

Studi nilai cerna protein susu kecambah kedelai varietas lokal secara in vitro

Study on the digestibility value of milk protein contained in-vitro germinated local soybean varieties

TRI CAHYO MARDIYANTO^{*}, SRI SUDARWATI

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah. Jl. BPTP No. 40, Bukit Tegal Lepek, Ungaran 50501, Jawa Tengah. Tel. +62-24-6924965/7, Fax. +62-24-6924966, *email: tri_cahyo_p2u@yahoo.com

Manuskrip diterima: 19 Februari 2015. Revisi disetujui: 22 Juni 2015.

Abstrak. *Mardiyanto TC, Sudarwati S. 2015. Studi nilai cerna protein susu kecambah kedelai varietas lokal secara in vitro. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1256-1264.* Kekurangan protein merupakan salah satu masalah gizi di negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Fungsi protein yang utama adalah untuk membentuk jaringan tubuh, mengatur proses dalam tubuh, dan memelihara jaringan yang ada. Oleh karena itu kekurangan protein terutama bagi anak-anak, dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan. Sumber protein dapat diperoleh dari protein hewani dan protein nabati. Nilai cerna protein merupakan salah satu penentu kualitas protein pada bahan makanan. Usaha peningkatan nilai cerna protein pada kacang-kacangan telah dilakukan yaitu dengan perkecambahan. Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai nilai cerna protein pada susu kedelai sebagai salah satu produk olahan kacang kedelai dengan bervariasi umur perkecambahan biji kedelai sebagai bahan dasar dalam pembuatan susu kedelai. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan nilai cerna protein dari susu kecambah kedelai pada masing-masing umur perkecambahan dan menentukan umur kecambah sebagai bahan dasar pembuatan susu yang memiliki nilai cerna protein yang lebih baik. Dalam penelitian ini dilakukan variasi umur perkecambahan yaitu 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan susu. Biji yang diperlakukan perkecambahan adalah varietas Wilis yang merupakan varietas kedelai lokal. Adapun analisis yang dilakukan pada kecambah adalah nilai cerna protein, kadar air, dan kadar protein total. Sedangkan susu kecambah kedelai dilakukan analisis nilai cerna protein, kadar air, kadar protein, kadar lemak, zat padatan terlarut, dan stabilitas emulsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susu kecambah kedelai yang tertinggi adalah susu dengan bahan dasar kecambah umur 48 jam dengan hasil analisis nilai cerna protein 79,78%, kadar air 91,73% wb, kadar protein 26,6% db, kadar lemak 15,12% db, zat padatan terlarut 37,01% db, dan stabilitas emulsi 43,62%.

Kata kunci: susu kedelai, perkecambahan, nilai cerna protein

Abstract. *Mardiyanto TC, Sudarwati S. 2015. Study on the digestibility value of milk protein contained in-vitro germinated local soybean varieties. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 1256-1264.* Protein deficiency is one of the nutritional problems in developing countries including Indonesia. The main functions of a protein are to form the body's tissues, regulating body processes and maintain existing networks. Therefore, lack of protein, especially for children, can lead to growth retardation. Sources of protein may be obtained from animal and vegetable. The protein digestibility value is one of the determinants of the quality of protein in foods. Efforts to increase the protein digestibility value have been done on germinated sprout. In this research, the protein digestibility values were evaluated in soy milk, which is one of the processed products of soybean, with a variation of germination age of soybean seed, which is a raw material in the processing of soy milk. The purpose of this study was to determine the value of milk protein digestibility of sprouted soybean at respective germination age and determine the germination age of better protein digestibility sprouts in the manufacture of milk. In this research, varied ages of germination were 0 hours, 24 hours, 48 hours, and 72 hours for processing of soy milk. Wilis varieties of soybean seed were used for germination, which is local soybean varieties. The analyzed parameters on sprout seed were protein digestibility values, moisture content, and the total protein content, while analyzed parameters on soybean milk were protein digestibility value, water content, protein content, fat content, dissolved solid substances, and the stability of the emulsion. The results of the research showed that the highest soybean milk digestibility values were found at 48 hours (germination age) having 79.78% (protein digestibility value), 91.73% (moisture content), 26.6% (protein content), 15.12% (fat content), 37.01% (substances dissolved solids), and 43.62% (emulsion stability).

Keywords: soy milk, germination, protein digestibility values

PENDAHULUAN

Kekurangan protein merupakan salah satu masalah gizi di negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Masalah lainnya adalah kekurangan kalori, vitamin A, zat besi, dan

Yodium. Fungsi protein yang utama adalah untuk membentuk jaringan tubuh, mengatur proses dalam tubuh, dan memelihara jaringan yang ada. Oleh karena itu kekurangan protein terutama bagi anak-anak, dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan. Sumber

protein dapat diperoleh dari protein hewani dan protein nabati (Koswara 1992).

Famili kacang-kacangan (Leguminoceae) telah lama dikenal sebagai sumber protein nabati dan memberikan andil dalam pemenuhan kebutuhan protein pada manusia. Kacang-kacangan sering digunakan sebagai bahan makanan campuran bersama biji-bijian (serealia) untuk meningkatkan nilai gizinya, khususnya protein baik kualitas maupun kuantitasnya (Koswara 1992).

Kedelai merupakan hasil tanaman yang termasuk polong-polongan yang berasal dari Asia Timur dengan nama latin *Glycine max*. Dilihat dari segi pangan dan gizi, kedelai merupakan sumber protein yang paling murah di dunia, disamping menghasilkan minyak dengan mutu yang baik. Berbagai varietas kedelai yang ada di Indonesia mempunyai kadar protein 30,53-44% dan kadar lemak 7,5-20,9% (Tabel 1).

Perkecambahan biji adalah permulaan aktivitas pertumbuhan embrio yang ditandai dengan pecahnya kulit biji dan munculnya calon individu tanaman baru. Biji dapat berkecambah bila berada dalam lingkungan yang memenuhi syarat untuk perkecambahan meliputi air, suhu, dan oksigen (Mayer dan Andersen 1974).

Suhu optimal perkecambahan adalah 10-20°C, oksigen diperlukan untuk respirasi yang merupakan reaksi pembongkaran atau pemecahan cadangan makanan. Sedangkan cahaya tidak mutlak diperlukan selama berlangsungnya perkecambahan. Biji berkecambah baik dengan atau tanpa cahaya (Mallette et al. 1960). Kadar air biji samapi pada kondisi yang disyaratkan untuk dapat berlangsung perkecambahan secara alami yaitu antara 50-55% (Sutardi 1996).

Perkecambahan biji secara garis besar dibagi dalam beberapa tahap yaitu imbibisi air, aktivitas enzim, pertumbuhan embrio, pemecahan kulit biji, dan kecambah mulai keluar dari dalam kulit biji (Copeland 1976). Pada umumnya yang dimaksud dengan kecambah kacang-kacangan adalah biji kacang-kacangan yang kulitnya telah pecah membentuk calon individu baru (kecambah) yang berwarna putih, belum keluar akar serabut dan calon daun (Sutardi 1994).

Waktu perkecambahan setiap jenis kacang-kacangan bervariasi. Perkecambahan kacang kedelai dapat dilakukan dengan perendaman selama 8 jam kemudian dilanjutkan dengan inkubasi selama 72 jam atau 3 hari, sehingga lama perkecambahan adalah 80 jam (Kanetro dan Wariyah 1998). Komposisi kimia kacang kedelai selama perkecambahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Reaksi yang terjadi selama perkecambahan meliputi hidrolisis, oksidasi, dan sintesis (Mallette et al. 1960). Reaksi hidrolisis terjadi mulai dari tahap awal perkecambahan yaitu imbibisi air. Tahap imbibisi air dapat dilakukan dengan cara perendaman dalam air atau biji diletakkan dalam lingkungan yang jenuh dengan uap air (Mayer dan Andersen 1974). Imbibisi air menyebabkan enzim-enzim endogen yang ada dalam biji menjadi aktif di antaranya protease. Protease menghidrolisis protein menjadi peptida dan asam amino, sehingga protein sederhana tersebut menjadi lebih mudah dicerna (Khan dan Ghafor 1978).

Berdasarkan perubahan yang terjadi selama perkecambahan maka kandungan yang dapat diperoleh adalah meningkatnya nilai cerna, berkurangnya senyawa anti gizi, waktu pemasakan yang lebih singkat, hilangnya bau langu (*beany flavor*) serta meningkatnya kadar vitamin E, B, dan karoten. Selain itu protein terlarut bahan juga akan mengalami peningkatan (Sutardi 1996).

Susu kedelai adalah produk seperti susu sapi, tetapi dibuat dari ekstrak kedelai. Susu kedelai diperoleh dengan cara penggilingan biji kedelai yang telah direndam dalam air. Hasil penggilingan kemudian disaring untuk memperoleh filtrat, yang kemudian dididihkan dan diberi bumbu untuk meningkatkan rasanya (Koswara 1992).

Tabel 1. Komposisi kimia biji kedelai kering setiap 100 g (Depkes 1981)

Komposisi kimia	Jumlah
Kalori	331 Kal
Protein	34,9 g
Lemak	18,1 g
Karbohidrat	34,8 g
Kalsium	227 mg
Fospor	585 mg
Zat besi	8 mg
Nilai Vitamin A	110 SI
Vitamin B1	1,07 mg
Vitamin C	-
Air	7,5 g
Berat dapat dimakan	100

Tabel 2. Kadar air, lemak, protein terlarut pada biji kacang kedelai selama perkecambahan (Kanetro dan Wariyah 1998)

Lama perkecambahan (Jam)	Kadar air (% bb)	Kadar lemak (% bk)	Kadar protein terlarut (% bk)
0	16,98	20,87	29,51
2	46,05	19,31	32,81
4	57,04	18,24	33,53
6	60,06	17,27	34,11
8	65,33	16,99	33,84
32	66,32	16,01	32,92
56	69,95	14,26	32,61
80	71,22	13,05	30,80

Tabel 3. Komposisi kimia susu kedelai setiap 100 g (Depkes 1981)

Komposisi kimia	Jumlah
Kalori	41 Kal
Protein	3,5 g
Lemak	2,5 g
Karbohidrat	5 g
Kalsium	50 mg
Fospor	45 mg
Zat besi	0,7 mg
Nilai Vitamin A	200 SI
Vitamin B1	8,08 mg
Vitamin C	2 mg
Air	87 g
Berat dapat dimakan	100

Ditinjau dari kandungan gizinya, susu kedelai mempunyai kemungkinan untuk mengganti susu sapi atau ASI, khususnya untuk makanan bayi yang tidak tahan terhadap susu hewani, atau untuk masyarakat di daerah yang harga susu hewannya mahal atau tidak banyaktersedia. Susu kedelai mempunyai kandungan gizi hampir sama dengan susu sapi terutama proteinnya yaitu 3,5-4%. Perbedaan utamanya adalah jenis asam amino, yaitu bahwa susu kedelai tidak mengandung kasein. Berdasarkan sifat dan komposisi susu kedelai yang hampir sama dengan susu sapi, telah banyak dilakukan pemanfaatan susu kedelai untuk pembuatan produk susu seperti yoghurt, keju dan lain-lain (Smith dan Circle 1972).

Rasa langu kedelai (*beany flavor*) merupakan rasa khas kedelai mentah, yang umumnya tidak disenangi oleh berbagai golongan masyarakat. Timbulnya rasa langu disebabkan oleh kerja enzim lipoksigenase yang terdapat dalam biji kedelai. Enzim tersebut bereaksi dengan lemak sewaktu dinding sel pecah oleh penggilingan, terutama jika penggilingan dilakukan secara basah dengan suhu dingin. Enzim lipoksigenase mudah rusak oleh panas. Oleh karena itu, untuk menghilangkan bau dan rasa langu dapat dilakukan dengan cara menggunakan air panas (80-100°C) pada saat penggilingan kedelai atau dengan merendam kedelai dalam air panas (80°C) selama 10-15 menit sebelum kedelai digiling. Sedangkan agar bebas dari antitripsin, kedelai direndam dalam air atau larutan NaHCO_3 0,5% selama semalam (8-12 jam) yang diikuti dengan blanching menggunakan air mendidih selama 30 menit (Koswara 1992).

Untuk mendapatkan susu kedelai dengan stabilitas emulsi yang baik dapat dilakukan dengan cara menambahkan zat pengemulsi (*emulsifier*) seperti CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*). Dalam industri pangan, CMC mempunyai nilai komersial tinggi karena kemampuannya mengentalkan dan berperan sebagai *stabilizer*, larut dalam air panas maupun dingin, dapat memperbaiki tekstur dalam berbagai jenis produk makanan, tidak berasa dan tidak berbau, dalam larutan membentuk kristal kuning, dan membantu menstabilkan suspensi (Tranggono et al. 1989).

Pengaturan suhu pengolahan dan penyimpanan, homogenisasi, dan pengaturan kadar protein juga dapat menjaga stabilitas emulsi. Penggilingan menggunakan air panas (90-100°C) akan menghasilkan emulsi yang lebih baik dibandingkan dengan penggilingan dingin (30°C). Penyimpanan dalam lemari es (4°C) dapat menjaga stabilitas emulsi susu kedelai jauh lebih baik dari pada penyimpanan pada suhu kamar. Homogenisasi adalah suatu proses untuk mendapatkan ukuran globula lemak yang seragam (Koswara 1992). Komposisi kimia susu kedelai dapat dilihat pada Tabel 3.

Persyaratan mutu untuk susu kedelai ditentukan berdasarkan DSN/SNI (1995) yaitu kadar protein minimal 2%, kadar lemak minimal 3%, kandungan total padatan terlarut minimal 11%, kandungan bakteri maksimum 300 koloni per gram, dan tidak mengandung bakteri coli. Jumlah gula yang ditambahkan biasanya sekitar 5-7% dari berat susu. Untuk meningkatkan selera anak-anak, kandungan gula dapat ditingkatkan menjadi 5-15%. Tetapi walaupun demikian, kadar gula yang dianjurkan adalah 7%

(Koswara 1992).

Untuk meningkatkan nilai cerna proteinnya, susu kedelai mungkin dapat dibuat dengan bahan dasar biji kedelai yang telah melalui proses perkecambahan. Hal ini berdasarkan pada penelitian terdahulu yang menjelaskan bahwa perkecambahan pada biji kedelai dapat meningkatkan nilai cerna protein, selain itu juga dapat mengurangi bau langu (*beany flavor*) yang merupakan sifat dari susu kedelai yang kurang disukai oleh konsumen. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dicoba membuat susu dari biji kedelai yang telah melalui proses perkecambahan sehingga diharapkan dapat diperoleh susu kedelai yang memiliki nilai gizi dan mutu yang lebih baik dibandingkan dengan susu kedelai pada umumnya. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu membuat susu kedelai dengan bahan dasar kecambah biji kedelai dan menentukan nilai cerna susu kecambah kedelai (Suparmo 1984).

Perkecambahan pada biji kedelai diduga dapat meningkatkan nilai cerna protein sehingga susu dengan bahan dasar kecambah kedelai yang dihasilkan juga akan memiliki nilai cerna protein yang lebih baik.

BAHAN DAN METODE

Alat dan bahan

Pada penelitian ini sebagai bahan dasar digunakan biji kedelai lokal varietas Willis. Biji kedelai dalam wadah karung plastik dengan ukuran 10 kg dan bersertifikat yang menerangkan bahwa varietas kedelai Willis memiliki warna biji kuning, umur panen 80 hari, berat perseratus biji 10-12 g, daya tumbuh 80%, kadar air biji sekitar 12-15%, tingkat kerusakan biji 2-3%, serta biji yang berwarna hijau dan coklat sekitar 1-2%. Biji tersebut akan dibuat kecambah kedelai sebagai bahan dasar pembuatan susu.

Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisis antara lain Aquadest, Asam Sulfat (93-98% bebas N), Kristal Katalisator (Na_2SO_4 : HgO = 2: 1), Campuran NaOH: Na_2SO_3 = 40 g: 5 g (dilarutkan dalam 100 ml), Asam Borat 4% (jenuh), Indikator Metil Red-Bromo Cresol Green (MR-BCG), HCl 0,02 N, Petroleum Eter, Natrium Asetat (kristal), Asam Klorida encer, Larutan Buffer Wolphole 0,2 N, Enzim Pepsin 2%, Asam Trichloro Asetat (TCA) 20%, Kerta Saring (Whatman No. 41).

Alat yang digunakan pada penelitian ini terbagi atas tiga, yaitu: (i). Alat untuk perkecambahan; (ii). Alat untuk pembuatan susu kedelai dari kecambah kedelai; dan (iii). Alat yang diperlukan untuk analisis baik analisis bahan dasar maupun susu kecambah kedelai.

Metode

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu penyiapan biji kedelai untuk bahan dasar kecambah, pembuatan kecambah kedelai, dan pembuatan susu kecambah kedelai. Biji yang digunakan untuk kecambah dari biji kedelai varietas lokal jenis Willis. Biji tersebut kemudian dikecambahkan lalu dilakukan pembuatan susu kecambah kedelai. Untuk lebih jelasnya, diagram alir pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1

(Perkecambahan biji kedelai) dan Gambar 2 (Pembuatan susu kecambah kedelai).

Adapun cara penyiapan biji kedelai, pembuatan kecambah kedelai dan pembuatan susu kecambah kedelai secara rinci adalah sebagai berikut:

Penyiapan biji kedelai untuk dikecambahkan. Biji kedelai yang akan digunakan terlebih dahulu disortasi untuk memisahkan antara biji yang baik dengan biji yang rusak dan juga kotoran yang terikut. Setelah disortasi, biji selanjutnya dicuci agar bersih dari kotoran yang masih tersisa sehingga biji benar-benar bersih dari kotoran yang masih tersisa. Biji yang telah bersih kemudian direndam selama 8 jam untuk meningkatkan kadar air biji dan untuk melunakkan biji.

Pembuatan kecambah kedelai. Pembuatan kecambah kedelai dilakukan melalui tahap proses pencucian biji, perendaman selama 8 jam. Setelah mengalami perendaman kemudian dilanjutkan dengan inkubasi selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam di dalam ruang gelap namun cukup ventilasi. Selama inkubasi, biji kedelai dibilas air bersih sehari dua kali yaitu pagi dan sore atau dengan penutupan kain basah sehingga kelembaban untuk perkecambahan dapat terjaga.

Pembuatan susu kecambah kedelai. Biji yang telah dikecambahkan selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam kemudian dipisahkan kulitnya. Setelah itu digiling atau dihandurkan dengan menggunakan blender. Penggilingan ini menggunakan air hangat (65°C), dengan perbandingan air yang ditambahkan dengan kedelainya adalah 8:1. Hasil yang diperoleh dari proses ini adalah bubur kecambah kedelai. Bubur ini kemudian dilakukan perebusan dan pengadukan selama 15 menit dengan tujuan untuk meningkatkan ekstraksi pada proses penyaringan. Setelah bubur yang direbus dalam keadaan hangat dilakukan proses penyaringan, sehingga diperoleh ekstrak susu kecambah kedelai dan selanjutnya direbus atau dipanaskan dengan menggunakan magnetik stirer yaitu pemanasan disertai dengan pengadukan. Kemudian susu hasil perebusan dan pengadukan tersebut di masukkan ke dalam tabung reaksi yang telah disterilkan terlebih dahulu dengan suhu 121°C selama 15 menit sehingga dihasilkan susu kecambah kedelai dalam tabung reaksi atau botol kaca.

Analisis

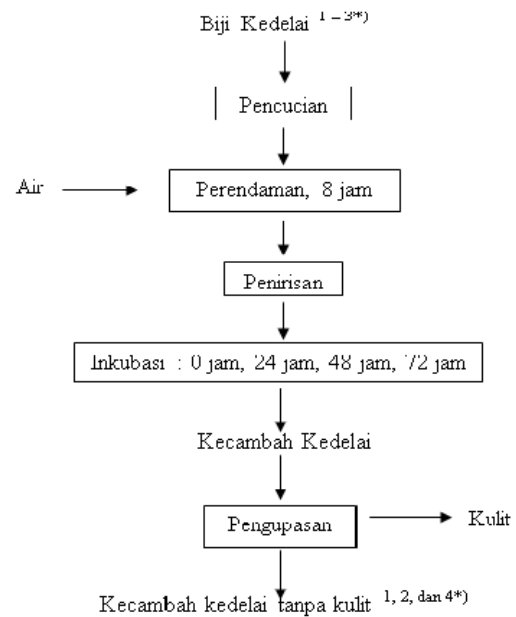
Analisis yang dilakukan meliputi analisis pada biji kedelai, kecambah kedelai dan susu kecambah kedelai yaitu:

Analisis biji kedelai

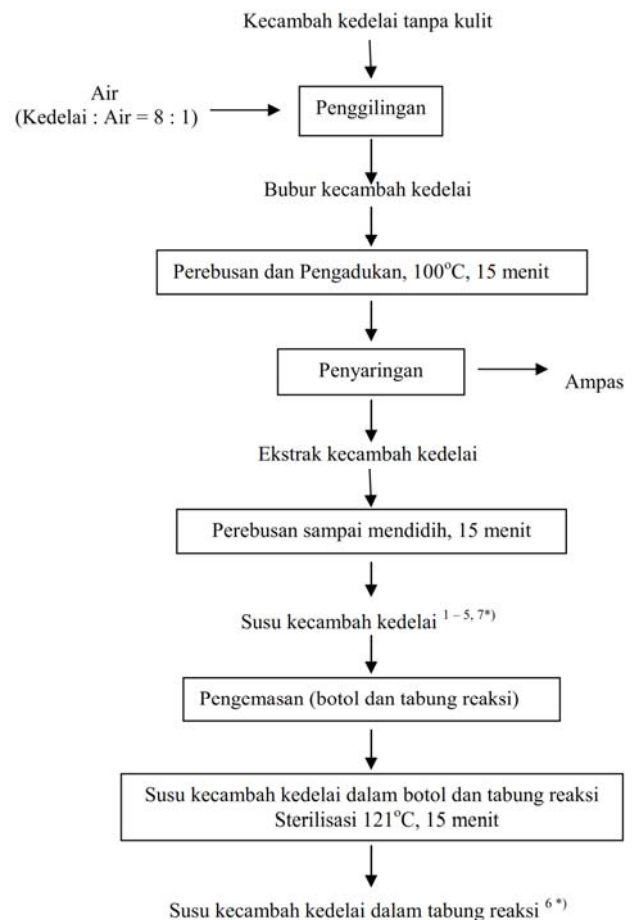
Analisis yang dilakukan terhadap biji kedelai adalah analisis kadar air (AOAC 1970), kadar protein secara mikro kjedahl, dan kadar lemak dengan metode soxhlet (Sudarmadji et al. 1984).

Analisis kecambah kedelai

Analisis yang dilakukan terhadap kecambah kedelai adalah analisis kadar air (AOAC 1970), kadar protein (Sudarmadji et al. 1984) dan nilai cerna protein (Sudarmanto 1991).



Gambar 1. Diagram alir perkecambahan kedelai. Keterangan: *) dilakukan analisis: 1. Kadar air, 2. Kadar protein total, 3. Kadar lemak, 3. Nilai cerna protein



Gambar 2. Diagram alir pembuatan susu kecambah kedelai. Keterangan *) dilakukan analisis: 1. Kadar air, 2. Kadar protein, 3. Kadar lemak, 4. Nilai cerna protein, 5. Zat padatan terlarut, 6. Stabilitas emulsi

Analisis susu kecambah kedelai

Analisis yang dilakukan terhadap susu kecambah kedelai adalah analisis kadar air (AOAC 1970), kadar protein (Sudarmadji et al. 1984), kadar lemak (Sudarmadji et al. 1984), nilai cerna protein (Sudarmanto 1991), zat padatan terlarut (AOAC 1970), stabilitas emulsi.

Rancangan percobaan

Percobaan dirancang dengan menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan 3 (tiga) ulangan dan 2 (dua) ulangan perlakuan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam (uji F) pada jenjang nyata 0,05. Jika ada beda nyata antar perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's New Multiplen Range Test*) pada jenjang 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia kedelai

Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan susu kecambah kedelai adalah biji kedelai dari varietas Wilis. Berdasarkan percobaan perkecambahan yang telah dilakukan, diketahui bahwa biji kedelai tersebut memiliki kemampuan perkecambahan yang cukup baik daya pertumbuhannya mencapai 80%. Selain itu komposisi kimianya juga mendekati komposisi kimia biji kedelai pada daftar komposisi bahan makanan (Depkes 1981) dan SNI No: 01-3922-1995 tentang syarat mutu biji kedelai (DSN/SNI 1995). Adapun komposisi kimia biji kedelai dapat dilihat pada Tabel. 5.

Menurut SNI No: 01-3922-1995, mutu kedelai dibedakan menjadi 4 kelompok mutu yaitu mutu I dengan kadar air maksimal 13%, mutu II dan III dengan kadar air maksimal 14%, dan mutu IV dengan kadar air maksimal 16%. Berdasarkan Tabel 5 di atas terlihat bahwa kadar air biji kedelai varietas Willis yang digunakan sesuai dengan kadar air biji kedelai yang terdapat pada SNI No: 01-3922-1995 yang dikelompokkan ke dalam biji kedelai mutu II.

Berdasarkan data tersebut di atas, diperoleh pula kadar protein dan kadar lemak biji kedelai kering varietas Willis adalah masing-masing sebesar 31,28% dan 16,28% yang nilainya mendekati dengan kadar protein dan kadar lemak biji kedelai kering dalam daftar komposisi bahan makanan (Depkes 1981) yaitu masing-masing sebesar 34,9% dan 18,1%. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan varietas biji kedelai kering yang digunakan. Menurut Smith dan Circle (1972), besarnya kandungan kimia suatu biji atau kacang-kacangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu varietas biji, kesuburan tanah, dan keadaan lingkungan tempat tumbuh serta cara budidaya.

Komposisi kimia kecambah kedelai

Komposisi kimia kecambah kedelai yang digunakan sangat menentukan kualitas susu kecambah kedelai yang dihasilkan baik kimia maupun fisik. Analisis yang dilakukan terhadap kecambah kedelai dengan beberapa variasi umur perkecambahan adalah kadar air, kadar protein, dan nilai cerna protein. Lama perkecambahan akan mempengaruhi komposisi kimia yang terdapat dalam

kecambah. Hasil analisis kecambah kedelai dengan beberapa variasi umur perkecambahan dapat dilihat pada Tabel 6.

Kadar air

Perkecambahan membutuhkan kondisi lingkungan yang memenuhi syarat seperti air, suhu, dan oksigen (Meyer and Anderson 1974). Menurut Sutardi (1996), kadar air biji sampai kondisi yang disyaratkan untuk dapat berlangsung perkecambahan secara alami yaitu antara 50-55% dengan suhu yang optimal antara 10-30°C. Berdasarkan data Tabel 6 di atas terlihat bahwa kadar air kecambah kedelai pada jam ke-0 sebesar 54,56%, hal ini telah memenuhi syarat untuk perkecambahan. Setelah biji dikecambahkan dari 24 jam sampai mencapai umur kecambah 72 jam, terjadi peningkatan pada kadar airnya sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu perkecambahan maka semakin tinggi kadar airnya.

Peningkatan kadar air selama perkecambahan disebabkan adanya penyerapan air oleh biji kedelai selama perkecambahan untuk proses hidrolisis ada adanya lingkungan yang lembab sebagai syarat kondisi perkecambahan. Variasi umur perkecambahan akan memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar airnya. Hal ini sesuai dengan penelitian Sutardi (1996) yaitu mengenai persyaratan pertumbuhan biji selama perkecambahan yang memerlukan air sebagai media untuk proses hidrolisis senyawa-senyawa di dalam biji.

Kadar protein

Berdasarkan data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa semakin lama umur perkecambahan, kadar proteinnya akan semakin turun. Hal ini sesuai dengan penelitian Suparmo (1984) yang melaporkan bahwa selama perkecambahan akan terjadi penurunan protein. Kondisi ini karena selama perkecambahan beberapa konstituen biji mengalami degradasi dan beberapa senyawa disintesis. Protein dan lemak merupakan sumber energi untuk pertumbuhan embrio. Variasi umur perkecambahan akan memberikan perbedaan yang nyata terhadap kadar proteinnya. Hal ini sesuai dengan penelitian Sudarmanto (1992) dan Sutardi (1996) yang melaporkan bahwa perbedaan kadar protein disebabkan karena adanya degradasi protein oleh aktivitas enzim protease dalam biji selama perkecambahan menjadi asam-asam amino yang digunakan untuk pertumbuhan.

Nilai cerna protein

Nilai cerna protein merupakan salah satu penentu kualitas protein pada bahan makanan. Semakin tinggi asam amino yang dibebaskan oleh pencernaan dalam batas waktu tertentu maka daya cernanya akan tinggi pula, karena daya cerna memberikan gambaran jumlah unsur nitrogen dari bahan makanan yang diserap oleh tubuh (Muchtadi 1989). Berdasarkan data hasil analisis nilai cerna protein pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai cerna protein kecambah kedelai akan meningkat pada jam ke-0 hingga jam ke-48. Peningkatan nilai cerna protein kecambah kedelai hingga jam ke-48 diduga diakibatkan adanya aktivitas proteolitik dan enzim protease yang mendegradasi

protein menjadi asam-asam amino yang bersifat larut dengan berat molekul yang lebih kecil sehingga akan mudah dicerna. Kemudahan pencernaan ini meningkatkan nilai cerna dari protein (Astuti 1986). Data hasil penelitian yang diperoleh sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sudarmanto (1992) yang melaporkan bahwa semakin lama waktu perkecambahan maka daya cerna protein kecambah akan maningkat.

Umur kecambah 0 jam maupun 24 jam jika dibandingkan dengan umur kecambah yang lain yaitu 48 jam dan 72 jam, mmberikan perbedaan yang nyata pada nilai cerna proteinnya. Perbedaan ini disebabkan adanya aktivitas enzim protease dalam menghidrolisis protein menjadi protein terlarut. Nilai cerna protein ditunjukkan adanya protein terlarut dalam bahan sehingga semakin tinggi jumlah protein terlarutnya semakin tinggi nilai cerna proteinnya (Muchtadi 1989). Pada kecambah 48 jam dan 72 jam tidak terjadi perbedaan yang nyata antara kedua uur tersebut. Hal ini disebabkan oleh kandungan protein pada kedua umur tersebut relatif sama.

Komposisi kimia susu kecambah kedelai

Pada dasarnya kandungan gizi suatu produk makanan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain bahan dasar yang digunakan dan penanganan selama pengolahan. Pada penelitian ini susu kecambah kedelai yang dihasilkan dari 4 jenis umur perkecambahan yaitu 0 jam, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Susu yang diperoleh dianalisis meliputi kadar air, kadar protein, kadar lemak, nilai cerna protein, zat padatan terlarut, dan stabilitas emulsi.

Kadar air

Air merupakan komponen utama dalam suatu bahan. Salah satu peranan air pada bahan adalah sebagai medium pelarut bahan. Seperti halnya dalam susu cair, air berfungsi sebagai fase kontinyu. Kadar air susu kecambah kedelai yang diperoleh dari hasil penelitian dengan variasi umur perkecambahan terlihat pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa kadar air susu kecambah kedelai akan naik seiring dengan lamanya umur perkecambahan sehingga kadar air susu kecambah kedelai tertinggi adalah pada susu kecambah kedelai dengan umur 72 jam, sehingga dapat dikatakan bahwa kadar air susu kecambah kedelai dipengaruhi oleh kadar air dari bahan dasarnya yaitu kecambah kedelai.

Apabila dibandingkan dengan kadar air susu biji kedelai yang besarnya 87% (Anonim 1981), susu kecambah kedelai yang dihasilkan memiliki kadar air yang lebih besar, hal ini disebabkan karena susu yang dihasilkan tergantung pada bahan dasar yang digunakan. Kadar air susu yang dihasilkan dari kecambah kedelai umur 0 jam dan 24 jam menunjukkan tidak memberikan perbedaan yang nyata. Selama pemanasan, bahan terlarut seperti protein terlarut akan kehilangan sifat hidrolifiknya sehingga air yang semula terikat akan terbebas, hal ini yang menyebabkan kadar air susu akan meningkat.

Sebaliknya protein yang semula terlarut akan berubah menjadi tidak terlarut (Suhardi 1989). Air yang bebas akan mudah menguap dalam waktu yang bersamaan selama pemanasan. Hal ini juga terjadi pada kadar air susu kecambah kedelai umur 48 jam dan 72 jam. Pada susu kecambah umur 24 jam dan 72 jam terlihat ada perbedaan yang nyata. Perbedaan ini disebabkan selisih nilai cerna protein dari bahan dasarnya (kecambah) yang cukup besar yaitu 14,63%. Telah disebutkan bahwa nilai cerna protein menggambarkan kandungan protein terlarutnya sehingga apabila nilai cerna proteinnya tinggi akan memiliki protein terlarut yang tinggi pula.

Tabel 5. Komposisi kimia biji kedelai varietas Willis

Komposisi kimia	Bahan g/100 g
Kadar air	13,04
Kadar protein	31,28
Kadar lemak	16,28

Keterangan: Rerata 2 ulangan perlakuan dengan 2 ulangan analisis

Tabel 6. Kadar air, kadar protein, dan nilai cerna protein kecambah kedelai dengan beberapa variasi umur perkecambahan

Umur perkecambahan	Kadar air (% wb)	Kadar protein (% db)	Nilai cerna protein (%)
0 jam	54,34 ^a ± 0,37	35,37 ^a ± 0,03	50,52 ^a ± 0,88
24 jam	57,69 ^b ± 0,05	31,51 ^b ± 0,02	55,68 ^b ± 0,91
48 jam	58,55 ^a ± 0,06	25,90 ^c ± 0,01	70,32 ^c ± 0,89
72 jam	60,80 ^d ± 0,01	21,60 ^d ± 0,02	69,78 ^c ± 0,74

Keterangan: Rerata 2 ulangan perlakuan dengan 3 ulangan analisis. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata ($p \leq 0,05$)

Tabel 7. Kadar air, protein, lemak, nilai cerna protein, zat padatan terlarut, dan stabilitas emulsi susu kecambah kedelai dengan beberapa variasi umur perkecambahan

Umur perkecambahan	Kadar air (% wb)	Kadar protein (% db)	Kadar lemak (% db)	Nilai cerna protein (%)	Zat padatan terlarut (% db)	Stabilitas emulsi (%)
0 jam	89,60 ^a ± 0,36	36,36 ^a ± 0,28	23,37 ^a ± 0,25	57,02 ^a ± 0,42	30,97 ^a ± 0,62	45,55 ^a ± 0,44
24 jam	90,56 ^a ± 0,40	32,50 ^b ± 0,33	21,01 ^b ± 0,03	65,40 ^b ± 0,93	33,88 ^b ± 0,44	44,49 ^b ± 0,52
48 jam	91,73 ^b ± 0,29	26,60 ^c ± 0,26	15,12 ^c ± 0,04	79,78 ^c ± 0,57	37,01 ^c ± 0,07	43,62 ^c ± 0,58
72 jam	91,95 ^b ± 0,43	22,35 ^d ± 0,32	12,42 ^d ± 0,41	76,30 ^d ± 0,57	37,15 ^c ± 0,09	41,32 ^d ± 0,52

Keterangan: Rerata 2 ulangan perlakuan dengan 3 ulangan analisis. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata ($p \leq 0,05$)

Kadar protein

Kandungan protein pada susu sangat dipengaruhi oleh kandungan protein bahan dasarnya yaitu kecambah kedelai. Selama perkecambahan, protein akan turun akibat adanya aktivitas enzim protease yang ada di dalam biji yang menghidrolisis protein menjadi asam-asam amino (Sudarmanto 1992). Hasil analisis adalah kadar protein susu kecambah kedelai dengan variasi umur perkecambahan dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa kadar protein susu kecambah kedelai akan semakin turun seiring dengan lamanya perkecambahan dari bahan dasarnya (Sudarmanto 1992). Kandungan protein yang dihasilkan dari susu menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan. Hal ini disebabkan oleh bahan dasar yang digunakan dengan umur perkecambahan yang berbeda.

Hidrolisis protein yang semakin banyak akan menghasilkan rantai peptida pendek dengan berat molekul yang lebih rendah sehingga tingkat kelarutan akan meningkat (Astuti 1986). Hal ini akan mempermudah pengeluaran komponen protein saat ekstraksi. Oleh karena di dalam susu, seluruhnya merupakan komponen terlarut, sedangkan komponen tidak terlarutnya akan terpisah selama penyaringan. Bila dibandingkan dengan kecambah, kadar protein susu dalam berat keringnya lebih tinggi. Pada susu, kadar protein dalam persentase berat kering hanya dibandingkan dengan komponen terlarutnya. Sedangkan pada kecambah, kadar protein dibandingkan dengan komponen terlarut dan komponen tidak terlarut. Namun demikian rendemen protein susu kecambah kedelai yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena protein di dalam biji selama perkecambahan akan dihidrolisis oleh enzim protease menjadi asam-asam amino yang selanjutnya digunakan untuk pertumbuhan (Sudarmanto 1992; Sutardi 1996).

Kadar lemak

Peranan lemak dalam susu adalah sebagai fase diskontinyu. Sistem dispersi lemak pada umumnya emulsi. Lemak dalam sistem emulsi berfungsi sebagai bahan terdispersi. Kualitas susu ditentukan oleh lemak yang terdispersi secara merata sehingga tidak terjadi pemisahan. Jumlah lemak dalam susu akan berpengaruh terhadap pembentukan emulsi. Kandungan lemak susu kecambah kedelai hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7, umur perkecambahan berpengaruh terhadap jumlah lemak yang terkandung dalam susu kecambah yang dihasilkan. Perlakuan panas yang diberikan berupa air panas bersuhu 60°C akan mempermudah pelepasan lemak dari bahan. Air yang masuk dalam bahan akan berusaha melarutkan komponen penyusun bahan tersebut. Peranan air sebagai pelarut, kemampuannya akan bertambah dengan meningkatkan jumlahnya sehingga lemak dalam bahan akan terbawa keluar oleh air pada saat dilakukan ekstraksi. Dengan bantuan panas yang diberikan pada saat ekstraksi berupa air bersuhu 60°C, maka lemak kondisinya akan mudah mengalir.

Kadar lemak besarnya akan dipengaruhi oleh umur kecambah yang digunakan. Lemak pada kecambah akan berbeda berdasarkan umur perkecambahannya. Semakin

besar kandungan lemak pada kecambah akan semakin besar kandungan lemak dalam susu. Umur perkecambahan berpengaruh nyata terhadap kandungan lemak dalam susu yang dihasilkan. Jumlah lemak susu kecambah antar perlakuan akan berbeda satu dengan lainnya karena dipengaruhi oleh kadar lemak dari masing-masing umur kecambah. Selama perkecambahan akan terjadi penurunan kadar lemak akibat adanya aktivitas lipase pemecah lemak yang merubah lemak menjadi energi dan selanjutnya digunakan untuk pertumbuhan embrio (Hamilton dan Vanderstoep 1979).

Nilai cerna protein

Telah disebutkan dalam sub bab sebelumnya bahwa nilai cerna protein menentukan kualitas bahan makanan yang menggambarkan kandungan protein terlarutnya (Muchtadi 1989). Menurut Hsu, et al (1977) melaporkan bahwa selama hidrolisis oleh enzim pepsin akan membebaskan ion-ion H⁺ dari protein sehingga menyebabkan penurunan pH. Hal ini berarti enzim pepsin mempunyai daya kerja yang semakin besar sehingga dapat mendegradasi protein lebih besar pula, dengan demikian asam-asam amino yang terlarut akan semakin meningkat sehingga akan terjadi kenaikan daya cerna protein tersebut. Nilai cerna protein susu kecambah kedelai dengan beberapa variasi umur perkecambahan dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel tersenut menunjukkan bahwa nilai cerna protein akan semakin meningkat sejalan dengan lamanya umur perkecambahan dari bahan dasarnya. Apabila dibandingkan dengan bahan dasarnya, nilai cerna protein susu mengalami kenaikan sebesar 9-17%, sebagai contoh nilai cerna protein kecambah umur 24 jam adalah 55,69%, sedangkan pada susunya memiliki nilai cerna protein sebesar 65,40%. Kenaikan nilai cerna protein ini dari kecambah menjadi susu disebabkan akibat terjadinya denaturasi protein karena proses pemanasan selama pembuatan susu. Menurut Sayuki, et al (1988), Muchtadi (1989), dan Suhardi (1989) mengemukakan bahwa protein yang terdenaturasi, ikatan peptidanya akan lebih mudah diserang oleh enzim proteolitik. Nilai cerna protein susu akan berbeda nyata antar perlakuan. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan nilai cerna dari bahan dasarnya yaitu kecambah kedelai.

Zat padatan terlarut

Zat padatan terlarut merupakan komponen padatan dalam bahan yang mampu terlarutkan oleh air pada saat dilakukan ekstraksi. Kandungan padatan terlarut dalam susu kecambah dengan berbagai umur dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7, semakin lama umur perkecambah, kandungan baha terlarut susu akan semakin meningkat dan nilainya akan sejalan dengan peningkatan kadar airnya. Padatan terlarut dari suatu bahan dipengaruhi oleh kandungan air dalam bahan tersebut. Semakin besar kandungan air dalam suatu bahan, padatan terlarutnya akan semakin menurun terhadap berat basahnya. Sedangkan jumlah padatan terlarutnya terhadap berat keringnya akan naik sejalan dengan kenaikan kandungan air pada bahan dasarnya.

Faktor yang mempengaruhi kenaikan bahan padatan terlarut susu yang dihasilkan terhadap berat keringnya adalah jumlah air yang terkandung dalam kecambah. Penggunaan air ekstraksi juga mengakibatkan kontak bahan dengan pelarut bertambah. Hal ini memungkinkan masuknya air ke dalam bahan lebih besar sehingga komponen dalam bahan akan mudah terlarut. Faktor yang mempengaruhi jumlah padatan terlarut antara lain adanya perlakuan panas. Saat penggilingan kecambah menggunakan air panas yang akan meningkatkan kelarutan zat-zat yang terdapat pada bahan. Adanya protein terlarut pada susu akan meningkatkan jumlah padatan terlarut. Selama perkecambahan, karbohidrat akan terdegradasi menjadi molekul yang bentuknya lebih sederhana dan mudah terlarut dalam air ekstraksi. Demikian juga komponen pati, selama perkecambahan aktivitas enzim amilase akan meningkat sehingga mampu mendegradasi pati menjadi bentuk yang lebih sederhana (Boralkar et al. 1985).

Bentuk komponen sederhana tersebut yang akan meningkatkan jumlah padatan yang terlarut dalam susu kecambah kedelai. Padatan terlarut dalam susu dari beberapa umur kecambah kedelai menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan karena penggunaan umur kecambah kedelai yang berbeda akan berpengaruh terhadap padatan terlarut dalam susu kecambah kedelai yang dihasilkan.

Stabilitas emulsi

Sistem dispersi dikatakan stabil jika partikel padatan tetap terdispersi merata ke seluruh bagian medium pendispersi. Ketidakstabilan suspensi dapat terjadi apabila partikel mengelompok bersama-sama membentuk agregat, kemudian karena gaya beratnya akan mengendap. Agregat dapat terjadi melalui flokulasi. Flokulasi merupakan penggabungan bersifat irreversibel yang disebabkan rusaknya lapisan pelindung. Hasil analisis stabilitas emulsi susu kecambah kedelai dengan beberapa variasi umur perkecambahan dapat dilihat pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 diperoleh hasil bahwa semakin lama umur perkecambahan, stabilitas emulsinya akan semakin rendah. Stabilitas emulsi dalam penelitian ini diukur berdasarkan persentase dari jumlah endapan yang terbentuk selama pengamatan pada jam ke-15. Apabila dibandingkan dengan umur kecambah yang lain, stabilitas emulsi susu kecambah umur 72 jam memiliki tingkat kestabilan yang tinggi, karena jumlah endapan yang terbentuk masih kecil.

Protein dalam sistem emulsi berfungsi sebagai penyelubung lemak sehingga kontak dengan air secara langsung dapat dihindari. Faktor lain yang mempengaruhi tingkat kestabilan emulsi adalah jenis bahan terlarut. Berat molekul bahan terlarut besar akan mempercepat terjadinya endapan dan pemisahan antara fase terdispersi dengan fase pendispersi. Hal ini disebabkan sejalan dengan peningkatan zat padatan terlarut yang dapat mempengaruhi kestabilan emulsi susu. Semakin tinggi kadar zat padatan terlarut maka stabilitas emulsi susu akan baik.

Stabilitas emulsi dari susu kecambah yang dihasilkan antar perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata. Tingginya nilai stabilitas pada susu kecambah kedelai

dipengaruhi oleh jumlah lemak yang tinggi. Lemak kedelai selama perkecambahan mengalami hidrolisis menjadi digliseridan dan monogliserida (Hamilton and Vanderstoep 1979). Bentuk sederhana lemak tersebut akan mudah terlarutkan dalam air sehingga akan meningkatkan stabilitas emulsi susu.

Pada susu kecambah kedelai meskipun memiliki jumlah protein tinggi namun selama proses pembuatan susu kecambah berpengaruh pada kadar protein. Pemanasan pada tahap pembuatan susu mengakibatkan terdenaturasinya protein sehingga emulsi yang terbentuk akan pecah dan akan membentuk gumpalan. Gumpalan protein akan mudah mengendap karena memiliki massa yang lebih besar.

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh dari pengujian sifat kimia dari susu kecambah kedelai dengan variasi umur perkecambahan dapat disimpulkan sebagai berikut: Kecambah kedelai dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan susu. Nilai cerna protein tertinggi pada susu kecambah kedelai dengan umur 48 jam yaitu 79,78%, dan untuk susu kecambah kedelai umur 0 jam, 24 jam, dan 72 jam yaitu masing-masing sebesar 57,02%, 65,40%, dan 76,30%.

Pada penelitian ini susu yang dihasilkan diperlukan penelitian atau kajian lebih lanjut mengenai uji inderawi sehingga akan diperoleh susu kecambah yang disukai oleh konsumen dengan nilai cerna protein yang lebih baik. Selain itu diperlukan juga kajian lebih mendalam mengenai stabilitas emulsi serta umur simpan baik dengan perlakuan penyimpanan maupun waktu penyimpanan sehingga akan diperoleh susu yang masih baik dengan waktu simpan tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kami ucapkan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah yang telah memberikan dukungan sehingga pengkajian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 1970. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Washington DC.
- Astuti M. 1986. Uji Gizi I. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Boralkar M, Reddy NS. 1985. Effect of roasting, germination and fermentation on the digestibility of starch and protein present in soybean. *Nutr Rep Int* 31: 833.
- Copeland LO. 1976. Principles of Seed Science and Technology. Burgess Pub. Comp., Minnaeapolis, Minnesota
- Depkes [Departemen Kesehatan]. 1981. Daftar Komposisi Bahan Makanan. Departemen Kesehatan RI. Jakarta.
- DSN [Dewan Standardisasi Nasional]. 1995. Standar Nasional Indonesia. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Hamilton MJ, Vanderstoep J. 1979. Germination and nutrient composition of alfafa seeds. *J Food Sci* 44 (2): 443-445.
- Hsu HW, Vavak DL, Satterless LD, Miller GA. 1977. Multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J Food Sci* 42 (5): 1269-1273.

- Kanetro B, Wariyah. 1998. Penurunan aktivitas lipoksigenase kacang-kacangan dengan perkecambahan untuk menghilangkan flavour langu mie kering berprotein tinggi (Tahap I). Kopertis Wilayah V. Yogyakarta.
- Khan MA, Ghafoor A. 1978. The effect of soaking, germination and cooking on the protein quality of mash beans (*Phaseolus mungo*). *J Sci Food Agric* 29: 461-464.
- Koswara S. 1992. Teknologi pengolahan kedelai menjadikan makanan bermutu. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Mallette MF, Althous PM, Clagetta CO. 1960. *Biochemistry of Plants and Products*. Wiley Eastern Pvt. Ltd. New Delhi, India.
- Meyer BS, Anderson DB. 1974. *Plant physiology*. D. Van Nostrand Co. Inc. New Jersey.
- Muchtadi D. 1989. Evaluasi nilai gizi pangan. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sanderson GR. 1981. Ploysaccharides in foods. *Food Technol* 35 (7): 50-57.
- Sayuki N, Okada N, Itoh N. 1988. Effect of soybean cooking temperature on the texture and protein digestibility of miso. *J Food Sci* 53 (2): 445-449.
- Smith AK, Circles SJ. 1972. *Soybean, Chemistry and Technology*. The Avi Publishing Co., Connecticut.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1984. Analisis bahan makanan dan pertanian, Liberty. Yogyakarta.
- Sudarmanto S. 1991. Analisis bahan berprotein. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sudarmanto S. 1992. Perubahan pencernaan protein keping biji kedele akibat perkecambahan. Laporan Penelitian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Suparmo. 1984. Evaluation of tempeh prepared from germination soybean. [Thesis]. Univercity of Michigan. USA.
- Sutardi. 1994. Kajian perubahan vitamin C dan riboflavin pada perkecambahan beberapa jenis kacang-kacangan. [Laporan Penelitian]. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sutardi. 1996. Perubahan kadar vitamin E, B, dan karoten selama perkecambahan beberapa kacang-kacangan. [Laporan Penelitian] Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Tranggono, Sutardi, Haryadi, Suparmo, Murdiati, Sudarmadji, Rahayu, Naruki, Astuti. 1989. *Bahan Tambahan Pangan (Food Additive)*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.