dengan waktu reaksi dari 5 menit – 2 jam.

4. Padatan Terlarut

Parameter ini terkadang disebut sebagai residu yang dapat disaring, ditetapkan dengan berat contoh yang telah disaring dan dievaporasi atau sebagai perbedaan antara berat residu setelah evaporasi dengan berat padatan tersuspensi.

5. Padatan Tersuspensi dan Kekeruhan Air

Parameter ini terkadang disebut sebagai residu yang tidak dapat disaring, ditetapkan dengan cara menyaring sejumlah volume air limbah melalui kertas filter (*filter fiber glass*) dalam cawan Gouch. Berat kering dari padatan tersuspensi diperoleh setelah 1-2 jam pada suhu 103-105⁰C.

Kekeruhan merupakan sifat optik dari contoh yang menyebabkan sinar tersebar atau terserap. Kekeruhan diukur dengan alat turbidimeter lilin. Walaupun kekeruhan sendiri bukan polutan, namun sifat ini disebabkan oleh adanya bahan tersuspensi (bahan organik, mikroorganisme dan berbagai partikel cemaran lain).

2.6 Pembuatan Tahu

1. Pembersihan

Biji kedelai dibersihkan dari kotoran, misalnya kerikil, butiran tanah, kulit, ataupun batang kedelai.

2. Perendaman

Menurut Margono dkk (2000) dan Misgiyarta kedelai direndam selama 6-8 jam sampai mengembang.

3. Pencucian

Kedelai yang telah direndam, dibersihkan dari kotoran yang tersisa lalu tiriskan.

4. Penggilingan

Penggilingan kedelai dilakukan setelah proses pengupasan kulit kedelai. Selalu dilakukan penyiraman selama proses penggilingan dengan memakai air sedikit demi sedikit (sebaiknya digunakan air mendidih untuk mempertinggi rendeman dan sekaligus menghilangkan bau langu kedelai). Tampung bubur kedelai dalam wadah anti karat, misalnya wadah berbahan plastik, aluminium, atau *stainless steel*.

5. Perebusan Bubur Kedelai

Perebusan dilakukan pada api besar. Pada proses perebusan akan terbentuk busa pada permukaan bubur kedelai maka segera disiram air bersih dingin secukupnya secara merata di seluruh permukaan atau minyak goreng sebanyak 0,5 liter.

6. Penyaringan

Dalam keadaan panas bubur kedelai disaring dengan penambahan air panas sekitar 100 liter hingga diperoleh air penyaringan yang jernih. Hasil saringan ditampung dalam bak penggumpalan. Adapun ampas bubur kedelai dimasukan kedalam wadah tersendiri untuk dijadikan pakan ternak.

7. Penggumpalan Protein Sari Kedelai

Cairan sari kedelai yang masih panas ($\pm 70^{\circ}\text{C}$) dicampur pelan-pelan dan sedikit demi sedikit dengan bahan penggumpal yang sebelumnya telah disiapkan. Proses penggumpalan terjadi selama 5-15 menit. Dimana cairan kedelai yang semula berwarna putih susu akan pecah dan di dalamnya terbentuk butiran-butiran protein yang akhirnya akan bergabung membentuk gumpalan dan mengendap ke dasar bak (bakal tahu). Setelah itu, cairan akan menjadi bening. Bila demikian berarti seluruh protein sudah menggumpal dan mengendap. Secepatnya cairan bening dipindahkan ke tempat penyimpanan cairan bekas.

8. Pencampuran Bahan Tambahan

Dilakukan pencampuran bahan tambahan (garam, pengawet, flavor sintetis) segera dituang sedikit demi sedikit ke dalam bubur kedelai sambil diaduk agar tercampur rata. Kegiatan pencampuran ini harus dilakukan secara cepat sebelum suhu bubur kedelai mengalami penurunan suhu.

9. Pencetakan Tahu

Dalam keadaan hangat, bubur kedelai dimasukan kedalam cetakan yang beralaskan kain saring halus. Dibiarkan bubur tahu dalam cetakan selama 10-15 menit atau sampai cukup keras (tidak hancur bila diangkat) dan air yang menetes dari cetakan

sedikit. Potong tahu sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Potongan-potongan tahu dapat direndam dalam air dingin dalam bak yang terbuat dari logam tahan karat.

10. Produk Tahu

Produk tahu siap untuk dilakukan tahapan finishing dengan pewarnaan, pengemasan, pasteurisasi, dan penggorengan untuk mempertahankan mutu tahu.

Untuk memperpanjang daya simpan tahu dapat ditambahkan bahan pengawet seperti:

- a. Natrium benzoat dengan dosis 1 g/liter air rendeman tahu.
- b. Vitamin C dengan dosis 1 g/liter air rendeman tahu.
- c. Tahu dapat dibungkus dalam kantong plastik, ditutup rapat, dan kemudian direbus/dikukus selama 3 menit. Tahu dapat disimpan selama 4-7 hari, dalam almari es dapat bertahan selama 8 hari (selama kantong plastik tidak dibuka)

2.7 Penelitian Sebelumnya

Kurniati dan Sundarsih (2009) dalam penelitiannya mengenai pengaruh lama dan suhu perendaman terhadap protein yang tak terekstrak dalam kedelai sehingga diperoleh kondisi operasi yang paling optimal untuk meminimalkan protein yang terbuang bersama ampas. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk perendaman biji kedelai adalah selama 5 jam karena proses dispersi protein dalam air berjalan maksimal sehingga kandungan protein yang tertinggal di dalam ampas semakin sedikit. Sedangkan untuk suhu perendaman pada 50°C memberikan energi panas optimum selama proses ekstraksi. Akan tetapi pada suhu perendaman di atas 50°C mengakibatkan ikatan struktur protein mengalami denaturasi sehingga kelarutan protein dalam air menurun/ jenuh.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Suhaidi (2003) mengenai pengaruh lama perendaman kedelai dan jenis penggumpal terhadap mutu tahu menunjukkan bahwa lama perendaman kedelai memberikan pengaruh nyata terhadap semua parameter mutu tahu, dimana semakin lama perendaman kedelai maka kadar protein, pH, rasa-aroma, dan tekstur tahu semakin menurun sedangkan kadar air semakin meningkat dengan kondisi lama perendaman yang optimum selama 4 jam. Dan penggunaan batu tahu sebagai bahan penggumpal menghasilkan tekstur tahu yang lebih lunak dibandingkan dengan asam asetat.

Masturi (1992) dalam penelitiannya melakukan pengambilan minyak kedelai dengan cara ekstraksi menggunakan n-hexane dengan 8 kali sirkulasi sebagai perlakuan awal dalam pembuatan tahu dengan tujuan mengurangi beban cemaran pada air limbah industri tahu. Dengan adanya proses ekstraksi minyak kedelai berdampak pada penurunan kadar limbah COD sebesar 36,07%. Akan tetapi, di sisi lain kualitas tahu menjadi lebih rendah ditunjukkan dengan penurunan kadar protein sebesar 51,08% dan tekstur tahu yang terlihat lebih lunak/lembek.

Sarjono, dkk (2005) melakukan penelitian tentang profil kandungan protein dan tekstur tahu akibat penambahan asam asetat. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan penambahan asam asetat akan menyebabkan meningkatnya kekerasan tahu namun dapat menurunkan kadar protein tahu.