



AGRILAND

Jurnal Ilmu Pertanian

Journal homepage: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/agriland>



Tempe sebagai sumber antioksidan: Sebuah Telaah Pustaka

Tempe as a source of antioxidants: A Review

Yenni Asbur^{1*}, dan Khairunnisyah²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara, Jl. Karya Wisata Gedung Johor, Medan 20144, Indonesia, Email: Yenni.asbur@fp.uisu.ac.id

²Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara, Jl. Karya Wisata Gedung Johor, Medan 20144, Indonesia, Email: khairunnisyah@fp.uisu.ac.id
Corresponding Author: yenni.asbur@fp.uisu.ac.id

ABSTRAK

Kedelai merupakan bahan pokok tahu dan tempe, yang merupakan makanan utama masyarakat Indonesia. Tempe merupakan bahan makanan hasil fermentasi kacang kedelai atau jenis kacang-kacangan lainnya menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae*. Tempe umumnya dibuat secara tradisional dan merupakan sumber protein nabati. Di Indonesia pembuatan tempe sudah menjadi industri rakyat. Tempe mengandung berbagai nutrisi yang diperlukan oleh tubuh seperti protein, lemak, karbohidrat, dan mineral. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zat gizi tempe lebih mudah dicerna, diserap, dan dimanfaatkan tubuh. Hal ini dikarenakan kapang yang tumbuh pada kedelai menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia. Tempe juga merupakan makanan asli Indonesia tinggi kandungan antioksidan terutama isoflavon faktor-II (6,7,4' tri-hidroksi isoflavon) yang bermanfaat untuk pencegahan dan penurunan kejadian penyakit kanker payudara dan jantung koroner.

Kata kunci: Kedelai, fermentasi, ragi

ABSTRACT

Soybean is the main ingredient of tofu and tempeh, which are the main food of Indonesian people. Tempe is a food ingredient fermented soy beans or other types of beans using *Rhizopus oligosporus* and *Rhizopus oryzae* mushrooms. Tempe is generally made traditionally and is a source of vegetable protein. In Indonesia, making tempeh has become a people's industry. Tempe contains various nutrients needed by the body such as protein, fat, carbohydrates, and minerals. Several studies have shown that tempeh's nutrients are easier to digest, absorb, and use by the body. This is because the molds that grow on soybeans hydrolyze complex compounds into simple compounds that are easily digested by humans. Tempe is also a native Indonesian food with high antioxidant content, especially factor-II isoflavones (6,7,4' tri-hydroxy isoflavones) which are useful for preventing and reducing the incidence of breast cancer and coronary heart disease..

Keyword: Soybean, fermented, yeast

Pendahuluan

Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) merupakan bahan pokok tahu dan tempe, yang merupakan makanan utama masyarakat Indonesia. Tahu dan tempe dikonsumsi minimal tiga kali atau lebih dalam satu minggu (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2008), namun sejak Nopember 2007, harga kedelai mulai naik. Harga kedelai yang pada awal Januari 2007 hanya sebesar Rp 3450/kg, merangkak naik pada bulan Nopember 2007 di kisaran Rp 5450/kg hingga Rp 6950/kg. Kenaikan harga kedelai ternyata tidak berhenti sampai di situ, pada awal Januari 2008, harga kedelai menembus Rp 7.500/kg atau naik sebesar 110% jika dibandingkan

dengan periode yang sama di tahun sebelumnya (Hirawan, 2007).

Tempe merupakan bahan makanan hasil fermentasi kacang kedelai atau jenis kacang-kacangan lainnya menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus* dan *Rhizopus oryzae*. Tempe umumnya dibuat secara tradisional dan merupakan sumber protein nabati. Di Indonesia pembuatan tempe sudah menjadi industri rakyat (Francis F. J., 2000 dalam Suharyono dan Susilowati, 2006). Tempe mengandung berbagai nutrisi yang diperlukan oleh tubuh seperti protein, lemak, karbohidrat, dan mineral. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa zat gizi tempe lebih mudah dicerna, diserap, dan dimanfaatkan tubuh. Hal ini dikarenakan kapang yang tumbuh pada kedelai

menghidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang mudah dicerna oleh manusia (Kasmidjo, 1990).

Kedelai

Kedelai termasuk familia Leguminosae, sub famili Papilionaceae, genus *Glycine max*, berasal dari jenis kedelai liar yang disebut *Glycine unriensis* (Samsudin, 1985). Menurut Ketaren (1986), secara fisik setiap kedelai berbeda dalam hal warna, ukuran dan komposisi kimianya. Perbedaan secara fisik dan kimia tersebut dipengaruhi oleh varietas dan kondisi dimana kedelai tersebut dibudidayakan. Biji kedelai tersusun atas tiga komponen utama, yaitu kulit biji, daging (kotiledon), dan hipokotil dengan perbandingan 8:90:2. Sedangkan komposisi kimia kedelai adalah 40.5% protein, 20.5% lemak, 22.2% karbohidrat, 4.3% serat kasar, 4.5% abu, dan 6.6% air (Snyder and Kwon, 1987).

Kedelai merupakan sumber gizi yang sangat penting. Menurut Astuti (2003) dalam Anonim (2009b), komposisi gizi kedelai bervariasi tergantung varietas yang dikembangkan dan juga warna kulit maupun kotiledonnya. Kandungan protein dalam kedelai kuning bervariasi antara 31-48% sedangkan kandungan lemaknya bervariasi antara 11-21%. Antosianin kulit kedelai mampu menghambat oksidasi LDL kolesterol yang merupakan awal terbentuknya plak dalam pembuluh darah yang akan memicu berkembangnya penyakit tekanan darah tinggi dan berkembangnya penyakit jantung koroner.

Sejarah Perkembangan Tempe di Indonesia

Asal-Usul Tempe

Tidak seperti makanan kedelai tradisional lain yang biasanya berasal dari Cina atau Jepang, tempe berasal dari Indonesia. Tidak jelas kapan pembuatan tempe dimulai. Namun, makanan tradisional ini sudah dikenal sejak berabad-abad lalu, terutama dalam tatanan budaya makan masyarakat Jawa, khususnya di Yogyakarta dan Surakarta. Dalam manuskrip Serat Centhini ditemukan bahwa masyarakat Jawa pada abad ke-16 telah mengenal "tempe". Hal ini dan catatan sejarah yang tersedia lainnya menunjukkan bahwa mungkin pada mulanya tempe diproduksi dari kedelai hitam, berasal dari masyarakat

pedesaan tradisional Jawa, mungkin dikembangkan di daerah Mataram, Jawa Tengah, dan berkembang sebelum abad ke-16 (Rizki, 2021).

Kata "tempe" diduga berasal dari bahasa Jawa Kuno. Pada zaman Jawa Kuno terdapat makanan berwarna putih terbuat dari tepung sagu yang disebut *tumpi*. Tempe segar yang juga berwarna putih terlihat memiliki kesamaan dengan makanan *tumpi* tersebut (Rizki, 2021).

Selain itu terdapat rujukan mengenai tempe dari tahun 1875 dalam sebuah kamus bahasa Jawa-Belanda. Sumber lain mengatakan bahwa pembuatan tempe diawali semasa era Tanam Paksa di Jawa. Pada saat itu, masyarakat Jawa terpaksa menggunakan hasil pekarangan, seperti singkong, ubi dan kedelai, sebagai sumber pangan (Steinkraus, 1993). Selain itu, ada pula pendapat yang mengatakan bahwa tempe mungkin diperkenalkan oleh orang-orang Tionghoa yang memproduksi makanan sejenis, yaitu *koji* kedelai yang difermentasikan menggunakan kapang *Aspergillus* (Huang, 2000). Selanjutnya, teknik pembuatan tempe menyebar ke seluruh Indonesia, sejalan dengan penyebaran masyarakat Jawa yang bermigrasi ke seluruh penjuru Tanah Air (Shurtleff, dan Aoyagi, 1986).

Tempe di Indonesia

Indonesia merupakan negara produsen tempe terbesar di dunia dan menjadi pasar kedelai terbesar di Asia. Sebanyak 50% dari konsumsi kedelai Indonesia dilakukan dalam bentuk tempe, 40% tahu, dan 10% dalam bentuk produk lain (seperti tauco, kecap, dan lain-lain). Konsumsi tempe rata-rata per orang per tahun di Indonesia saat ini diduga sekitar 6.45 kg (Shurtleff, dan Aoyagi, 2001).

Pada zaman pendudukan Jepang di Indonesia, para tawanan perang yang diberi makan tempe terhindar dari disentri dan busung lapar. Sejumlah penelitian yang diterbitkan pada tahun 1940-an sampai dengan 1960-an juga menyimpulkan bahwa banyak tahanan Perang Dunia II berhasil selamat karena tempe. Menurut Onghokham, tempe yang kaya protein telah menyelamatkan kesehatan penduduk Indonesia yang padat dan berpenghasilan relatif rendah (Steinkraus, 1983).

Namun, nama 'tempe' pernah digunakan di daerah perkotaan Jawa,

terutama Jawa tengah, untuk mengacu pada sesuatu yang bermutu rendah. Istilah seperti 'mental tempe' atau 'kelas tempe' digunakan untuk merendahkan dengan arti bahwa hal yang dibicarakan bermutu rendah karena murah seperti tempe.[13] Soekarno, Presiden Indonesia pertama, sering memperingatkan rakyat Indonesia dengan mengatakan, "Jangan menjadi bangsa tempe (Syarief, 1999). Baru pada pertengahan 1960-an pandangan mengenai tempe ini mulai berubah.

Pada akhir 1960-an dan awal 1970-an terjadi sejumlah perubahan dalam pembuatan tempe di Indonesia (Onghokham, 2001). Plastik (polietilena) mulai menggantikan daun pisang untuk membungkus tempe. Ragi berbasis tepung diproduksi mulai 1976 oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan banyak digunakan oleh Koperasi Produsen Tempe Tahu Indonesia (Kopti) dan mulai menggantikan ragi tradisional, dan kedelai impor mulai menggantikan kedelai lokal. Produksi tempe meningkat dan industrinya mulai dimodernisasi pada tahun 1980-an, sebagian berkat peran serta Kopti yang berdiri pada 11 Maret 1979 di Jakarta dan pada tahun 1983 telah beranggotakan lebih dari 28.000 produsen tempe dan tahu (Shurtleff, dan Aoyagi. 2001).

Standar teknis untuk tempe telah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia dan yang berlaku sejak 9 Oktober 2009 ialah SNI 3144:2009. Dalam standar tersebut, tempe kedelai didefinisikan sebagai "produk yang diperoleh dari fermentasi biji kedelai dengan menggunakan kapang *Rhizopus* sp., berbentuk padatan kompak, berwarna putih sedikit keabu-abuan dan berbau khas tempe.

Tempe di Luar Indonesia

Tempe dikenal oleh masyarakat Eropa melalui orang-orang Belanda. Pada tahun 1895, Prinsen Geerlings (ahli kimia dan mikrobiologi dari Belanda) melakukan usaha yang pertama kali untuk mengidentifikasi kapang tempe.[8] Perusahaan-perusahaan tempe yang pertama di Eropa dimulai di Belanda oleh para imigran dari Indonesia (Huang, (2000).

Melalui Belanda, tempe telah populer di Eropa sejak tahun 1946. Sementara itu, tempe populer di Amerika Serikat setelah

pertama kali dibuat di sana pada tahun 1958 oleh Yap Bwee Hwa, orang Indonesia yang pertama kali melakukan penelitian ilmiah mengenai tempe (Syarief, 1999). Di Jepang, tempe diteliti sejak tahun 1926 tetapi baru mulai diproduksi secara komersial sekitar tahun 1983. Pada tahun 1984 sudah tercatat 18 perusahaan tempe di Eropa, 53 di Amerika, dan 8 di Jepang. Di beberapa negara lain, seperti Republik Rakyat Cina, India, Taiwan, Sri Lanka, Kanada, Australia, Amerika Latin, dan Afrika, tempe sudah mulai dikenal di kalangan terbatas (Astawan, 2003).

Tempe dan Khasiatnya

Tempe adalah produk fermentasi yang amat dikenal oleh masyarakat Indonesia terutama di Jawa (Kasmidjo, 1990). Tempe terbuat dari kedelai rebus yang difermentasi oleh jamur *Rhizopus*. Selama fermentasi, biji-biji kedelai terperangkap dalam rajutan miselia jamur membentuk padatan yang kompak berwarna putih (Steinkraus, 1960). Di Indonesia, tempe dikonsumsi oleh hampir semua tingkatan masyarakat hampir di seluruh Indonesia terutama di Jawa dan Bali. Penyajian kedelai menjadi tempe adalah unik dibandingkan dengan berbagai bentuk penyajian sebagai pangan yang lain. Keunikan tersebut ialah karena sebagai tempe, kedelai dikonsumsi utuh, berbeda dengan tahu atau susu kedelai misalnya, yang dikonsumsi hanya sebagai ekstrak protein saja (Kasmidjo, 1990).

Tempe merupakan makanan hasil fermentasi tradisional berbahan baku kedelai dengan bantuan jamur *Rhizopus oligosporus*. Mempunyai ciri-ciri berwarna putih, tekstur kompak dan flavor spesifik. Warna putih disebabkan adanya miselia jamur yang tumbuh pada permukaan biji kedelai. Tekstur yang kompak juga disebabkan oleh miselia-miselia jamur yang menghubungkan antara biji-biji kedelai tersebut. Terjadinya degradasi komponen-komponen dalam kedelai dapat menyebabkan terbentuknya flavor spesifik setelah fermentasi (Kasmidjo, 1990).

Cahyadi (2006) melaporkan bahwa dalam tempe, kadar nitrogen totalnya sedikit bertambah, kadar abu meningkat, tetapi kadar lemak dan kadar nitrogen asal proteinnya berkurang. Komposisi kimia tempe adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Komposisi kimia tempe

Komposisi	Jumlah
Air (wb)	61.2 %
Protein kasar (db)	41.5 %
Minyak kasar (db)	22.2%
Karbohidrat (db)	29.6 %
Abu (db)	4.3 %
Serat kasar (db)	3.4%
Nitrogen (db)	7.5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar protein pada tempe cukup tinggi yaitu 41.4% dan telah memenuhi syarat mutu tempe kedelai yaitu minimal 20% (b/b). Tempe juga memiliki kandungan air yang cukup tinggi yaitu 61.2% dan kandungan karbohidratnya sebesar 29.6%. Menurut Standar Nasional Indonesia 01-3144-1992, tempe kedelai adalah produk makanan hasil fermentasi biji kedelai oleh kapang tertentu, berbentuk padatan kompak dan berbau khas serta berwarna putih atau sedikit keabu-abuan.

Tempe juga mengandung superoksida desmutase yang dapat menghambat kerusakan sel dan proses penuaan. Dalam sepotong tempe, terkandung berbagai unsur yang bermanfaat, seperti protein, lemak, hidrat arang, serat, vitamin, enzim, daidzein, genestein serta komponen antibakteri dan zat antioksidan yang berkhasiat sebagai obat, diantaranya genestein, daidzein, fitosterol, asam fitat, asam fenolat, lesitin dan inhibitor protease (Cahyadi, 2006).

Proses Pembuatan Tempe dan Perubahan Gizinya

Tempe adalah makanan terkenal Indonesia yang dibuat dari kedelai melalui tiga tahap, yaitu (1) hidrasi dan pengasaman biji kedelai dengan direndam beberapa lama (untuk daerah tropis kira-kira semalam); (2) pemanasan biji kedelai, yaitu dengan perebusan atau pengukusan; dan (3) fermentasi oleh jamur tempe yang banyak digunakan ialah *Rhizopus oligosporus* (Kasmidjo, 1990). Pada akhir fermentasi, kedelai akan terikat kompak. Proses penempaan akan menghilangkan flavour asli kedelai, mensintesis vitamin B12, meningkatkan kualitas protein dan ketersediaan zat besi dari bahan (Agosin, 1989).

Proses pembuatan tempe melibatkan tiga faktor pendukung, yaitu bahan baku yang dipakai (kedelai), mikroorganisme (kapang tempe), dan keadaan lingkungan

tumbuh (suhu, pH, dan kelembaban). Dalam proses fermentasi tempe kedelai, substrat yang digunakan adalah biji kedelai yang telah direbus dan mikroorganisme yang digunakan berupa kapang antara lain *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus stolonifer* (dapat terdiri atas kombinasi dua spesies atau ketiganya) dan lingkungan pendukung yang terdiri dari suhu 30°C, pH awal 6.8, kelembaban nisbi 70-80%. Selain menggunakan kapang murni, laru juga dapat digunakan sebagai starter dalam pembuatan tempe (Ferlina, 2009).

Ciri tempe yang "berhasil" adalah ada lapisan putih di sekitar kedelai dan pada saat di potong, tempe tidak hancur. Perlu diperhatikan agar tempe berhasil alat yang dipergunakan untuk membuat tempe sebaiknya dijaga kebersihannya. Menjaga kebersihan pada saat membuat tempe ini sangat diperlukan karena fermentasi tempe hanya terjadi pada lingkungan yang higienis. Menurut Hidayat (2008), gangguan pada pembuatan tempe diantaranya adalah tempe tetap basah, jamur tumbuh kurang baik, tempe berbau busuk, ada bercak hitam dipermukaan tempe, dan jamur hanya tumbuh baik di salah satu tempat.

Proses penyortiran bertujuan untuk memperoleh produk tempe yang berkualitas, yaitu memilih biji kedelai yang bagus dan padat berisi. Biasanya di dalam biji kedelai tercampur kotoran seperti pasir atau biji yang keriput dan keropos. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang melekat maupun tercampur di antara biji kedelai.

Perebusan bertujuan untuk melunakkan biji kedelai dan memudahkan dalam pengupasan kulit serta bertujuan untuk menonaktifkan tripsin inhibitor yang ada dalam biji kedelai. Selain itu perebusan I ini bertujuan untuk mengurangi bau langu dari kedelai dan dengan perebusan akan membunuh bakteri yang yang kemungkinan tumbuh selama perendaman.

Proses penyortiran bertujuan untuk memperoleh produk tempe yang berkualitas, yaitu memilih biji kedelai yang bagus dan padat berisi. Biasanya di dalam biji kedelai tercampur kotoran seperti pasir atau biji yang keriput dan keropos. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang melekat maupun tercampur di antara biji kedelai.

Perebusan bertujuan untuk melunakkan biji kedelai dan memudahkan dalam pengupasan kulit serta bertujuan untuk menonaktifkan tripsin inhibitor yang ada dalam biji kedelai. Selain itu perebusan I ini bertujuan untuk mengurangi bau langu dari kedelai dan dengan perebusan akan membunuh bakteri yang kemungkinan tumbuh selama perendaman. Perebusan dilakukan selama 30 menit atau ditandai dengan mudah terkelupasnya kulit kedelai jika ditekan dengan jari tangan (Ali, 2008).

Perendaman bertujuan untuk melunakkan biji dan mencegah pertumbuhan bakteri pembusuk selama fermentasi. Ketika perendaman, pada kulit biji kedelai telah berlangsung proses fermentasi oleh bakteri yang terdapat di air terutama oleh bakteri asam laktat. Perendaman juga bertujuan untuk memberikan kesempatan kepada keping-keping kedelai menyerap air sehingga menjamin pertumbuhan kapang menjadi optimum. Keadaan ini tidak mempengaruhi pertumbuhan kapang tetapi mencegah berkembangnya bakteri yang tidak diinginkan. Perendaman ini dapat menggunakan air biasa atau air yang ditambah asam asetat sehingga pH larutan mencapai 4-5. Perendaman dilakukan selama 12-16 jam pada suhu kamar (25-30°C) (Ali, 2008).

Selama proses perendaman, biji 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 terjadi penurunan pH dalam biji menjadi sekitar 4.5-5.3. Bakteri yang berkembang pada kondisi tersebut antara lain *Lactobacillus casei*, *Streptococcus faecium*, dan *Streptococcus epidermidis*. Kondisi ini memungkinkan terhambatnya pertumbuhan bakteri yang bersifat patogen dan pembusuk yang tidak tahan terhadap asam. Selain itu, peningkatan kualitas organoleptiknya juga terjadi dengan terbentuknya aroma dan flavor yang unik.

Penurunan pH biji kedelai tidak menghambat pertumbuhan jamur tempe, tetapi dapat menghambat pertumbuhan bakteri-bakteri kontaminan yang bersifat pembusuk. Proses fermentasi selama perendaman yang dilakukan bakteri mempunyai arti penting ditinjau dari aspek gizi, apabila asam yang dibentuk dari gula

stakhiosa dan rafinosa. Keuntungan lain dari kondisi asam dalam biji adalah menghambat kenaikan pH sampai di atas 7.0 karena adanya aktivitas proteolitik jamur dapat membebaskan amonia sehingga dapat meningkatkan pH dalam biji. Pada pH di atas 7.0 dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan atau kematian jamur tempe. Dalam biji kedelai terdapat komponen yang stabil terhadap pemanasan dan larut dalam air bersifat menghambat pertumbuhan *Rhizopus oligosporus*, dan juga dapat menghambat aktivitas enzim proteolitik dari jamur tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman dan pencucian sangat penting untuk menghilangkan komponen tersebut. Proses hidrasi terjadi selama perendaman dan perebusan biji. Makin tinggi suhu yang dipergunakan makin cepat proses hidrasinya, tetapi bila perendaman dilakukan pada suhu tinggi menyebabkan penghambatan pertumbuhan bakteri sehingga tidak terbentuk asam (Hidayat, 2008).

Salah satu faktor yang penting dalam terjadinya perubahan selama perendaman adalah terbebasnya senyawa-senyawa isoflavon dalam bentuk bebas (aglikon), dan teristimewa hadirnya Faktor-II (6,7,4' trihidroksi isoflavon), yang terdapat pada tempe tetapi tidak terdapat pada kedelai, ternyata berpotensi tinggi (dibandingkan dengan isoflavon lainnya) sebagai antioksidan (Gyorgy *et al.*, 1964). Selama proses pembuatan tempe terjadi perubahan kandungan gizi dari kedelai menjadi tempe (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa komposisi gizi tempe baik kadar protein, lemak, dan karbohidratnya tidak banyak berubah dibandingkan dengan kedelai. Namun, karena adanya enzim pencernaan yang dihasilkan oleh kapang tempe, maka protein, lemak, dan karbohidrat pada tempe menjadi lebih mudah dicerna di dalam tubuh dibandingkan yang terdapat dalam kedelai. Proses fermentasi yang terjadi pada tempe berfungsi untuk mengubah senyawa makromolekul kompleks yang terdapat pada kedelai (seperti protein, lemak, dan karbohidrat) menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti peptida, asam amino, asam lemak dan monosakarida. Spesies-spesies kapang yang terlibat dalam fermentasi tempe tidak memproduksi racun, bahkan kapang itu mampu melindungi

tempe terhadap kapang penghasil aflatoxin, jamur yang dipakai untuk membuat tempe dapat menurunkan kadar aflatoxin hingga 70%. Selain itu tempe juga mengandung senyawa anti bakteri yang diproduksi kapang selama fermentasi berlangsung (Ali, 2008).

Tabel 2 Kandungan gizi antara kedelai dan tempe (100 g)

Kandungan Gizi	Kedelai	Tempe
Protein	46.2	46.5
Lemak	19.1	19.7
Karbohidrat	28.2	30.2
Kalsium (mg)	254	347
Besi (mg)	11	9
Fosfor (mg)	781	724
Vitamin B1 (UI)	0.48	0.28
Vitamin B12 (UI)	0.2	3.9
Serat (g)	3.7	7.2
Abu (g)	6.1	3.6

Sumber : Sutomo (2008)

Sedangkan perubahan kandungan asam amino selama proses pembuatan tempe dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kandungan asam amino esensial (mg/g N)

As. Amino	FAO	Tempe	Kedelai
Metionin-sistein	220	171	165
Treonin	250	267	247
Valin	310	349	291
Lisin	340	404	391
Leusin	440	538	494
Fenilalanin-tirosin	380	475	506
Isoleusin	250	340	290
Triptofan	60	84	76

Sumber : Hidayat (2008)

Tabel 3 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan asam amino selama pembuatan tempe. Hal ini juga ditegaskan dalam Astuti dkk. (2000) bahwa kandungan protein tempe menurun tetapi kandungan asam amino meningkat. Kandungan nitrogen terlarut dalam kedelai sebesar 3.5 mg/g sedangkan pada tempe sebesar 8.7 mg/g (Astuti dkk, 2000).

Dapat dilihat bahwa semakin lama fermentasi maka semakin meningkat kadar airnya. Hal ini terjadi karena selama fermentasi terjadi proses metabolisme dan perombakan senyawa makromolekul menjadi senyawa yang lebih sederhana. Menurut pendapat Mulato (2003) dalam Wiryadi (2007), waktu fermentasi merupakan salah satu faktor terpenting

penyebab meningkatnya kadar air sehingga dengan meningkatnya waktu fermentasi maka kadar air akan meningkat pula. Selama fermentasi 30 jam, ragi yang digunakan dalam fermentasi tempe sudah melakukan proses metabolisme dan merombak protein menjadi asam amino meskipun belum sempurna (Rochmah, 2008).

Setelah fermentasi 30 jam kadar air cenderung mengalami peningkatan. Peningkatan kadar air ini akibat penambahan air dari hasil metabolisme mikrobia selama fermentasi. Menurut Steinkrauss (1995), selama fermentasi tempe air dihasilkan sebagai hasil dari pemecahan karbohidrat oleh mikrobia. Menurut Rochmah (2008) air merupakan salah satu produk hasil fermentasi aerob. Selama fermentasi tempe, mikrobia mencerna substrat dan menghasilkan air, karbondioksida dan sejumlah besar energi (ATP). Selama fermentasi, kapang *Rhizopus* akan menghancurkan matriks antara sel bakteri dimana pada hari ke tiga untuk kedelai akan menjadi empuk, tapi pada fermentasi selanjutnya antara sel pada kedelai hancur ditambah air hasil pemecahan karbohidrat yang menyebabkan tempe menjadi lembek dan berair (Syarief, 1999).

Pada saat pembuatan tempe, kedelai mengalami hidrasi terutama pada saat perendaman dan perebusan, sehingga berat kedelai dapat meningkat karena air akan mudah berdifusi ke dalam dinding sel kedelai dan waktu perendaman kedelai juga cukup lama. Sedangkan waktu perendaman berasnya tidak begitu lama jika dibandingkan dengan perendaman kedelai. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Steinkraus (1983) dalam Kasmidjo (1990), bahwa perendaman akan memberikan kesempatan kepada kedelai untuk menyerap air (hidrasi) sehingga beratnya menjadi dua kali lipat dan dengan penyerapan tersebut, kedelai mampu menyerap air lebih banyak ketika direbus, dengan perebusan selama 1 jam biji yang telah direndam akan menggelembung sehingga volumenya menjadi dua setengah kalinya.

Astuti dkk. (2000), menyebutkan bahwa selama fermentasi tempe jumlah vitamin B kompleks meningkat kecuali tiamin. Vitamin B12 diproduksi oleh bakteri

Klebsiella pneumoniae yang merupakan mikroorganisme yang diinginkan.

Proses fermentasi tempe secara alami (Steinkraus dalam Steinkraus 1983). Vitamin B12 adalah suatu vitamin yang sangat kompleks molekulnya, yang selain mengandung unsur N juga mengandung sebuah atom cobalt (Co) yang terikat mirip dengan besi terikat dalam hemoglobin atau magnesium dalam klorofil (Winarno, 2002). Selama fermentasi tempe kedelai/beras juga mengalami pembentukan vitamin B12, sehingga kenaikan jumlah abu diduga berasal dari nitrogen dan cobalt (Co pada vitamin B12) yang terkandung dalam vitamin B kompleks tersebut.

Lemak tidak mudah langsung digunakan oleh mikroba jika dibandingkan dengan protein dan

karbohidrat (Keraten, 1986 dalam Wiryadi 2007), dan ini juga sesuai dengan pendapat dari Sapuan (1996), yang menyatakan bahwa pada pemeraman 12 jam pertama enzim yang aktivitasnya tinggi adalah amilase, pada periode fermentasi 12-24 jam aktivitas enzim protease yang paling tinggi, dan setelah pemeraman 24-36 jam aktivitas enzim lipase yang paling tinggi. Menurut Kasmidjo (1990), menyebutkan bahwa kadar lemak kedelai akan mengalami penurunan akibat fermentasi menjadi tempe. Lebih dari 1/3 trigliserida yang tersusun oleh komponen asam-asam lemak seperti asam lemak palmitat, stearat, oleat, lonoleat dan linoleat (lemak netral) dari kedelai terhidrolisis oleh enzim lipase selama 3 hari fermentasi oleh *R. oligosporus* pada T 37°C. Setelah 48 jam fermentasi, lemak akan terhidrolisis.

Kadar lemak tempe dengan konsentrasi kedelai yang lebih banyak lebih tinggi bila dibandingkan dengan konsentrasi kedelai yang lebih rendah. Menurut Koswara (1992), kandungan lemak pada kedelai sebesar 18.1%, dan menurut Sutomo (2008), kandungan lemak pada kedelai sebesar 19.1%. Sedangkan kandungan lemak pada beras sebesar 0.55% (Anonim, 2000).

Kadar Protein

Kadar protein tempe kedelai mengalami kenaikan dengan meningkatnya waktu fermentasi Hasil tersebut sesuai dengan pendapat Astuti dkk. (2000), akibat pengolahan kedelai menjadi tempe, kadar nitrogen totalnya semakin bertambah dan menurut Kasmidjo (1990), selama proses

fermentasi terjadi perubahan jumlah kandungan asam-asam amino yang secara keseluruhan jumlah asam-asam amino mengalami kenaikan setelah proses fermentasi.

Banyak sekali jamur yang aktif selama fermentasi tempe, tetapi umumnya para peneliti menganggap bahwa *Rhizopus* sp. merupakan jamur yang paling dominan. Jamur yang tumbuh pada kedelai tersebut menghasilkan enzim-enzim pemecah senyawa-senyawa kompleks. *Rhizopus oligosporus* menghasilkan enzim-enzim protease. Perombakan senyawa kompleks protein menjadi senyawa-senyawa lebih sederhana yaitu asam amino adalah penting dalam fermentasi tempe, dan merupakan salah satu faktor utama penentu kualitas tempe, yaitu sebagai sumber protein nabati yang memiliki nilai cerna tinggi karena lebih mudah untuk diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh secara langsung (Pangastuti, 1996).

Senyawa Isoflavon Faktor-II (6,7,4' trihidroksi isoflavon) Pada Tempe Kedelai

Senyawa isoflavon merupakan senyawa yang mencirikan tanaman kelompok leguminoceae (tanaman berbunga kupu-kupu), salah satunya tanaman kedelai. Pada kedelai mengalami berbagai perubahan pada proses pembuatan tempe baik oleh proses fisik maupun proses enzimatik oleh adanya aktivitas mikroorganisme. Keterlibatan mikroorganismen pada proses pembuatan tempe terutama terjadi pada proses perendaman oleh bakteri-bakteri pembentuk asam dan proses fermentasi oleh kapang khususnya *Rhizopus oligosporus*.

Sebagai akibat perubahan-perubahan tersebut tempe menjadi lebih enak, lebih bergizi, dan lebih mudah dicerna. Salah satu factor penting dalam perubahan tersebut adalah terbebasnya senyawa-senyawa isoflavon dalam bentuk bebas (aglikon), dan teristemewa hadirnya Faktor-II (6,7,4' trihidroksi isoflavon), yang terdapat pada tempe tetapi tidak terdapat pada kedelai, ternyata berpotensi tinggi (dibanding dengan jenis isoflavon yang lainnya) sebagai antioksidan (Gyorgy dkk., 1964), antihemolitik (Murata, 1985), penurunan tekanan darah, dan anti kanker (Zilleken, 1986),

Senyawa isoflavon merupakan salah satu komponen yang juga mengalami metabolisme. Senyawa isoflavon ini pada kedelai berbentuk senyawa konjugat dengan

senyawa gula melalui ikatan -O- glikosidik. Selama proses fermentasi, ikatan -O- glikosidik terhidrolisis, sehingga dibebaskan senyawa gula dan isoflavon aglikon yang bebas. Senyawa isoflavon aglikon ini dapat mengalami transformasi lebih lanjut membentuk senyawa transforman baru. Hasil transformasi lebih lanjut dari senyawa aglikon ini justru menghasilkan senyawa-senyawa yang mempunyai aktivitas biologi lebih tinggi. Hal ini terlihat pada Faktor-II (6,7,4'-tri-hidroksi isoflavon), yang mempunyai aktivitas antioksidan dan antihemolisis lebih baik dari daidzein dan genistein. Selain itu, telah ditemukan bahwa senyawa isoflavon lebih aktif 10 kali dari senyawa karboksikroman.

Naim (1973) melaporkan bahwa kedelai dorman mengandung glikosida isoflavon yang terdiri dari 65% genistin, 23% daidzin dan 15% glisitin. Pratt dan Hudson (1985), melaporkan bahwa daidzin, genistin, dan glisitein yang terdapat pada biji kedelai dapat dihidrolisis oleh β -glukosidase selama proses perendaman menjadi aglikon isoflavon dan glukosanya yaitu genestein (5,7,4'-trihidroksi isoflavon) dan glukosa (1:1), daidzein (7,4'-trihidroksi isoflavon) dan glukosa (1:1) serta glisitein (6-metoksi-7,4'-dihidroksi isoflavon) dan glukosa (1:1).

Menurut Barz dan Papendorf (1991), Faktor II dapat terbentuk karena selama proses perendaman kedelai, β -glukosidase akan aktif dan mengubah glisitin, genestein dan daidzin yang telah ada pada kedelai menjadi glisitein, genestein dan daidzein. Selanjutnya selama proses fermentasi kedelai direndam dengan *Rhizopus oligosporus* terjadi konversi lebih lanjut glisitein dan daidzein menjadi senyawa Faktor II.

Manfaat Senyawa Isoflavon Pada Tempe Kedelai

Isoflavon pada tempe dapat mencegah aktivitas sel menjadi sel kanker, tetapi juga dapat memperbaiki metabolisme hormon steroid, menurunkan kolesterol dan trigleserida, serta melindungi sel-sel hati dari paparan senyawa beracun. Selain itu Isoflavon juga dapat berfungsi untuk memperlancar sirkulasi darah. Isoflavon mempunyai beberapa efek positif dari isoflavon adalah antiadrenalin, yang membuat jantung bekerja lebih santai, di samping antiperadangan serta mencegah ketidak teraturan denyut jantung.

Khususnya isoflavon pada tempe yang aktif sebagai antioksidan, yaitu 6,7,4'-tri hidroksi isoflavon, terbukti berpotensi sebagai anti-konstriksi pembuluh darah (konsentrasi 5 μ g/ml) dan juga berpotensi menghambat pembentukan LDL (*low density lipoprotein*). Dengan demikian, isoflavon dapat mengurangi terjadinya arteriosclerosis pada pembuluh darah.

Zat yang terkandung dalam hasil olahan kedelai ini dapat berfungsi pula untuk mencegah terjadinya kerusakan permukaan dinding pembuluh darah jantung (koroner), tetapi sekaligus memperbaikinya. Termasuk pula mengikis endapan kolesterol pada dinding pembuluh darah koroner. Hasil olahan kedelai lain seperti minyak kedelai, juga dapat menangkalkan kolesterol. Menurut Zilliken (1987), Faktor-II (6,7,4'-tri-hidroksi isoflavon) merupakan senyawa isoflavon yang paling besar pengaruhnya. Karena itulah isoflavon menumbuhkan harapan cerah pada pencegahan dan penurunan kejadian penyakit jantung.

Kesimpulan

Tempe merupakan makanan asli Indonesia tinggi kandungan antioksidan terutama isoflavon faktor-II (6,7,4'-tri-hidroksi isoflavon) yang bermanfaat untuk pencegahan dan penurunan kejadian penyakit kanker payudara dan jantung koroner.

Daftar Pustaka

- Achmad, S.A. 1990. Flavonoid dan Phyto Medica: Kegunaan dan Prospek. Phyto Medica, Vol I, No, 2, 1990.
- Ali, I. 2008. Buat Tempe Yuuuuk [Internet]. [Diakses, Oktober 21 2021]. Tersedia pada: <http://iqbalali.com/2008/05/07/buat-tempe-yuuuuk/>.
- Apriyantono, A., Fardias, D., Puspitasari, N., Sedarnawati, L., Budianto, S. 1989. Analisis Pangan. Bogor (ID): PAU Pangan dan Gizi IPB.
- Ardiyansyah. 2007. Khasiat Angkak [Internet]. [Diakses, Oktober 15 2021]. Tersedia pada: www.ardiansyah.multipiy.com/journal/item/8.
- Astawan, M. 2003. Tempe: Cegah Penuaan & Kanker Payudara [Internet]. [Diakses, November 15 2021]. Tersedia pada:

- <http://www.kompas.co.id/kesehatan/news/0307/03/092312.htm>
- Astuti, M., Meliala, Andreanyta., Fabien, Dalais., Wahlq, Mark. 2000. Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific J Clin Nutr* (2000) 9(4): 322-325.
- Barz, W., Heskamp, Klus, K., Rehms, H., Steinkamp, R. 1993. Recent Aspect of Protein, Phytate and Isoflavone Metabolism by Microorganisms Isolated from Tempe-Fermentation. *Tempo Workshop, Jakarta, 15 February 1993.*
- Barz, W., Ang, G.B., Papendorf. 1991. Metabolism of isoflavones and formation of factor-2 by tempeh producing microorganism Tempeh Workshop, Cologne. 20 May 1991.
- Cahyadi, W. 2006. *Kedelai Khasiat dan Teknologi*. Bandung (ID): Bumi Aksara.
- de Mann, J.M. 1989. Principle of Food Chemistry. The Avi Pub Co. Inc., Westport. Connecticut (4): 10-13.
- Ferlina, F. 2009. Tempe. <http://www.adln.lib.unair.ac.id/go.php>. (Diakses pada tanggal 2 Oktober 2009).
- Gyorgy, P., K. Murata and H. Ikehata. 1964. Antioxidants Isolated From Fermented Soybeans Tempeh, *Nature*. 203 : 872-875
- Hidayat, N. 2008. Fermentasi Tempe. <http://ptp2007.files.wordpress.com/2008/03/fermentasi-tempe.pdf>.
- Huang, H.T. 2000. *Science and Civilisation in China, Volume VI:5*. Cambridge: Cambridge University Press. hlm. 342.
- Kartika, B. P. Hastuti, W. Supartono. 1988. *Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan*. Yogyakarta (ID): UGM Press. Yogyakarta.
- Koswara. 1992. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta (ID): Bharata.
- Onghokham. 2001. Tempe Sumbangan Jawa untuk Dunia [Internet]. [Diakses, November 20 2021]. Tersedia pada: <http://web.archive.org/web/20010215035727/http://www.kompas.com/kompas-cetak/millennium/data2000/temp39.htm>
- Pangastuti, H.P., Triwibowo, S. 1996. *Proses Pembuatan Tempe Kedelai: III. Analisis Mikrobiologi*. Cermin Dunia Kedokteran No. 109.
- Pawiroharsono, S. 1995. *Metabolisme Isoflavon dan Faktor-II pada Proses Pembuatan Tempe*, Prosiding Simposium Nasional Pengembangan Tempe dalam Industri Pangan Modern. UGM. Yogyakarta.
- Priantono, H. 2009. *Turunkan Trigliserida & Kolesterol Pakai Herbal*. www.hendra-blogspot.com
- Riyadi, S. 2008. *Impor Kedelai Bebas Bea*. <http://www.suaramerdeka.com/harian/0801/15/nas01.htm>.
- Rizki, A. 2021. *Simak Asal Mula dan Sejarah Tempe di Indonesia* [Internet]. [Diakses, November 20 2021]. Tersedia pada: <https://lifestyle.bisnis.com/read/20210930/219/1449018/simak-asal-mula-dan-sejarah-tempe-di-indonesia#:~:text=Kata%20%E2%80%9Ctempe%E2%80%9D%20diduga%20berasal%20dari,segar%20yang%20juga%20berwarna%20putih>.
- Rokhmah, L.N. 2008. *Kajian Kadar Asam Fitat dan Kadar Protein Selama Pembuatan Tempe Kara Benguk (Mucuna Pruriens) dengan Variasi Pengecilan Ukuran dan Lama Fermentasi*. Skripsi. Fakultas Pertanian UNS. Surakarta.
- Shurtleff, W.; Aoyagi, A. 1986, *Tempeh production: a craft and technical manual* (edisi ke-2nd), Lafayette: The Soyfoods Center.
- Shurtleff, W.; Aoyagi, A. 2001, *The Book of Tempeh* (edisi ke-2nd), Berkeley: Ten Speed Press, hlm. hlm. 146
- Smith, A. K and J. Circle, S. 1978. *Soybeans Chemistry and Technology*. The AVI Pub. Company Inc. westport connecticut.
- Snyder, H.E. and W. Know, T. 1987. *Soybean Utilization*. an AVI Book. Published by van Nostrad Rein hold company, New york.
- Steinkraus, K.H. 1983. *Handbook of Indigenous Fermented Foods*. Second eds. New York (US): Marcel-Dekker Inc. Hal 1-94.
- Suharyono, A.S., Susilowati. 2006. *Pengaruh Jenis Tempe dan Bahan Pengikat Terhadap Sifat*

- Kimia dan Organoleptik Produk Nugget Tempe. Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lampung, 2006, hal 280-290.
- Sutomo, B. 2008. Cegah Anemia dengan Tempe [Internet]. [Diakses, November 06 2021]. Tersedia pada: <http://myhobbyblogs.com/food/files/2008/06/>.
- Syarief, R. 1999. Wacana Tempe Indonesia. Surabaya: Universitas Katolik Widya Mandala. hlm. hlm. 2.
- Winarno, F.G. 2002. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wiryadi, R. 2007. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Lama Pengeringan terhadap Mutu Tepung Cokelat (*Theobroma cocoa* L). Skripsi. Universitas Syah Kuala. Aceh.
- Graham, T.L. dan Graham, M.Y. Glyceollin Elicitor Induce Major but Distinctly Different Shifts in Isoflavonoid Metabolism in Proximal and distal Soybean Cell Population. *Molecular Plant-Microbe Interactions* Vol. 4, No.1, 1991.
- Gyorgy, P., Murata, K., Ikehata, H. 1964. Antioxidants isolated from fermented soybeans tempeh. *Nature*. 203: 872-875.
- Murakami, H., Asakawa, T., Terao, J. Dan Matsushita, S. 1984. Antioxydantive stability of Tempeh and Liberation of Isoflavones by fermentation. *Agric. Biot. Chem.*, 48 (12), 2971-2975.
- Murata, K., 1985. Formation of antioxidant and nutrient in tempe. *Asian Symposium on Non-salted Soybean Fermentation*, Tsukuba, Japan, July 14-16, 1985.
- Naim, M. 1973. Anew isoflavone from soybeans. *Phytochemistry* 12: 169-171.
- Oilis, W.D. *The Isoflavanoids*. 1962. Macmillan Co., New York.
- Pawiroharsono, S. 1995. Metabolisma Isoflavon dan Faktor-Il Pada Proses Pembuatan Tempe. Prosiding Simposium Nasional Pengembangan Tempe Dalam Industri Pangan Modem, UGM, Yogyakarta.
- Pratt, D.E., Hudson, B.J. 1985. Natural antioxidants not exploited commercially. *Antioxidants* : 1971-1989.
- Zilliken, F.I 1987. Production of Novel Isoflavans. *Material Meeting, BMBF*, Bonn, Germany.