

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kacang Kedelai

Tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan salah satu tanaman palawija yang digolongkan ke dalam famili *Leguminoceae*, sub famili *Papilionoideae* (Suprpto, 1997). Tanaman kedelai berbentuk semak pendek setinggi 30-100 cm, kedelai yang telah dibudidayakan tersebut merupakan tanaman liar yang tumbuh merambat yang buahnya berbentuk polong dan bijinya bulat lonjong. Tanaman kedelai ini dibudidayakan di lahan sawah maupun lahan kering (ladang) (Suprpti, 2003).

Kedelai merupakan salah-satu jenis kacang-kacangan yang dapat digunakan sebagai sumber protein, lemak, vitamin, mineral dan serat. Kacang kedelai mengandung sumber protein nabati yang kadar proteinnya tinggi yaitu sebesar 35% bahkan pada varietas unggul dapat mencapai 40-44%. Selain itu juga mengandung asam lemak essensial, vitamin dan mineral yang cukup. Di samping protein, kacang kedelai mempunyai nilai hayati yang tinggi setelah diolah, karena kandungan susunan asam aminonya mendekati susunan asam amino pada protein hewani (Koswara, 1992).

Kedelai dapat diandalkan untuk mengatasi kekurangan protein dalam menu makanan rakyat Indonesia. Kedelai diproses menjadi bahan makanan yang dapat

dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan penghancuran, perebusan, peragian, fermentasi dan pengasaman, sehingga menghasilkan produk tahu, kembang tahu, susu, kecap dan produk lainnya (Nugroho, 2007).

Kedelai mendapat perhatian besar di seluruh dunia karena berbagai keunggulan lain yang dimilikinya diantaranya memiliki adaptibilitas agronomis yang tinggi, dapat hidup di daerah tropis dan subtropis, juga di daerah dengan tanah dan iklim yang memungkinkan tanaman pangan lainnya untuk tumbuhnya, serta memiliki kandungan gizi yang relatif tinggi dan lengkap sebagaimana terangkum dalam Tabel 1 (Suprapti, 2003).

Tabel 1. Kandungan gizi kacang kedelai

No	Unsur Gizi	Kadar/100 g bahan
1	Energi	442 kal
2	Air	7,5 g
3	Protein	34,9 g
4	Lemak	38,1 g
5	Karbohidrat	34,8 g
6	Mineral	4,7 g
7	Kalsium	227 mg
8	Fosfor	585 mg
9	Zat besi	8 mg
10	Vitamin A	33 mcg
11	Vitamin B	1,07 mg

Sumber: Suprapti (2003)

Kedelai merupakan sumber gizi yang sangat penting. 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 (Astuti, 2000).

B. Tempe

Tempe merupakan produk pangan tradisional Indonesia berbahan dasar kedelai (*Glycine max*) yang diolah melalui proses fermentasi. Tempe memiliki penampakan berwarna putih yang disebabkan oleh miselia kapang yang menghubungkan biji-biji kedelai sehingga terbentuk tekstur yang kompak. Kapang yang tumbuh pada kedelai akan mendegradasi senyawa-senyawa kompleks pada kedelai menjadi senyawa-senyawa sederhana yang lebih mudah dicerna oleh manusia (Syarief *et al.*, 1999).

Tempe memiliki beberapa keunggulan dibandingkan kacang kedelai. Pada tempe, terdapat enzim-enzim pencernaan yang dihasilkan oleh kapang tempe selama proses fermentasi, sehingga protein, lemak dan karbohidrat menjadi lebih mudah dicerna. Kapang yang tumbuh pada tempe mampu menghasilkan enzim protease untuk menguraikan protein menjadi peptida dan asam amino bebas (Astawan, 2008). Enzim lipase menguraikan lemak menjadi lipid dan asam lemak, serta enzim amilase menguraikan karbohidrat menjadi gula sederhana (Hermana dan Karmini, 1999)

Tempe juga memiliki berbagai sifat unggul seperti mengandung lemak jenuh rendah, kadar vitamin B₁₂ tinggi, mengandung antibiotik, dan berpengaruh baik pada pertumbuhan badan. Keberadaan vitamin B₁₂ dalam tempe sangat istimewa. Vitamin B₁₂ umumnya terdapat terdapat pada produk-produk hewani, tetapi tidak

dijumpai pada makanan nabati (sayuran, buah-buahan dan biji-bijian).Vitamin B₁₂ sangat diperlukan dalam pembentukan sel-sel darah merah. Kekurangan vitamin ini mengakibatkan terjadinya anemia pernisiiosa. Gejala yang ditimbulkan gangguan ini adalah pucat, sakit perut dan berat badan menurun. Kekurangan vitamin B₁₂ ini dapat menghambat pembentukan sel darah merah (Koswara, 1992). Berikut ini daftar komposisi kimia tempe yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. 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 %

Sumber: Cahyadi (2006).

Tempe mengandung 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. Zat antioksidan di dalam tempe berbentuk isoflavon. Zat ini merupakan antioksidan yang sangat dibutuhkan tubuh untuk menghentikan reaksi pembentukan radikal bebas. Selain itu, isoflavon juga dapat menurunkan kolesterol LDL dan menaikkan kolesterol HDL dibandingkan dengan pemberian kasein (Cahyadi, 2006). Perbandingan komposisi kimia kedelai dan tempe dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia kedelai dan tempe per 100 g bahan

Komposisi	Kedelai	Tempe Kedelai
Protein (g)	30,2	18,3
Lemak (g)	15,6	4,0
Karbohidrat (g)	30,1	12,7
Air (g)	20,0	64,0
Abu (g)	5,5	1,6
Energi (kal)	331	149
Kalsium (mg)	227	129
Fosfor (mg)	585	154
Zat besi (mg)	8	10

Sumber : Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, (2004).

Pembuatan tempe kedelai menurut Sarwono (2002) meliputi: sortasi, perebusan I, perendaman, pengupasan kulit ari, perebusan II, penirisan dan pendinginan, peragian, pengemasan dan fermentasi. Tahapan-tahapan pembuatan tempe kedelai dijelaskan sebagai berikut yaitu biji kedelai dipilih dan dibersihkan dari kotoran, dicuci dengan air bersih. Biji kedelai yang bersih kemudian direbus selama 30 menit sebagai perebusan I, fungsinya untuk melunakkan kedelai. Kedelai yang telah direbus kemudian direndam selama 24 jam dengan air rebusan tadi. Proses selanjutnya kedelai direbus (perebusan II) untuk membunuh bakteri yang kemungkinan tumbuh selama perendaman. Setelah perebusan, kedelai dipisahkan antara kulit ari dan biji kedelai. Kedelai yang sudah dipisahkan kulit dan bijinya, selanjutnya ditiriskan dan didinginkan, dibiarkan dingin sampai permukaan kedelai kering dan airnya menetes habis. Proses selanjutnya pencampuran kedelai dengan penambahan ragi sebanyak 2%. Campuran kedelai yang sudah rata dimasukkan ke dalam plastik atau di cetak pada daun dan difermentasi selama 24 jam, yang sebelumnya plastik dilubangi dengan jarak 1-2 cm, untuk memberikan udara supaya kapang yang tumbuh berwarna putih. Sesudah difermentasi 24 jam campuran kedelai telah menjadi tempe yang siap untuk dijual.

C. Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat dibagi menjadi dua golongan berdasarkan sifat fermentasinya yaitu bakteri asam laktat homofermentatif dan bakteri asam laktat heterofermentatif. Selama fermentasi kedua golongan bakteri ini menghasilkan produk akhir yang berbeda dari metabolisemenya. Bakteri asam laktat jenis homofermentatif mengkonversi glukosa menjadi asam laktat. Bakteri asam laktat homofermentatif sering digunakan dalam pengawetan makanan karena produksi asam laktat dalam jumlah tinggi di dalam makanan yang dapat menghambat bakteri pembusuk/yang tidak diinginkan. Sedangkan bakteri asam laktat yang bersifat heterofermentatif selain menghasilkan asam laktat juga menghasilkan karbondioksida dan etanol atau asam asetat (Axelsson, 1990).

Bakteri homofermentatif dapat memecah glukosa menjadi asam laktat melalui jalur *Embden-Meyerhorf-Parnas* (EMP) atau glikolisis. Enzim yang berperan dalam tahap glikolisis adalah enzim aldolase dan heksosa isomerase. Bakteri heterofermentatif mampu memecah glukosa menjadi asam laktat, asam asetat, asam propionat dan etanol melalui jalur oksidatif pentosa fosfat dengan bantuan enzim fosfoketolase. Bakteri heterofermentatif tidak mempunyai enzim fruktosadifosfat aldolase, transaldolase dan transketolase yang berperan dalam tahap glikolisis. Bakteri homofermentatif dapat menghasilkan energi sebesar dua kali energi yang dihasilkan oleh bakteri heterofermentatif dari sejumlah substrat yang sama (Fardiaz, 1988).

Bakteri asam laktat akan mengubah karbohidrat menjadi asam laktat dalam kondisi anaerob dan proses ini dapat dibagi menjadi tiga tahapan. Pada tahap

awal, zat pati dari sumber karbohidrat akan dihidrolisa menjadi maltosa oleh α -*amylase* dan β -*amylase* yang merupakan enzim ekstraseluler pada mikroorganisme. Kemudian molekul maltosa ini akan dipecah menjadi glukosa oleh maltase. Pada tahap terakhir bakteri asam laktat akan mengubah glukosa menjadi asam laktat dan sejumlah kecil bahan lain seperti asam asetat, asam propionat dan etanol. Senyawa karbohidrat yang biasa dipecah menjadi asam laktat ialah glukosa, sukrosa dan laktosa. Bakteri asam laktat tidak hanya menurunkan pH media, tetapi juga menghasilkan antibiotik yang sering disebut sebagai bakteriosin, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk (Fardiaz, 1988).

Lactobacillus merupakan salah satu anggota dari bakteri asam laktat, termasuk keluarga *Lactobacillaceae*, terdiri atas marga *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, dan *Leuconostoc*. Bakteri asam laktat terutama *Lactobacillus* memproduksi OH^- yang bersifat pembunuh mikroba pembusuk dan memproduksi senyawa antibiotik. Disamping itu beberapa spesies bakteri asam laktat yang menghasilkan senyawa antibakteri seperti bakteriosin, nisin dan reuterin. Asam organik yang dihasilkan selama fermentasi seperti asam asetat, propionat dan formiat kemungkinan memiliki daya antimikroba yang lebih kuat dibandingkan asam laktat. Produk fermentasi lain yaitu diasetil dalam kadar $200\mu\text{g/ml}$ atau lebih bersifat menghambat khamir dan bakteri Gram negatif (Fardiaz, 1992).

D. *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus merupakan bakteri berbentuk batang dari famili *Lactobacillaceae* yang termasuk golongan Gram positif, bersifat mesofilik dan

tidak dapat membentuk spora. *Lactobacillus acidophilus* bersifat homofermentatif dengan asam laktat sebagai produk utama fermentasi karbohidrat. *Lactobacillus acidophilus* banyak ditemukan pada bagian akhir usus kecil dan bagian awal usus besar. Bakteri ini memproduksi asam organik, hidrogen peroksida dan antibiotik untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen atau bakteri pembusuk. Hal ini menunjukkan sifat antimikroba bakteri Gram positif lebih kuat dari pada bakteri Gram negatif. Hal itu juga yang menunjukkan bahwa aktivitas antimikroba *Lactobacillus acidophilus* paling kuat dalam menghambat bakteri patogen. *Lactobacillus acidophilus* dalam saluran pencernaan dapat juga menghambat pertumbuhan bakteri patogen atau pembusuk yang menyebabkan gangguan pada usus, diare dan gangguan pencernaan serta berperan dalam menjaga kesehatan (Kanbe, 1992).

Karakteristik bakteri *Lactobacillus acidophilus* diantaranya: (1) tidak tumbuh pada suhu 15°C dan tidak dapat memfermentasi ribosa, (2) suhu optimum untuk pertumbuhannya berkisar antara 35 - 38°C dan pH optimum 5,5 - 6,0, (3) di dalam susu sapi, bakteri ini memproduksi 0,3 - 1,9% DL asam laktat; asam yang dihasilkan mempunyai kemampuan yang berbeda antar galur, (4) umumnya membutuhkan nutrisi berupa asetat, riboflavin, asam pantotenat, kalsium, niasin dan asam folat, (5) resisten terhadap asam empedu dan, (6) memproduksi *threonine aldolase* dan *alcohol dehydrogenase* yang mempengaruhi aroma (Kanbe, 1992).



Gambar 1. *Lactobacillus acidophilus*
Sumber : (www.sciencephoto.com)

Lactobacillus acidophilus mensekresikan senyawa metabolit biosurfaktan, bakteriosin, asam organik dan H_2O_2 yang dapat menghambat pelekatan dan pertumbuhan bakteri patogen, serta molekul koagregasi yang menghambat penyebaran bakteri patogen. *Lactobacillus acidophilus* menghasilkan D(-) asam laktat yang berfungsi memperbaiki ketersediaan biologis mineral, sehingga memperbaiki penyerapan mineral, terutama kalsium, sebab kalsium lebih mudah diserap dalam kondisi asam (Surono, 2004).

E. Tepung Sagu

Tumbuhan sagu termasuk ke dalam tumbuhan monokotil, famili *Palmae*, genus *Metroxylon* dari ordo *Spadiciflorae*. Spesies yang penting secara komersial dan paling banyak tumbuh di Indonesia yaitu *Metroxylon sagus* dan *Metroxylon rhumpii*. Batang sagu merupakan bagian terpenting karena merupakan tempat penyimpanan pati atau karbohidrat. Batang sagu berbentuk silinder dengan diameter sekitar 50 cm, bahkan dapat mencapai 80-90 cm. Batang sagu terdiri dari lapisan kulit bagian luar yang keras dan bagian dalam berupa empulur yang mengandung serat-serat pati (Haryanto, 1992).

Pati sagu memiliki kandungan amilosa sebanyak 27% yang memiliki rantai lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan amilopektin sebanyak 73% yang memiliki rantai cabang dengan ikatan α -(1,6)-D-glikosa. Kandungan amilopektin dalam tepung sagu berguna untuk mempertinggi mutu penampilan produk, tidak mudah menggumpal, dan memiliki daya perekat yang tinggi. Kandungan amilopektin dalam tepung sagu dapat mempengaruhi sifat kelarutan dan derajat gelatinisasi, semakin banyak kandungan amilopektin maka pati makin bersifat tidak kering dan lengket, sedangkan kandungan amilopektin yang semakin sedikit akan menyebabkan pati bersifat kering dan kurang lengket serta cenderung menyerap air lebih banyak. Amilosa dan amilopektin berbeda pada berbagai jenis tanaman, baik dalam proporsinya maupun dalam ukuran besarnya (Haryanto, 1992).

Pati sagu secara umum dapat dimanfaatkan baik untuk industri pangan maupun non pangan. Pati sagu untuk industri pangan, pengolahannya ditekankan pada diversifikasi pangan yang memiliki prospek untuk dikembangkan. Pati sagu dapat diolah menjadi tepung campuran dan tepung pati termodifikasi (dekstrin). Pada industri pengolahan pangan lainnya tepung sagu dimanfaatkan menjadi gula cair, alkohol, sorbitol, dan asam organik. Sedangkan untuk industri non pangan pati sagu diolah menjadi alkohol, plastik biodegradable, surfaktan deterjen, dan lain sebagainya (Djoefrie, 1999). Haryanto (1992) menambahkan, tepung sagu dapat digunakan sebagai pakan babi dan ayam. Tepung sagu yang dengan kadar serat lebih dari 12% cocok untuk makanan hewan ruminansia. Selain itu, tepung sagu juga digunakan untuk pengolahan makanan, kosmetika, industri kimia dan pengolahan kayu. Berikut ini komposisi kandungan sagu per 100 gram disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi kandungan sagu per 100 gram.

Kandungan	Jumlah
Kalori	357 kal
Karbohidrat	85 g
Protein	0,7 g
Lemak	0,2 g
Serat	0,2 g
Air	13,7 g
Abu	0,4 g

Sumber : Djoefrie (1999)

F. Hasil Penelitian Terkait Peningkatan Umur Simpan Tempe

Peningkatan umur simpan tempe telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Kemala (2006) mengkaji pengawetan tempe dengan menggunakan panas berupa pengeringan dengan *batch fluidized solar dryer*, pengeringan dengan oven, dan sterilisasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan tempe yang dikeringkan dengan *batch fluidized solar dryer* maupun oven sudah mengalami kerusakan pada hari ke-4. Kerusakan ini ditandai dengan timbulnya bau busuk pada tempe, tekstur tempe agak lunak, warna coklat pada tempe memudar, permukaan tempe ditumbuhi kapang-kapang putih dan agak lengket. Permukaan tempe yang lengket, tekstur yang agak lunak dan aroma tempe yang busuk merupakan hasil metabolisme kapang yang tumbuh selama masa penyimpanan tempe kering.

Tempe dengan proses sterilisasi masih layak penampakan organoleptiknya setelah disimpan selama 14 hari. Proses sterilisasi dapat membunuh semua mikroorganisme pembusuk yang dapat tumbuh pada kondisi penyimpanan yang normal. Pada bahan pangan yang disterilisasi hanya bakteri pembentuk spora yang masih mungkin tumbuh. Spora bakteri tersebut akan berada dalam kondisi tidak mampu bergerminasi, tidak dapat tumbuh menjadi sel vegetatif, dan tidak dapat

membelah diri (Fardiaz, 1992). Warna tempe sterilisasi yang telah disimpan selama 14 hari agak menggelap, tetapi tekstur tempe masih cukup keras, penampakan tempe secara umum masih baik dan aromanya normal (khas tempe rebus) (Kemala, 2006).

Djanis dan Hanafi (2008), melaporkan bahwa tempe yang disimpan pada suhu dingin 15-20⁰C mampu bertahan sampai umur 4 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan mutu gizi tempe pada kadar protein, lemak, karbohidrat, abu, dan air dibandingkan dengan standar Puslitbang Gizi Depkes RI. Kerusakan dan perubahan kadar protein dan lemak pada tempe terjadi secara signifikan setelah penyimpanan 24 jam (1 hari). Selain itu, secara umum jenis kemasan tidak mempengaruhi penurunan mutu gizi tempe selama penyimpanan 4 hari.

Pratomo (2000) dan Aptesia (2013) menggunakan bakteri asam laktat untuk memperpanjang umur simpan tempe kedelai. Masing-masing menggunakan *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus casei*. Hasil penelitian menunjukkan *Lactobacillus plantarum* mampu menambah umur simpan tempe maksimal menjadi 96 jam (4 hari), sedangkan *Lactobacillus casei* mampu menambah umur simpan tempe maksimal menjadi 168 jam (7 hari).