

MAKALAH

**ANALISIS PROSES PEMBUATAN TAHU SKALA RUMAH
TANGGA DAN ANALISIS PENDUGAAN UMUR SIMPANNYA
DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN MODEL
ARRHENIUS**

BIDANG ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN

Oleh

RIZKI MARYAM ASTUTI (NIRD: 9121000315)



**Universitas Bakrie
Kampus Kuningan Kawasan Epicentrum
Jl. HR Rasuna Said Kav. C-22, Jakarta, 12920**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tahu merupakan salah satu jenis makanan yang sangat diminati oleh masyarakat Indonesia. Dasar pembuatan tahu adalah melarutkan protein yang terkandung dalam kedelai dengan menggunakan air sebagai pelarutnya. Setelah protein tersebut larut, kemudian diendapkan kembali dengan penambahan bahan pengendap sampai terbentuk gumpalan-gumpalan protein yang akan menjadi tahu. Dalam 100 gram tahu terdapat 68 kalori; 7,8 gram protein; 4,6 gram lemak; 1,6 gram hidrat arang; 124 mg kalsium; 63 mg fosfor; 0,8 mg besi; 0,06 mg vitamin B; dan 84,8 gram air.

Saat ini, produksi tahu masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana dalam skala industri rumah tangga atau industri kecil, sehingga tingkat efisiensi penggunaan bahan baku seperti air dan kedelai masih rendah dan tingkat produksi limbahnya sangat tinggi. Industri rumah tangga tahu merupakan sektor yang potensial dalam upaya penyerapan tenaga kerja, terutama di daerah yang padat penduduknya. Namun, faktor keterbatasan modal, peralatan, dan pemahaman proses pengolahan menyebabkan persyaratan mutu dan keamanan produk yang dihasilkan belum bisa memenuhi persyaratan mutu yang seharusnya. Untuk menciptakan suatu produk makanan bermutu diperlukan ilmu, teknologi dan ahli yang dapat menghasilkan produk bernilai tinggi, baik dari segi sensorik, kesehatan, maupun ekonomi. Produk pangan yang berkualitas akan perlahan-lahan meningkatkan gengsi sebagai pangan yang patut dipertimbangkan untuk dikonsumsi.

Salah satu upaya nyata untuk mengembangkan industri tahu adalah dengan mengaplikasikan teknologi rekayasa proses pangan terutama pada industri menengah ke bawah. Disini peran ahli pangan sangat diperlukan untuk membantu pelaku industri rumah tangga agar dapat memproduksi produk yang bermutu tinggi. Untuk dapat melakukan proses pengolahan pangan dengan baik, diperlukan suatu analisis proses agar pengolahan menjadi lebih efektif dan efisien.

1.2. Tujuan

Tujuan dari pembuatan makalah ini adalah untuk menganalisis proses pembuatan tahu yang diproduksi pada skala rumah tangga. Analisis proses yang dilakukan ini diharapkan dapat menjadi awal dalam pengembangan industri skala rumah tangga melalui aplikasi teknologi pangan. Walaupun pada umumnya tahu diproduksi oleh industri kecil dengan peralatan yang terbatas, namun permasalahan ini dapat diatasi melalui kerjasama antara industri itu sendiri, peneliti, dan pemerintah. Aplikasi hasil penelitian universitas pada industri kecil dengan dukungan pemerintah sebagai sumber dana merupakan awal yang baik dalam mengembangkan pangan tradisional, seperti tahu. Selain itu, universitas dapat menjadi media penghubung antara industri kecil dan besar, sehingga mendorong industrialisasi pangan tradisional secara menyeluruh. Aplikasi teknologi rekayasa proses pangan yang tepat, mulai dari kegiatan paling hulu sampai kegiatan paling akhir, memungkinkan terciptanya produk pangan tradisional unggulan yang memenuhi persyaratan industri modern, sehingga tidak hanya memiliki daya saing domestik, tetapi juga memiliki kemampuan yang tinggi untuk bersaing di pasaran internasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kedelai

Protein merupakan salah satu komponen utama dari kedelai kering. Kedelai utuh mengandung 35-40% protein, paling tinggi dari segala jenis kacang-kacangan, dan merupakan protein nabati yang paling baik mutunya karena hampir setara dengan protein daging. Hal ini disebabkan protein kedelai memiliki susunan asam amino esensial paling lengkap. Disamping itu, kedelai juga dapat digunakan sebagai sumber lemak, vitamin, mineral dan serat. Komposisi rata-rata kedelai dalam bentuk biji kering dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia kedelai kering per 100 g

| Komposisi | Jumlah |
|--------------------|---------------|
| Kalori (kkal) | 331,0 |
| Protein (gram) | 34,9 |
| Lemak (gram) | 18,1 |
| Karbohidrat (gram) | 34,8 |
| Kalsium (mg) | 227,0 |
| Besi (mg) | 8,0 |
| Fosfor (mg) | 585,0 |
| Vitamin A (SI) | 110,0 |
| Vitamin B1 (mg) | 1,1 |

Sumber: Direktorat Gizi DEPKES (1972)

Protein kedelai sebagian besar merupakan protein globulin yang mempunyai titik isoelektrik 4,1-4,6. Globulin akan mengendap pada pH 4,1; sedangkan protein lainnya seperti proteosa, prolamin dan albumin bersifat larut air sehingga ketiga protein ini kadarnya akan menurun dalam proses perebusan (Anglemier and Montgomery, 1976 dalam Fardiaz, 1983). Protein merupakan senyawa organik yang molekulnya sangat besar dan susunannya kompleks, serta tersusun atas rangkaian asam-asam amino. Apabila protein dihidrolisis, akan menghasilkan asam-asam amino. Proses hidrolisis protein dapat menggunakan larutan asam atau dengan bantuan enzim.

Ditinjau dari segi ekonomi, kedelai merupakan sumber protein yang paling murah di dunia. Selain menghasilkan minyak dengan mutu yang baik, kedelai juga dapat diolah menjadi berbagai macam produk lain, salah satunya adalah tahu.

2.1. Tahu

Tahu merupakan salah satu bahan pangan yang terbuat dari kacang kedelai dan mempunyai nilai gizi tinggi, mudah dicerna, serta harganya relatif murah. Oleh karena itu, tahu memegang peranan penting sebagai sumber protein di Indonesia. Tahu adalah gumpalan protein yang diperoleh dari hasil penyaringan kedelai yang telah digiling dengan penambahan air dan bahan penggumpal. Penggumpalan protein dilakukan dengan cara penambahan cairan biang atau garam-garam kalsium, misalnya kalsium sulfat yang dikenal dengan nama batu tahu. Pada pembuatan tahu diperoleh ampas dan cairan hasil penggumpalan tahu (*whey*) sebagai hasil samping.

Seperti tempe, tahu juga dikenal sebagai makanan rakyat karena harganya murah, sehingga dapat dijangkau oleh masyarakat lapisan bawah. Selain harganya yang murah, tahu disukai oleh semua lapisan masyarakat karena dapat diolah menjadi berbagai macam menu dan masakan, misalnya tahu goreng, tahu isi, bistik tahu, semur tahu, perkedel tahu, kari tahu, gulai tahu, tahu campur, tahu gejrot, kupat tahu, dan bakso tahu.

Selain itu, beberapa daerah memiliki makanan khas yang terbuat dari tahu. Tegal dikenal dengan tahu upil-nya, yaitu tahu goreng yang bagian tengahnya disisipi sedikit tepung. Masyarakat Semarang, Magelang dan Muntilan sangat akrab dengan tahu campur atau kupat tahu, yaitu hidangan ketupat yang dicampur tahu goreng panas dengan saus kecap. Cirebon dikenal dengan tahu gejrotnya, yaitu tahu pong gunting yang dicampur kecap. Sementara di ibukota Jakarta dikenal makanan yang disebut gado-gado dan ketoprak yang sangat populer. Makanan yang dapat mengenyangkan perut ini juga menggunakan tahu yang diiris-iris sebelum dicampur dengan sayuran lain. Serta daerah Sumedang memiliki tahu khas Sumedang yang memiliki rasa yang lebih gurih.

2.3. Kandungan Gizi Tahu

Tahu seringkali disebut daging tak bertulang karena kandungan gizinya, terutama mutu protein yang setara dengan protein hewani. Bahkan, protein tahu lebih tinggi dibandingkan protein kedelai. Perbandingan kandungan protein maupun zat gizi lainnya di dalam tahu dan kedelai dapat dilihat pada Tabel 2.

Ditinjau dari sisi nilai gizi (*net protein utilization*) yang mencerminkan persentase banyaknya protein yang bisa dimanfaatkan oleh makhluk hidup, protein tahu tergolong bermutu baik. Nilai NPU tahu sebesar 65% atau setara dengan mutu daging ayam, sedangkan nilai NPU kedelai 61%.

Selain nilai NPU yang baik, produk ini juga mempunyai daya cerna yang tinggi karena serat kasar yang ada dalam kedelai terbuang selama proses pengolahan. Daya cerna tahu berkisar antara 85-98%, nilai paling tinggi diantara produk kedelai lainnya. Itulah sebabnya produk ini dapat dikonsumsi oleh semua kelompok umur, termasuk para penderita gangguan pencernaan.

Mutu protein suatu bahan pangan juga bisa dilihat dari kandungan asam amino penyusunnya. Diantara semua produk olahan kedelai, kandungan asam amino tahu adalah yang paling lengkap. Bila dibandingkan dengan susunan dan jumlah asam amino yang disarankan FAO/WHO, tahu mampu memenuhi 70-160% dari kebutuhan tubuh (Tabel 3).

Tabel 2. Nilai gizi tahu dan kedelai (berdasarkan berat kering per 100 g)

| Zat gizi | Tahu | Kedelai |
|-----------------|-------|---------------------------|
| Protein (g) | 0,49 | 0,39 |
| Lemak (g) | 0,27 | 0,20 |
| Karbohidrat (g) | 0,14 | 0,36 |
| Serat (g) | 0,00 | 0,05 |
| Abu (g) | 0,04 | 0,06 |
| Kalsium (mg) | 9,13 | 2,53 |
| Natrium (mg) | 0,38 | 0,00 |
| Fosfor (mg) | 6,56 | 6,51 |
| Besi (mg) | 0,11 | 0,09 |
| Vitamin B1 (mg) | 0,001 | 0,01 (sebagai B kompleks) |
| Vitamin B2 (mg) | 0,001 | |
| Vitamin B3 (mg) | 0,03 | |

Sumber: Sarwono dan Saragih (2003)

Selain sebagai sumber protein, tahu juga mengandung zat gizi lain yang diperlukan oleh tubuh seperti lemak, vitamin, dan mineral. Kadar lemak tahu hanya sekitar 4,3%; namun, lemak tahu memiliki mutu yang tinggi karena 80% dari asam lemak penyusunnya terdiri dari asam lemak tak jenuh. Kadar asam lemak jenuh tahu hanya sekitar 15% dan tidak mengandung kolesterol. Kedelai juga mengandung asam lemak linoleat yang tinggi. Asam lemak ini termasuk asam lemak esensial. Disamping itu, juga terdapat lesitin yang dapat mengurangi penimbunan asam lemak lain maupun kolesterol yang terakumulasi dalam organ-organ tubuh seperti pembuluh darah. Oleh karena itu, tahu sangat baik untuk diet bagi penderita kolesterol tinggi.

Adanya kandungan protein yang cukup tinggi dan lemak pada tahu menyebabkan tahu termasuk produk yang mudah atau cepat busuk. Protein dan lemak tersebut merupakan media yang baik untuk pertumbuhan jasad renik pembusuk seperti bakteri. Dalam suhu ruang dan tanpa kemasan, umur simpan tahu hanya 1-2 hari. Lebih lama dari waktu tersebut, rasa tahu akan menjadi masam, lalu berangsur-angsur menjadi busuk. Untuk mengatasinya, cara perendaman dan perebusan dapat dilakukan untuk memperpanjang masa simpan tahu sampai 3-4 hari pada suhu ruang. Sementara pendinginan dapat mempertahankan umur simpan tahu sampai 5 hari.

Tabel 3. Komposisi asam amino tahu dibandingkan dengan komposisi asam amino yang dianjurkan FAO/WHO

| Jenis asam amino | Anjuran FAO/WHO | Komposisi asam amino tahu (mg/g N) | % Asam amino tahu dibandingkan yang dianjurkan FAO/WHO |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------|--|
| Methionine-cysteine | 220 | 156 | 71 |
| Threonine | 250 | 178 | 71 |
| Valine | 310 | 264 | 85 |
| Lysine | 340 | 333 | 98 |
| Leucine | 440 | 448 | 102 |
| Isoleucine | 250 | 261 | 104 |
| Phenylalanine, Tyrosine | 380 | 490 | 129 |
| Tryptophan | 60 | 96 | 160 |
| Total | 2.250 | 2.226 | |

Sumber: Sarwono dan Saragih (2003)

BAB III

METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat

Pengamatan proses pembuatan tahu dilakukan pada hari Rabu tanggal 15 Agustus 2016, bertempat di industri Tahu Sumedang DIAZARA yang terletak di Kampung Cibeureum Tanjakan RT.03/RW.05, Desa Dramaga, Kecamatan Bogor Barat.

3.2. Sejarah Industri Tahu

Nama tahu Sumedang sudah tidak asing lagi. Karena kelezatannya, tahu Sumedang seolah menjadi buruan utama bagi mereka yang kebetulan melintas di Sumedang atau sengaja datang ke kota itu. Tidak jarang jenis tahu yang satu ini sering menjadi buah tangan khusus. Bahkan sekarang kita dapat menjumpai berbagai kios atau pabrik tahu Sumedang di berbagai daerah di seluruh penjuru tanah air, tanpa harus berkunjung langsung ke kota tersebut.

Industri tahu Sumedang yang terletak di kawasan Cibeureum Bogor merupakan salah satu jenis industri rumah tangga yang berdiri sejak tahun 2000. Industri ini mulai dirintis oleh Bapak Dadang dengan jumlah pekerja 3 orang yang direkrut langsung dari daerah Sumedang. Tahu Sumedang memang memiliki ciri khas tersendiri dan sulit untuk ditiru, sehingga industri tahu Sumedang yang terletak di Bogor ini berusaha tetap mempertahankan kualitas dan kekhasannya, yaitu dengan proses pembuatan oleh pekerja langsung dari daerah Sumedang asli. Produksi tahu dilakukan setiap hari yang dimulai pada jam 7 pagi hingga selesai. Untuk hari-hari biasa yaitu Senin-Jumat, produksi tahu rata-rata menggunakan bahan baku 30-40 kg kedelai, sedangkan pada hari Sabtu-Minggu, bisa mencapai 50-60 kg bahan baku kedelai. Industri tahu Sumedang DIAZARA ini hanya melayani pesanan dan pemasarannya dilakukan dari rumah ke rumah di berbagai perumahan di sekitar kawasan industri.

3.3. Metode Pengamatan dan Pengumpulan Data

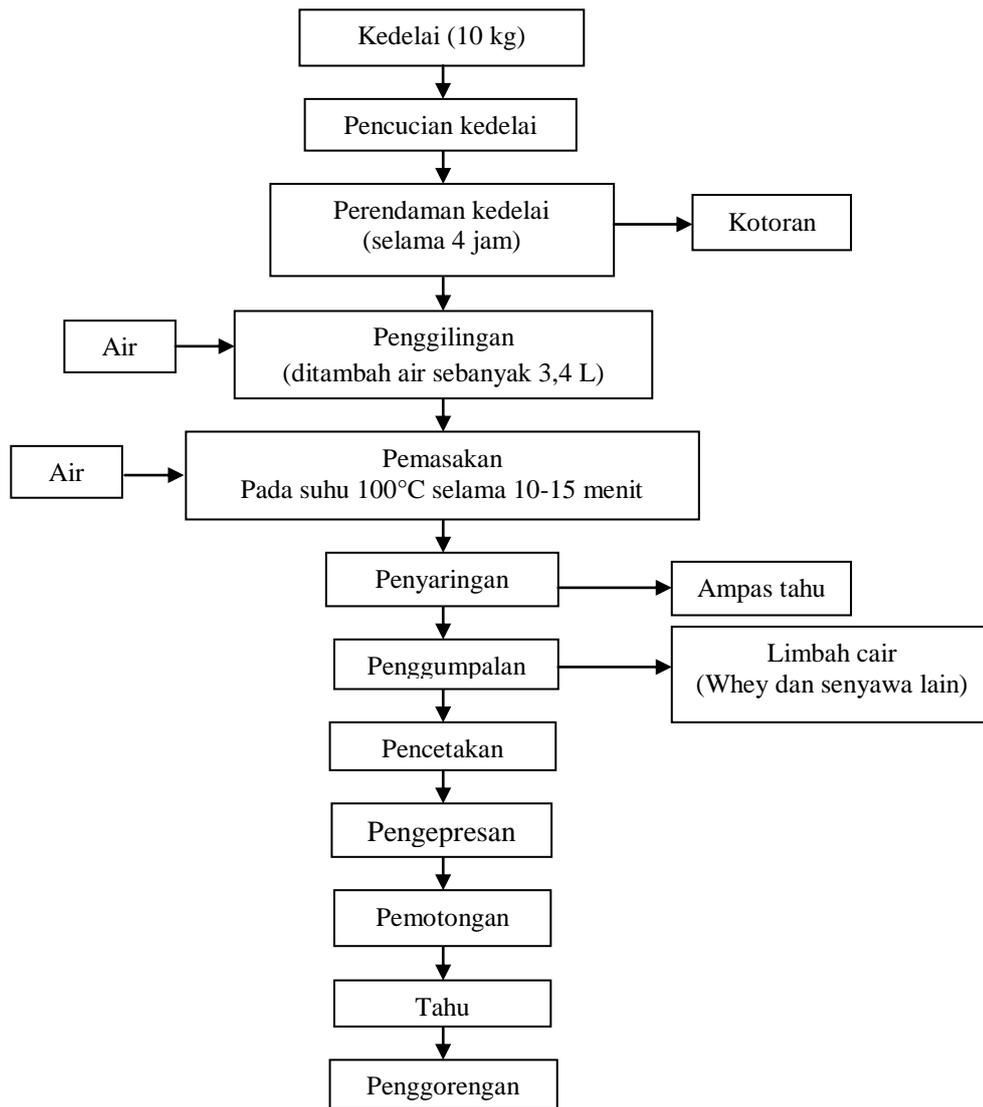
Untuk mengetahui proses pembuatan tahu serta aplikasi proses rekayasa pangan pada industri, dilakukan kunjungan dan pengamatan langsung ke industri tahu Sumedang yang terletak di kawasan Cibereum Bogor. Selain itu juga dilakukan wawancara langsung dengan pekerja di industri tersebut, sehingga diperoleh informasi dan data yang cukup tentang proses yang dilakukan dalam pembuatan tahu.

Analisis proses rekayasa pangan pada industri tahu Sumedang dilakukan dengan mengkaji berbagai tahapan proses pembuatan, yang dimulai dari persiapan bahan baku sampai dengan tahap akhir. Kemudian dilakukan pendugaan umur simpan produk tahu yang dihasilkan melalui pendekatan persamaan Arrhenius.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Proses Pembuatan Tahu

Secara umum, proses pembuatan tahu digambarkan pada bagan alir berikut:



Gambar 1. Bagan alir pembuatan tahu

Adapun tahapan pembuatan tahu diterangkan secara rinci sebagai berikut:

- 1) Kedelai dipilih, kemudian dicuci;



Gambar 2. Kedelai yang sudah dicuci

Pembuatan tahu Sumedang DIAZARA yang berada di kawasan Cibereum Bogor ini menggunakan bahan baku kedelai yang dibeli melalui Kopti Bogor. Persyaratan bahan baku tahu lebih ketat daripada bahan baku tempe atau kecap. Hal ini dikarenakan, tahu diproduksi melalui proses ekstraksi (penyaringan) protein kedelai dengan penambahan air. Jadi, jumlah dan mutu protein kedelai menjadi parameter penting yang harus dipertimbangkan saat memilih bahan baku. Varietas kedelai sangat berpengaruh pada tinggi rendahnya rendemen maupun rasa tahu. Selain varietas, kedelai yang dijadikan bahan baku tahu sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut.

- ✓ Kedelai sebaiknya belum lama (baru) dipanen dan cukup umur. Kedelai yang terlalu lama disimpan atau panen muda akan menghasilkan rendemen yang rendah.
- ✓ Kadar air kedelai maksimal 13%. Bila kadar airnya mencapai 15%, jamur mudah sekali tumbuh selama penyimpanan. Namun, perlu dijaga pula agar kadar airnya tidak terlalu rendah. Kedelai yang berkadar air 9% atau kurang akan mudah pecah dan rendemen tahu akan menurun.
- ✓ Biji kedelai harus utuh karena enzim-enzim lipoksidase akan aktif bila kedelai pecah sehingga menyebabkan minyaknya tengik dan bau tahu kurang enak.

- ✓ Kedelai harus bebas dari segala macam kotoran, seperti kerikil, pasir atau sisa-sisa tanaman.
- 2) Pada tahap kedua, kedelai direndam dalam air bersih selama 8 jam (paling sedikit 3 liter air untuk 1 kg kedelai). Kedelai tersebut akan mengembang jika direndam.



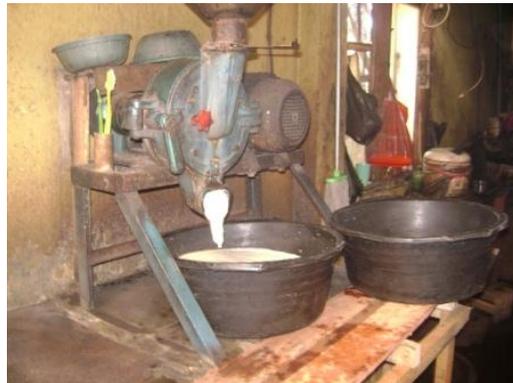
Gambar 3. Kedelai yang sudah direndam

Air yang digunakan dalam pembuatan tahu sangat berpengaruh terhadap mutu tahu. Oleh karena itu, air yang digunakan harus memenuhi persyaratan untuk industri pangan, seperti tidak berwarna, tidak berbau, jernih, tidak berasa, tidak mengandung besi dan mangan, serta bebas dari mikroba patogen. Penggunaan air sumur atau air sungai dalam pembuatan tahu harus diberi klor (obat antibakteri), lalu diendapkan dan disaring berulang kali. Air juga merupakan faktor utama yang memberikan kekhasan tersendiri pada tahu Sumedang. Di daerah aslinya yaitu Sumedang, air yang digunakan langsung berasal dari sumber mata air pegunungan.

Biasanya, proses perendaman kedelai berlangsung selama 8-12 jam atau satu malam. Namun perendaman cukup selama 1-2 jam jika menggunakan air bersuhu 50°C. Setelah direndam, biji kedelai kemudian ditiriskan.

- 3) Kedelai yang telah direndam dicuci berkali-kali. Apabila pencuciannya kurang bersih, maka tahu yang dihasilkan akan cepat menjadi asam.

- 4) Kedelai digiling dan tambahkan air hangat sedikit demi sedikit hingga menjadi bubur.



Gambar 4. Proses penggilingan kacang kedelai

Kedelai yang telah direndam kemudian digiling hingga menjadi bubur halus. Penggilingan dilakukan dengan mesin giling. Pada saat penggilingan berlangsung, air ditambahkan sedikit demi sedikit melalui kran air. Kedelai yang telah menjadi bubur halus ditampung dalam wadah (bak) plastik. Penggilingan dilakukan dengan menggunakan air hangat, karena penggunaan air dingin menyebabkan bau khas kedelai tidak hilang, sehingga kurang disukai.

- 5) Bubur tersebut dididihkan selama 10-15 menit, dan jangan sampai mengental (Pemasakan selesai ditandai dengan adanya gelembung-gelembung kecil).



Gambar 5. Proses pemasakan bubur kedelai

Pemasakan bubur dilakukan pada suhu sekitar 100°C. Pemasakan masih menggunakan kayu bakar dan selama pemasakan berlangsung, air ditambahkan

berulang kali. Rata-rata kebutuhan air sekitar 10 liter untuk 1 kg kacang kedelai. Tahap pemasakan pada pembuatan tahu merupakan tahap yang penting. Tujuan pemasakan tersebut adalah untuk menghilangkan bau kedelai dan untuk mempermudah proses penyaringan.

- 6) Bubur kedelai disaring, dan airnya diendapkan dengan menggunakan batu tahu (Kalsium Sulfat = CaSO_4) sebanyak 1 gram untuk 1 liter sari kedelai. Batu tahu tersebut ditambahkan sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan-lahan.



Gambar 6. Proses penyaringan bubur kacang kedelai

Untuk mendapatkan sari kedelai yang lebih banyak, ampas kedelai dicuci, kemudian disaring kembali. Dengan demikian penyaringan dilakukan dua kali. Sari kedelai kemudian digumpalkan dengan larutan jenuh CaSO_4 (batu tahu) yang telah diendapkan selama 1 malam. Dosis yang digunakan adalah 5-10 gram CaSO_4 per 400-800 ml air. Penggumpalan dilakukan pada saat suhu sari kedelai berkisar 70-90°C. Pada saat penambahan batu tahu, larutan terus diaduk, dan pengadukan dihentikan bila gumpalan bubur tahu telah terbentuk.



Gambar 7. Larutan CaSO_4 yang digunakan untuk menggumpalkan sari kedelai

Bubur tahu kemudian diendapkan hingga gumpalan turun ke dasar wadah. Pengendapan ini bertujuan untuk memudahkan pemisahan air tahu (whey) dengan bubur tahu.



Gambar 8. Sari kedelai yang sudah digumpalkan

- 7) Gumpalan bubur tahu dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dialasi kain, lalu bagian atas juga ditutup dengan kain serupa, dan papan. Selanjutnya, di atas papan tersebut diletakkan pemberat berbobot sekitar 30 kg, selama 15 menit atau hingga sisa air tahu habis menetes.



Gambar 9. Gumpalan bubur tahu dituang ke dalam cetakan



Gambar 10. Pencetakan tahu

8) Tahu yang sudah dicetak dipotong-potong



Gambar 11. Proses pemotongan tahu

4.2. Ekstraksi Kedelai Pada Proses Pembuatan Tahu

Ekstraksi secara umum dapat diartikan sebagai suatu proses pemisahan solut C dari campurannya dengan diluen A, dengan menggunakan sejumlah massa solvent B sebagai tenaga pemisah (*mass separating agent*, MSA). Jika solut yang akan dipisahkan terdapat dalam larutan homogen, maka proses pemisahan tersebut dikenal sebagai ekstraksi cair-cair. Tetapi jika solut yang akan dipisahkan terdapat dalam padatan maka disebut ekstraksi padat cair. Ekstraksi termasuk proses pemisahan melalui dasar dilusi. Secara difusi, proses pemisahan terjadi akibat adanya beda potensial diantara dua fase yang saling kontak sedemikian rupa sehingga pada suatu saat, sistem berada dalam keseimbangan. Secara garis besar, proses pemisahan secara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar, yaitu:

- Langkah pencampuran, dengan menambahkan sejumlah massa solvent sebagai tenaga pemisah
- Langkah pembentukan fase kedua atau fase ekstrak yang diikuti dengan pembentukan keseimbangan
- Langkah pemisahan kedua fase seimbang

Sebagai tenaga pemisah, solvent harus dipilih sedemikian rupa sehingga kelarutannya dengan diluen adalah terbatas atau bahkan sama sekali tidak melarutkan.

Ada beberapa variabel yang mempengaruhi proses ekstraksi protein kedelai, diantaranya lama perendaman kedelai dan jumlah solvent yang ditambahkan sebagai MSA. Perendaman kedelai dimaksudkan untuk melunakkan struktur seluler 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 dididihkan selama 10-15 menit pada suhu sekitar 100°C. Setelah disaring, sari kedelai yang dihasilkan kemudian digumpalkan. Zat penggumpal yang dapat digunakan adalah asam cuka, asam laktat, batu tahu (CaSO₄) dan CaCl₂ (Koswara 1992 dalam Sarwono dan Saragih 2003).

Lama perendaman kedelai sangat berpengaruh terhadap semua parameter yang diamati. Rasa, aroma dan tekstur tahu serta kadar protein semakin meningkat sampai lama perendaman 6 jam, kemudian menurun kembali pada lama perendaman 8 dan 10 jam. Menurut Anglemier and Montgomery (1976) dalam Fardiaz (1983), semakin menurunnya kadar protein dengan semakin lamanya perendaman disebabkan lepasnya ikatan struktur protein sehingga komponen protein terlarut dalam air. Perendaman yang semakin lama juga mengakibatkan lunaknya struktur biji kedelai sehingga air lebih mudah masuk ke dalam struktur selnya sehingga kadar air tahu semakin tinggi.

Dengan penambahan jumlah solvent, maka solut (protein) yang berdifusi dari fase diluen ke fase solvent semakin banyak. Hal itu menyebabkan fase solvent semakin kaya akan protein, sehingga kadar protein yang tersisa dalam fasa rafinat (ampas) semakin sedikit. Akan tetapi, kebutuhan solvent dalam jumlah besar tersebut berpengaruh terhadap biaya operasi pemisahan, sehingga pertimbangan dari segi ekonomi harus tetap diikutsertakan dalam perancangan proses ekstraksi. Disamping itu, kandungan protein dalam bahan (kedelai) terbatas, penambahan solvent lebih lanjut tidak berpengaruh besar terhadap hasil yang diperoleh. Oleh karena itu, penelitian untuk menentukan pengaruh penambahan jumlah solvent terhadap proses ekstraksi protein perlu dilakukan.

4.3. Proses Termal Pada Proses Penggorengan Tahu

Proses panas (termal) bertujuan untuk memperpanjang keawetan produk pangan, dengan cara membunuh mikroba pembusuk dan patogen. Proses termal juga berperan dalam perbaikan mutu sensori, melunakkan produk, meningkatkan daya cerna protein dan karbohidrat, dan menghancurkan komponen-komponen yang tidak diperlukan. Namun, proses termal yang berlebihan dapat merusak komponen gizi dan menurunkan mutu sensori produk.

Proses panas secara komersial umumnya didesain untuk menginaktifkan mikroorganisme yang ada pada makanan dan dapat mengancam kesehatan manusia, dan mengurangi jumlah mikroorganisme pembusuk ke tingkat yang lebih rendah, sehingga peluang terjadinya kebusukan dapat diturunkan. Dalam desain proses termal, ada 2 hal yang harus diketahui, yaitu karakteristik ketahanan

panas mikroba dan profil pindah panas dari medium pemanas ke dalam bahan pada titik terdinginnya.

Kombinasi suhu dan waktu dalam proses termal akan bervariasi, tergantung pada berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut: (a) ketahanan panas mikroba (nilai D dan Z), karakteristik bahan pangan (seperti jumlah mikroba awal, jenis bahan pangan (padat atau cair), pH dan viskositas; (b) peralatan proses (seperti jenis medium pemanas yang digunakan), dan (c) jenis dan ukuran kemasan yang digunakan.

Pada proses pembuatan tahu Sumedang DIAZARA juga terdapat proses termal, salah satunya yaitu pada tahap penggorengan tahu. Sebelum digoreng, tahu yang sudah dipotong, direndam dalam air garam terlebih dahulu selama 15 menit. Hal ini dilakukan untuk memberikan rasa gurih dan juga untuk meningkatkan daya awet tahu. Kemudian setelah direndam, tahu ditiriskan dan langsung digoreng.



Gambar 12. Proses perendaman tahu dalam larutan garam

Penggorengan adalah proses perpindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air bahan yang dipindahkan dari permukaan bahan yang digoreng dengan minyak sebagai media penghantar panas. Tujuan penggorengan adalah mengurangi kadar air bahan. Kehilangan kadar air selama penggorengan merupakan akibat dari

penguapan karena pemanasan. Kadar air merupakan parameter penting penerimaan oleh konsumen karena akan menentukan sifat produk.



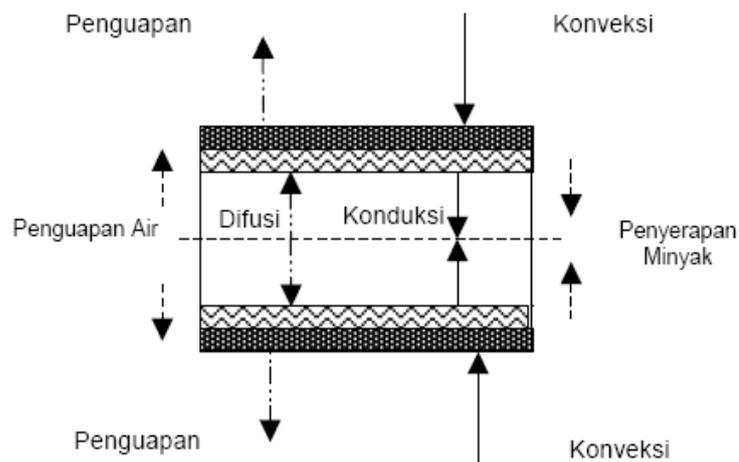
Gambar 13. Proses penggorengan tahu

Selama penggorengan tahu, terjadi perpindahan panas dan massa secara simultan. Perpindahan panas terjadi dari minyak panas ke permukaan tahu dan merambat ke dalam sehingga kandungan air dari tahu keluar dalam bentuk uap air ke permukaan, kemudian tahu akan menyerap minyak (perpindahan massa). Kondisi ini menyebabkan banyak perubahan dalam bahan, baik secara fisik maupun kimiawi pada bahan yang digoreng. Perubahan secara fisik antara lain tahu menjadi lebih garing, terjadi perubahan volume, penguapan air, penyerapan minyak, tekstur tahu menjadi renyah dengan rasa yang khas, sedangkan perubahan secara kimiawi antara lain, gelatinisasi pati, denaturasi protein, pencoklatan dan karamelisasi (Varela *et. al.*, 1988; Farkas, Sing dan Rumsey, 1996 *dalam* Jamaludin *et. al.*,2008).

Berbagai pendekatan telah dilakukan untuk menggambarkan kondisi dan perubahan yang terjadi selama proses penggorengan bahan pangan. Moreira *et. al.*, (1995) dan Jung *et. al.*, (2003) *dalam* Jamaludin *et.al.*,(2008) menjelaskan bahwa pada penggorengan vakum terbentuknya lapisan keras menjadi lambat sehingga memberi kesempatan penguapan air dari dalam sebelum produk menjadi kering, dengan warna produk yang lebih cerah. Atteba dan Mittal (1994) *dalam* Jamaludin *et.al.*,(2008) telah mengembangkan model untuk memprediksi

penyebaran panas, uap dan minyak pada penggorengan bakso daging menggunakan persamaan difusi untuk penyebaran panas dan uap, penyebaran minyak selama masa absorpsi dan persamaan aliran kapiler untuk penyebaran minyak selama masa desorpsi. Akan tetapi permasalahan yang belum berhasil dijelaskan adalah pengaruh kondisi bahan baku terhadap peristiwa perpindahan massa dan panas secara simultan selama proses penggorengan.

Selama penggorengan tahu, panas dipindahkan dari media penggoreng ke permukaan tahu secara konveksi, dan dari permukaan tahu ke bagian dalam tahu secara konduksi. Perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya aliran yang melalui bahan dengan suhu yang berbeda. Gambar dibawah menunjukkan mekanisme dan arah penyebaran panas dan uap selama proses penggorengan.



Gambar 14. Mekanisme perpindahan panas dan massa pada proses penggorengan tahu

Perpindahan panas secara konveksi biasanya diikuti dengan perpindahan panas secara konduksi, setelah terjadinya kontak antara bahan dengan cairan maupun gas pada suhu yang berbeda (Isochenko, 1969 dalam Jamaludin *et.al.*, 2008).

Menurut Supriyanto *et. al.*, (2007), perpindahan massa yang terjadi dalam proses penggorengan ada dua, yaitu penguapan air dan penyerapan minyak. Bahan makanan mengalami penurunan kadar air selama proses penggorengan dalam dua cara, pertama transfer massa air terjadi dari dalam ke permukaan bahan kemudian menguap ke lingkungan, dan kedua adalah perubahan massa air menjadi uap

terjadi di dalam bahan yaitu produk tahu. Selama penggorengan produk menyerap minyak dan kadar minyak dalam produk biasanya dihubungkan dengan kadar air awal bahan (Gamble, Rice, dan Selman, 1987; Moreira, Palau, Sweat dan Sun, 1995 dalam Jamaludin *et.al.*,2008). Minyak sebagai medium pemanas dan penghantar panas memiliki sifat yang tidak dapat menyatu dengan air, padahal tahu banyak mengandung air. Karena sifat alami air dan minyak yang tidak dapat menyatu, keduanya memegang peranan penting dalam proses penggorengan. Temperatur penggorengan yang tinggi menyebabkan air dalam bahan makanan menjadi panas dan terpompa keluar kedalam minyak disekitarnya dalam bentuk uap air. (Varela, dkk, 1988 dalam R. G. Math, 2003). Sebagian air akan menguap dan kemudian diisi oleh minyak (Ardianingmunir S, *et. al.*, 2007). Menurut Pinthus dan saguy, (1993) dalam Jamaludin *et.al.*,(2008), mekanisme absorpsi minyak pada bahan makanan disebabkan oleh tekanan kapiler, dan sebagian lainnya disebabkan oleh kondensasi uap pada saat memindahkan produk dari penggorengan. Penyerapan minyak merupakan fenomena kompleks yang terjadi ketika produk diangkat atau dipindahkan dari penggorengan selama periode pendinginan. Jumlah kandungan minyak yang diserap oleh bahan setelah digoreng dapat menentukan penerimaan dan penampakan produk (Krokida, 2000). Supriyanto, *et. al.*, (2007) menyatakan massa minyak masuk ke dalam produk dengan cara difusi karena adanya perbedaan konsentrasi minyak pada bagian permukaan dengan bagian dalam produk.

4.4. Analisis Pendugaan Umur Simpan Tahu Dengan Menggunakan Pendekatan Model Arrhenius

Pendugaan umur simpan dengan model Arrhenius dilakukan dengan cara menyimpan produk dalam kemasan akhir pada tiga suhu penyimpanan ekstrim (minimal). Penggunaan metode Arrhenius ini bertujuan untuk menentukan konstanta laju reaksi (k) pada beberapa suhu penyimpanan ekstrim, kemudian dilakukan ekstrapolasi untuk menghitung konstanta laju reaksi (k) pada suhu penyimpanan yang diinginkan dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan umur simpan tahu sesuai dengan ordo reaksinya.

Tipe kerusakan pangan yang mengikuti model reaksi ordo nol adalah degradasi enzimatis (misalnya pada buah dan sayuran segar serta beberapa pangan beku), reaksi pencoklatan non-enzimatis (misalnya pada biji-bijian kering, dan produk susu kering), dan reaksi oksidasi lemak (misalnya peningkatan ketengikan pada snack, makanan kering dan pangan beku). Sedangkan tipe kerusakan bahan pangan yang termasuk dalam reaksi ordo satu adalah ketengikan (misalnya pada minyak salad dan sayuran kering), pertumbuhan mikroorganisme (misalnya pada ikan, daging dan susu, serta kematian mikroorganisme akibat perlakuan panas), produksi *off-flavor* oleh mikroba, kerusakan vitamin dalam makanan kaleng dan makanan kering, dan kehilangan mutu protein (makanan kering) (Labuza, 1982 dalam Herawati, 2008).

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu produk pangan. Oleh karena itu dalam menduga kecepatan penurunan mutu produk pangan selama penyimpanan, faktor suhu harus selalu diperhitungkan. Selama penyimpanan makanan, keadaan suhu ruang seringkali berubah-ubah (Syarif dan Halid, 1993 dalam Riyadi, 2005). Apabila keadaan suhu penyimpanan dalam kondisi tetap sepanjang waktu (atau dianggap tetap), maka perumusan masalahnya menjadi sederhana yaitu cukup menggunakan model Arrhenius dengan persamaan sebagai berikut:

$$k = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$$

Dimana, k = konstanta penurunan mutu (tergantung pada suhu)

k_0 = konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi

T = suhu mutlak (K)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol^oK)

Penentuan titik kritis

Jumlah total mikroba tahu segar awal ketika selesai diproses dan direndam dalam air garam adalah sekitar $1,9 \times 10^5$ CFU/ml (SNI 01-3142-1998). Asumsi total mikroba mencapai $7,6 \times 10^6$ CFU/ml ketika tahu mulai rusak/sudah mencapai

waktu kadaluwarsa (Fardiaz, 1983). Menurut literatur, pengolahan tahu segar memiliki reaksi ordo satu. Berdasarkan rumus kinetika laju reaksi ordo satu yang diturunkan dari model Arrhenius, diperoleh:

$$\text{titik kritis} = \frac{P}{P_o} = \frac{7,6 \times 10^6}{1,9 \times 10^5} = 40$$

Grafik hubungan antara $\ln k$ dan $1/T$

Dari rumus $\ln \frac{P}{P_o} = -kt$ diperoleh $-k = \ln \frac{P}{P_o} \dots\dots\dots$ (pers 1)

Pada masing-masing waktu penyimpanan (hari), dapat dicari k (konstanta laju reaksi)-nya. Sebagai contoh, pada suhu penyimpanan 15°C, diperoleh

$$-k = \ln \frac{P}{P_o} = \frac{3,6889}{15} = 0,2459 \dots\dots\dots$$
 (pers 2)

Tabel 4. Penentuan k dari masing-masing kombinasi suhu dan waktu yang diketahui

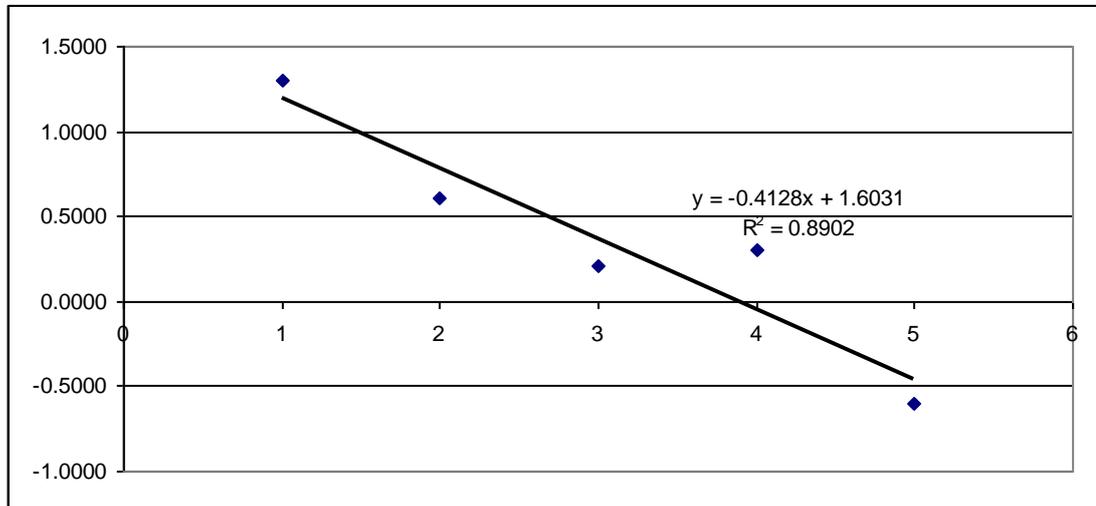
| Waktu penyimpanan (hari = t) | Suhu (°C = T) | Suhu (T= Kelvin = °C+273°) | $-k = \ln \frac{P}{P_o} / t$ |
|------------------------------|---------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 31 | 303 | 3,6889 |
| 2 | 28 | 281 | 1,8445 |
| 3 | 15 | 288 | 1,2296 |
| 5 | 10 | 283 | 0,7378 |
| 7 | 5 | 278 | 0,5270 |

Dari data pada Tabel 4 diatas, dapat diperoleh $\ln k$ dengan data hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data $1/T$ dan $\ln k$

| Waktu penyimpanan (hari = t) | Suhu (°C = T) | $1/T$ (sb. X) | K | $\ln k$ (sb. Y) |
|------------------------------|---------------|-------------------------|--------|-----------------|
| 1 | 303 | $3,3003 \times 10^{-3}$ | 3,6889 | 1,3053 |
| 2 | 281 | $3,5587 \times 10^{-3}$ | 1,8445 | 0,6122 |
| 3 | 288 | $3,4722 \times 10^{-3}$ | 1,2296 | 0,2067 |
| 5 | 283 | $3,5336 \times 10^{-3}$ | 0,7378 | -0,3041 |
| 7 | 278 | $3,5971 \times 10^{-3}$ | 0,5270 | -0,6406 |

Berdasarkan data pada Tabel 5, maka dapat dibuat plot antara suhu (1/T) terhadap ln k untuk memperoleh persamaan pendugaan umur simpan (Gambar 15).



Gambar 15. Grafik kinetika reaksi penentuan umur simpan tahu segar

Penentuan persamaan Arrhenius, nilai Ea dan konstanta penurunan mutu (k)

Dari grafik plot antara suhu (1/T) dengan ln K diperoleh persamaan:

$$Y = 1,6031 - 0,4128X \dots\dots\dots \text{(pers 3)}$$

Dari persamaan yang diperoleh tersebut

$$Y = 1,6031 - 0,4128X \quad \text{atau} \quad \ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \dots\dots\dots \text{(pers 4)}$$

Maka dapat diketahui Ea dan Ko adalah

$$\frac{E_a}{R} = 0,4128 \quad \Rightarrow \quad E_a = R \times 0,4128$$

R = 1,986 Kal/mol°K (konstanta gas)

sehingga Ea = 1,986 Kal/mol°K x 0,4129

$$E_a = 0,82 \text{ Kal/mol}$$

Karena Ea yang diperoleh di bawah 15 kal/mol, maka energi aktivasi untuk tahu segar ini termasuk ke dalam Energi Aktivasi Tingkat Rendah.

Sedangkan ln ko = 1,6031

$$\text{Maka, } k_0 = 0,4719$$

Dengan demikian konstanta laju penurunan mutu pada tahu segar adalah

$$k = 0,4719 \cdot e^{-(0,4128)/T} \dots\dots\dots(\text{pers 5})$$

Atau persamaan tersebut dapat ditulis sebagai

$$\ln k = \ln k_0 - 0,4128 (1/T) \dots\dots\dots (\text{pers 6})$$

Dimana, $\ln k_0 = 1,6031$

Dengan menggunakan persamaan 6, maka umur simpan tahu dapat ditentukan sesuai suhu penyimpanan yang akan diaplikasikan ke produk.

Misalnya,

1) Bila tahu segar akan disimpan pada suhu 10°C (283°K), maka;

$$\ln k = 1,6031 - 0,4128 (1/T)$$

$$\ln k = 1,6031 - 0,4128 \times (1/283)$$

$$\ln k = 1,6$$

$$k \text{ pada suhu } 283 \text{ Kelvin} = 1,6$$

Kemudian nilai k dimasukkan ke persamaan reaksi ordo satu (pers 2):

$$-k = \ln \frac{P}{P_0} \quad \longleftrightarrow \quad t = \ln \frac{P}{P_0} \quad \longleftrightarrow \quad t = t = \ln \frac{100}{1,819} = 3,2 \text{ hari}$$

Maka pada suhu 10°C (atau 283°K), umur simpan tahu segar yaitu selama 3,2 hari atau maksimum 4-5 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N dan P. Hariyadi. 2004. Perubahan Mutu (Fisik, Kimia, dan Mikrobiologi) produk pangan selama pengolahan dan penyimpanan produk pangan. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluwarsa (*Shelf Life*), Bogor, 1-2 Desember 2004. Pusat Studi Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Anonymous. 2010. Susu Pasteurisasi. Wikipedia.org. Diakses tanggal 1 Mei 2010.
- Abubakar. 2005. Membuat Susu Pasteurisasi Beraroma. Warta Litbang Pertanian. <http://www.google.co.id>. Diakses tanggal 1 Mei 2010.
- Ardianingrumunir S., et.al., 2007. Pengaruh osmotic dehydration terhadap karakteristik wortel (*Daucus carota*) dan keripik wortel. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. UGM.Yogyakarta.
- Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet, dan M. Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. UI Press, Jakarta.
- Fardiaz, Srikandi. 1983. *Mempelajari Perubahan Kimia dan Mikrobiologi Dalam Usaha Peningkatan Daya Tahan Tahu Segar Selama Penyimpanan*. Fakultas Teknologi Pertanian – Institut Pertanian Bogor.
- Herawati, Heny. 2008. Penentuan Umur Simpan pada Produk Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27 (4): 2008.
- Jamaludin, Rahardjo B, Hastuti B, dan Rochmadi. 2008. Model Matematik Perpindahan Panas dan Massa Proses Penggorengan Buah Pada Keadaan Hampa. Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian. Yogyakarta 18-19 November 2008.
- Krokida, MK. 2000. Water Loss and Oil Uptake as a Function of Frying Time. *Journal of Food Engineering* vol.44:39-46.
- Riyadi, 2005. Penentuan Umur Simpan Tepung Cengkeh yang Dikemas Plastik Polipropilen dengan Metode Arrhenius.
- Sarwono B dan Saragih YP. 2003. *Membuat Aneka Tahu*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Siagian, Albenar. Mikroba Patogen pada Makanan dan Cara Pencegahannya. USU Digitalized Library. <http://www.google.co.id>. Diakses tanggal 2 Mei 2010.
- SNI 01-3142-1998. *SNI Tahu (Segar)*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Supriyanto et.al., 2007. Proses penggorengan bahan makanan sumber pati:kajian nisbah amilosa-amilopektin. Disertasi. Fakultas Teknologi Pertanian. UGM, Yogyakarta.