

Peningkatan Nilai Gizi Pada Susu Tempe Kedelai Hitam (*Glycine soja sieb*)

(Improvement of Nutritional Value of Tempeh Milk Made From Black Soybean (Glycine soja sieb))

Eny Palupi*, Miftah Rahmatika

Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

ABSTRACT

Soy food is the second most consumed protein source in Indonesia. Unfortunately, more than 70% of yellow soybeans still imported since it could not be optimally cultivated in Indonesia. Indonesia has an indigenous black soybean (*Glycine soja sieb*), however it contains higher anti-nutrient content compared to the yellow one. Processing into tempeh milk were thought to improve its protein digestibility and reduce the levels of its anti-nutrient content. This study aimed to develop and evaluate the nutritional value of black soybean milk which is expected to improve the nutritional value and acceptability. According to its sensory and nutritional value, a ratio of water and tempeh 50:50 was chosen as the best formula. Proximate analysis proved an increase in protein content from black soybean (49.07) to tempeh (57.76) and decreased when it became tempeh milk (15.57%db). Evaluation of protein digestibility from black soybean (45) to tempeh (67) showed a significant improvement, while tempeh to tempeh milk (47.5%) didn't show any significant differences. The improvement in protein digestibility was followed by the reduction of anti-nutrients in black soybeans, black soy tempeh, and black soy tempeh milk by 100, 58 and 50% respectively.

Keywords: black soybean, protein digestibility, tannin, tempeh

ABSTRAK

Makanan berbasis kedelai kuning merupakan sumber asupan protein kedua terbesar di Indonesia. Sayangnya lebih dari 70% kedelai kuning masih impor karena belum dapat dibudidayakan secara optimal. Indonesia memiliki varietas kedelai hitam (*Glycine soja sieb*) namun mengandung senyawa anti-nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan kedelai kuning. Pengolahan menjadi susu tempe disinyalir dapat menurunkan kadar anti-nutrisi dan meningkatkan daya cerna protein didalamnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi nilai gizi susu tempe kedelai hitam yang diharapkan dapat meningkatkan nilai gizi dan daya terimanya. Berdasarkan penerimaan organoleptik dan evaluasi nilai gizi, perbandingan air dan tempe 50:50 merupakan formula terpilih. Hasil analisis proksimat menunjukkan terdapat peningkatan protein dari kedelai hitam (49,07) menjadi tempe (57,76) dan mengalami penurunan pada susu tempe (15,57%bk). Daya cerna protein kedelai hitam (45) menjadi tempe (67) menunjukkan peningkatan yang signifikan, sedangkan tempe menjadi susu tempe (47,5%) tidak menunjukkan perbedaan. Peningkatan daya cerna protein diikuti dengan penurunan senyawa anti-nutrisi dalam kedelai hitam, tempe, dan susu tempe berturut-turut sebesar 100, 58 dan 50%.

Kata kunci: daya cerna protein, kedelai hitam, tanin, tempe

*Korespondensi:

enypalupi@apps.ipb.ac.id

Eny Palupi

Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 16680

PENDAHULUAN

Makanan berbasis kedelai kuning menjadi sumber asupan protein kedua terbesar di Indonesia karena merupakan sumber protein yang relatif murah bagi masyarakat. Hal ini menyebabkan ketergantungan terhadap kedelai kuning di Indonesia cenderung terus meningkat. Lebih dari 70% kedelai kuning di Indonesia masih impor akibat tidak seimbangnya produksi dan konsumsi lokal. Di sisi lain, Indonesia memiliki varietas kedelai hitam (*Glycine soja* sieb) yang lebih adaptif di daerah tropis dengan produktivitas yang lebih tinggi yaitu sebesar 3,45 ton/ha daripada rata-rata produktivitas kedelai kuning nasional sebesar 1,5 ton/ha (Hasan *et al.* 2015).

Di Indonesia penggunaan kedelai hitam sebagai bahan baku pangan masih relatif lebih terbatas dibandingkan dengan kedelai kuning. Hal ini dikarenakan kedelai hitam mengandung senyawa anti-nutrisi, salah satunya adalah tanin yang kadarnya empat kali lebih tinggi dari kedelai kuning (Zilic *et al.* 2013). Tempe merupakan makanan fermentasi tradisional masyarakat Indonesia yang terbukti memiliki nilai gizi tinggi hingga dijuluki sebagai “super food” dan sangat prospektif untuk menjadi bahan baku pangan fungsional (Bintari *et al.* 2021). Studi membuktikan bahwa proses fermentasi dapat meningkatkan mutu gizi serta menurunkan senyawa anti gizi seperti tanin dan saponin (Chaturvedi & Chakraborty 2022). Selain itu, studi terbaru dari Liu *et al.* (2022) menyimpulkan bahwa proses fermentasi pada kedelai hitam terbukti dapat meningkatkan kapasitas antioksidan secara signifikan, serta mampu menghambat proses melanogenesis. Proses fermentasi oleh *Rhizopus* pada kedelai hitam memicu pembentukan isoflavon yang lebih tinggi dibandingkan pada kedelai hitam tanpa fermentasi. Hal ini disinyalir terjadi akibat munculnya reaksi metabolik anaerob serta produksi enzim fibrinolitik oleh *Rhizopus* (Oktavianie *et al.* 2020). Pada studi Octavinie *et al.* (2020) ini juga terbukti bahwa tempe kedelai hitam memiliki potensi sebagai hepatoprotektor.

Daya cerna protein merupakan kemampuan protein untuk dihidrolisa menjadi asam amino oleh enzim-enzim (Caire-Juvera 2013). Fermentasi merupakan salah satu proses pengolahan bahan pangan yang dapat meningkatkan daya cerna protein dengan mengurangi kadar zat anti

gizi yang menghambat enzim pencernaan dan memecah matriks protein (Cabuk *et al.* 2018). Proses fermentasi pada pembuatan tempe mengurai dan menyederhanakan komponen-komponen yang terdapat pada kedelai menjadi lebih kecil dan sederhana. Akan tetapi, proses fermentasi yang terlalu lama akan membuat tempe menjadi basah dan berlendir dengan warna kecoklatan, berbentuk rapuh, miselium tumbuh tidak merata dalam keadaan busuk, dan berbau amonia yang menandakan tempe tidak layak untuk dikonsumsi. Tempe hanya akan bertahan 2-3 hari di suhu ruang. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pengolahan pada produk tempe untuk memperpanjang umur simpan serta meningkatkan daya terima produk tempe.

Salah satu bentuk olahan tempe yang dapat memperpanjang umur simpan, upaya penganekaragaman makanan, serta meningkatkan citra dan daya terima tempe yaitu dengan mengolahnya menjadi susu atau minuman sari tempe (Suryani 2010). Susu merupakan bahan pangan yang umum dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Konsumsi susu pada masyarakat Indonesia sebesar 11,09 L/kapita/th. Jumlah tersebut relatif lebih rendah dibandingkan dengan beberapa negara di ASEAN yang mencapai 20 L/kapita/th. Ketergantungan impor bahan baku susu di Indonesia mencapai 79% dari total kebutuhan susu nasional (Pratiwi 2013). Pemanfaatan bahan pangan lokal dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional perlu terus diupayakan. Susu tempe memiliki potensi dalam mensubstitusi peran susu sapi cair. Pada studi ini dikembangkan susu tempe berbahan kedelai hitam yang dilanjutkan dengan evaluasi nilai gizi serta kandungan senyawa anti gizinya berupa tanin.

METODE

Pembuatan tempe kedelai hitam

Biji yang telah disortir dan dicuci kemudian direbus selama 25 menit. Setelah didinginkan hingga suhu ruang, kedelai hitam rebus selanjutnya direndam dalam air bersih dan didiamkan selama 24 jam. Perendaman kedelai hitam selama 24 jam menghasilkan busa yang mengapung, busa kemudian dibuang bersama dengan air perendaman. Kedelai hitam tersebut kemudian dicuci dengan air mengalir sambil digosok hingga kulit ari terkelupas. Pencucian dilakukan hingga lendir hilang dan biji terasa kesat.

Selanjutnya, kedelai hitam dikukus selama 30 menit dan didinginkan pada suhu ruang. Kedelai hitam yang telah dingin kemudian dicampur dengan ragi tempe sebanyak 10 gram/250 gram kedelai hitam kering. Setelah tercampur rata, kedelai hitam dibungkus menggunakan daun pisang dan diinkubasi selama 24 jam.

Pembuatan susu tempe kedelai hitam

Tempe dikukus selama 25 menit kemudian didinginkan di suhu ruang. Tempe kemudian diblender dengan air. Susu tempe disaring menggunakan kain saring dan direbus sampai mendidih. Perebusan minuman tempe dilakukan penambahan gula sebanyak 6%. Setelah mendidih, minuman tempe didinginkan dan diblender dengan penambahan buah stroberi sebanyak 25%. Pembuatan susu tempe pada penelitian ini menggunakan satu variabel yaitu perbandingan tempe kedelai hitam dengan air. Persentase tempe kedelai hitam yang ditambahkan adalah 40, 50 dan 60% dari 250 gram susu tempe. Penambahan ini berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti (Tabel 1).

Tabel 1. Formulasi susu tempe kedelai

Bahan	Satuan	F1	F2	F3
Tempe kedelai hitam	gram	100	125	150
Air	gram	150	125	100
Gula	gram	15	15	15
Stroberi	gram	62,5	62,5	62,5

Keterangan: F1: Formula yang ditambahkan 100 g tempe kedelai (40%); F2: Formula yang ditambahkan 125 g tempe kedelai hitam; F3: Formula yang ditambahkan 150 g tempe kedelai hitam 150 g (60%).

Evaluasi sensori

Uji yang dilakukan berupa uji hedonik dan uji ranking menggunakan panelis semi terlatih. Panelis diminta tanggapannya terkait warna, aroma, tekstur, dan rasa pada uji hedonik dengan 9 skala yang digunakan adalah (1) amat sangat tidak suka, (2) sangat tidak suka, (3) tidak suka, (4) agak tidak suka, (5) netral, (6) agak suka, (7) suka, (8) sangat suka, dan (9) amat sangat suka. Panelis juga diminta untuk mengurutkan tingkat kesukaan terhadap ketiga formula.

Analisis kandungan zat gizi

Kandungan zat gizi dianalisis melalui uji proksimat yang terdiri dari uji kadar air dan abu metode gravimetri, uji protein kasar metode kjeldahl, uji lemak kasar metode soxlet, uji total karbohidrat *by difference*, dan uji serat metode enzimatis gravimetri.

Analisis daya cerna protein in vitro (Saunders et al. 1973)

Sampel yang sudah diayak dengan menggunakan pengayak 100 mesh diambil setara dengan 0,2 g protein. Disiapkan padatan enzim pepsin seberat 1,5 mg yang dilarutkan ke dalam 25 ml larutan HCl 0,1 N. Sampel kemudian dilarutkan dengan larutan enzim pepsin di dalam tabung sentrifus dan di *waterbath shaker* suhu 37°C 150 rpm selama 3 jam. Larutan sampel kemudian di netralkan dengan menambahkan NaOH atau HCl. Larutan sampel netral (pH 7) ditambahkan 7,5 ml larutan buffer fosfat 0,2 M (pH 8) yang mengandung natrium azida 0.005 M dan 4 mg enzim pankreatin. Larutan dimasukkan ke *waterbath shaker* suhu 37°C 150 rpm selama 24 jam. Padatan yang tidak larut kemudian disaring menggunakan kertas whatmann 42 yang dihubungkan dengan alat *vacum filter*. Padatan kemudian ditimbang dan dianalisis kjeldahl. Daya Cerna Protein = [(Protein total – protein tidak tercerna)/protein total] x 100%.

Analisis kadar tanin secara spektrofotometri

Sebanyak 10 g sampel kering (bubuk) ditambah dengan 200 ml etanol 70% kemudian dimaserasi selama 18 jam sambil diaduk setiap 6 jam. Larutan sampel kemudian disaring dengan kertas saring dan dikeringkan sampai ekstrak kental dan kering. Larutan sampel dengan konsentrasi 1000 ppm dibuat dengan menimbang 50 mg ekstrak kental yang kering, dilarutkan dengan 50 ml etanol 70%. Setelah itu dilakukan pengenceran hingga didapat larutan sampel dengan konsentrasi 100 dan 10 ppm yang kemudian diukur dengan spektrofotometri UV-VIS (Fajrina 2017).

Rancangan percobaan

Rancangan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang dilakukan pada unit percobaan ini adalah perbandingan berat tempe dan air yaitu (F1) 40:60, (F2) 50:50, dan (F3) 40:60.

Pengolahan dan analisis data

Pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel 2010* kemudian dilanjutkan dengan analisis statistik menggunakan *SPSS 16.0 for Windows*. Data diolah menggunakan uji beda yaitu uji *Analysis of Variance (ANOVA)* dilanjutkan dengan uji *Duncan* dan *Tukey* pada level signifikan 0,05. Data yang diolah dengan uji ANOVA antara lain nilai uji hedonik rating dan ranking, kandungan zat gizi, daya cerna protein dan kadar tanin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan Tempe Kedelai Hitam. Proses perebusan pada penempaan bertujuan agar kedelai hitam menyerap air sebanyak mungkin sehingga membuatnya menjadi lunak dan memudahkan proses fermentasi (Radiati & Sumarto 2016). Proses perendaman 24 jam bertujuan agar terjadi fermentasi asam laktat sehingga mendorong pertumbuhan kapang tempe pada pH 3,5–5,2. Pengelupasan kulit kedelai dilakukan karena kulit ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri asam laktat (Hermana & Karmini 1999). Perendaman selama 24 jam menghasilkan busa dan lendir pada air perendaman serta menghasilkan bau asam yang menadakan pertumbuhan bakteri. Selama pencucian, kedelai hitam digosok hingga kulit ari terlepas untuk menghilangkan lendir yang teridikasi dapat menghalangi proses fermentasi (Radiati & Sumartono 2016).

Peragian yang dilakukan harus merata agar jamur yang tumbuh pada kedelai merata. Setelah merata, pembungkusan dilakukan dengan menggunakan daun pisang. Daun pisang dipilih karena dapat menyerap panas dan mentransfer

panas, sedangkan plastik tidak demikian (Harahap *et al.* 2018). Menurut Yaakob *et al.* (2016), suhu fermentasi merupakan hal yang penting selama proses fermentasi. Suhu fermentasi akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim yang dihasilkan selama proses fermentasi. Selain itu, pertumbuhan kapang dari kedelai yang dibungkus daun umumnya lebih cepat dibandingkan dibungkus dengan plastik. Kedelai hitam yang telah diberi ragi dan dibungkus daun pisang kemudian dinkubasi pada tempat yang lembab. Suhu tidak boleh terlalu dingin karena akan menghalangi proses pertumbuhan kapang. Suhu ideal berkisar antara 20-37°C (Hermana & Karmini 1999).

Proses Pembuatan Susu Tempe Kedelai Hitam. Susu tempe merupakan produk hasil ekstraksi tempe dengan air sehingga diperoleh larutan dengan komponen padatan terlarut (Hapsari & Saihullah 2013). Prinsip pembuatan susu tempe terdiri dari pengukusan, penggilingan, penyaringan, penambahan bahan tambahan pangan, dan pemanasan suhu 90°C. Masalah yang timbul pada pembuatan susu tempe adalah rasa pahit dan aroma yang langu sehingga kurang disukai konsumen. Rasa pahit disebabkan oleh adanya senyawa-senyawa glikosida dalam biji kedelai dan penyebab aroma langu karena adanya enzim lipoksidase yang mengurai lemak kedelai menghasilkan senyawa penyebab aroma langu. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukusan untuk menghilangkan senyawa-senyawa tersebut. Sari tempe yang telah mendidih kemudian didinginkan dan diblender dengan buah stroberi. Penambahan buah stroberi dilakukan untuk menambah rasa khas manis dan menyegarkan sehingga dapat menutupi rasa pahit tempe.

Tabel 2. Rata-rata nilai uji hedonik pada susu tempe kedelai hitam

Parameter	Sampel		
	F1	F2	F3
Warna	7,31 ^b ±0,92	6,09 ^b ±1,21	4,61 ^a ±1,36
Aroma	6,33 ^b ±1,33	6,36 ^b ±1,02	5,33 ^a ±1,67
Tekstur	6,14 ^a ±1,20	6,50 ^a ±1,03	5,86 ^a ±1,29
Rasa	5,78 ^a ±1,57	5,47 ^a ±1,44	5,19 ^a ±1,43
Mouthfeel	6,28 ^b ±1,58	6,08 ^{ab} ±1,23	5,36 ^a ±1,48
Aftertaste	5,36 ^a ±1,61	5,03 ^a ±1,66	4,58 ^a ±1,44
Keseluruhan	6,08 ^b ±1,44	5,72 ^{ab} ±1,23	5,31 ^a ±1,31

Keterangan: Berdasarkan uji *One Way ANOVA* ($p < 0,05$). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata (uji lanjut *Tukey*); F1: Formula yang ditambahkan 100 g tempe kedelai (40%); F2: Formula yang ditambahkan 125 g tempe kedelai hitam; F3: Formula yang ditambahkan 150 g tempe kedelai hitam 150 g (60%).

Data Tabel 2 menunjukkan bahwa berdasarkan skor rata-rata F1 (penambahan tempe kedelai hitam 40%) pada parameter warna, rasa, *mouthfeel*, *aftertaste*, dan keseluruhan memiliki nilai rata-rata tertinggi di antara formula lain. Nilai rata-rata tertinggi pada parameter aroma dan tekstur didapatkan pada F2 (penambahan tempe kedelai hitam 50%). F3 memiliki tingkat kesukaan yang paling rendah dibandingkan dengan F1 dan F2. Parameter keseluruhan menunjukkan tingkat penerimaan panelis berkisar 5,31 – 6,08 (netral sampai agak suka).

Tabel 3 menunjukkan bahwa F1 dan F2 tidak memiliki perbedaan yang nyata ($p>0,05$). Berbeda halnya dengan F3 yang berbeda nyata dengan F1 dan F2 ($p<0,05$). Hasil uji ranking menunjukkan panelis lebih menyukai susu tempe dengan penambahan tempe kedelai hitam yang paling sedikit dari parameter keseluruhan yang diuji. Hal ini sesuai dengan penelitian minuman tempe yang dilakukan oleh Jauhari (2014) yaitu lebih banyaknya penambahan air pada tepung tempe lebih disukai panelis daripada minuman tempe dengan penambahan air yang sedikit. Oleh karena itu, F2 diambil menjadi formula terpilih karena tidak berbeda nyata dengan F1 dengan hipotesis bahwa F2 memiliki kandungan gizi yang lebih baik.

Tabel 3. Rata-rata nilai uji ranking pada susu tempe kedelai hitam

Formula	Rata-Rata
F1	2,25 ^b ±0,81
F2	2,11 ^b ±0,75
F3	1,64 ^a ±0,80

Keterangan: Berdasarkan uji *One Way ANOVA* nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$); F1: Formula yang ditambahkan 100 g tempe kedelai (40%); F2: Formula yang ditambahkan 125 g tempe kedelai hitam; F3: Formula yang ditambahkan 150 g tempe kedelai hitam 150 g (60%).

Analisis Kandungan Gizi. Hasil analisis statistik dengan uji lanjut *Tukey's* kadar air pada kedelai hitam, tempe kedelai hitam, dan susu tempe kedelai hitam menunjukkan hasil perbedaan yang nyata. Peningkatan kadar air pada kedelai hitam menjadi tempe dipengaruhi oleh aktivitas pertumbuhan kapang (Astawan *et al.* 2013). Peningkatan kadar air juga terjadi pada susu tempe kedelai hitam karena dalam proses pembuatan susu terdapat penambahan

air. Sedangkan, kadar air pada tempe kedelai hitam dan tempe kedelai kuning menunjukkan perbedaan yang tidak nyata serta telah sesuai dengan standar kadar air tempe (SNI 2009) yaitu sebesar <65% (Tabel 4).

Kadar abu menunjukkan kandungan mineral yang terdapat pada suatu bahan pangan. Hasil analisis kadar abu pada keempat sampel uji menunjukkan bahwa kacang kedelai hitam memiliki rata-rata kadar abu yang lebih besar dibandingkan dengan tempe kedelai hitam maupun kedelai kuning serta produk susu tempe kedelai hitam. Menurut Astawan *et al.* (2013), penurunan kadar abu pada tempe mengindikasikan bahwa kandungan mineral yang terkandung dalam kacang kedelai banyak terdapat pada lapisan kulit ari kedelai. Analisis statistik menggunakan uji lanjut *Tukey's* menunjukkan perbedaan yang nyata pada perlakuan fermentasi menjadi tempe maupun pengolahan menjadi susu tempe kedelai hitam. Perbedaan yang nyata juga ditunjukkan pada tempe kedelai hitam dan tempe kedelai kuning (%bk), kadar abu pada tempe kedelai hitam lebih tinggi dibandingkan dengan tempe kedelai kuning. Hal ini dikarenakan kadar abu pada kacang kedelai hitam lebih tinggi rata-rata sebesar 5,53% dibanding dengan kacang kedelai kuning yaitu sebesar 4,1% (Tabel 4).

Terdapat perbedaan yang nyata pada kadar lemak (%bk) kedelai hitam, tempe kedelai hitam, dan susu tempe kedelai hitam akan tetapi tidak ada perbedaan yang nyata antara kadar lemak pada tempe kedelai hitam dengan tempe kedelai kuning. Terdapat peningkatan kadar lemak dari kedelai hitam menjadi tempe kedelai hitam. Hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian Astawan *et al.* (2013), kadar lemak pada kedelai menurun pada tempe karena adanya enzim lipase yang menghidrolisis lemak menjadi asam lemak bebas. Akan tetapi, peningkatan kadar lemak sejalan dengan penelitian Palupi (2020) dikarenakan kapang pada proses fermentasi menjadi tempe membutuhkan sumber energi yang diambil dari karbohidrat sehingga kadar karbohidrat dalam kedelai menurun yang kemudian diikuti oleh naiknya kadar lemak (Tabel 4).

Terdapat perbedaan yang nyata pada kandungan protein dari tempe kedelai hitam, tempe kedelai kuning, dan susu tempe kedelai hitam. Sedangkan, kedelai hitam tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan tempe kedelai hitam maupun tempe kedelai kuning. Akan tetapi, rata-

Tabel 4. Kandungan zat gizi kedelai hitam, tempe kedelai hitam, tempe kedelai kuning dan susu tempe kedelai hitam

	Kedelai Hitam		Tempe Kedelai Hitam		Tempe Kedelai Kuning		Susu Tempe Kedelai Hitam	
	%bb	%bk	%bb	%bk	%bb	%bk	%bb	%bk
Air	11,94 ^a ±4,34	-	64,10 ^b ±0,51	-	62,35 ^b ±0,16	-	87,15 ^c ±0,10	-
Abu	4,66 ^d ±0,07	4,90 ^d ±0,08	1,18 ^c ±0,01	3,02 ^b ±0,02	0,95 ^b ±0,02	2,31 ^a ±0,05	0,36 ^a ±0,02	2,56 ^b ±0,12
Lemak	13,91 ^d ±0,33	14,64 ^b ±0,34	8,47 ^b ±0,02	21,73 ^c ±0,06	11,16 ^c ±1,62	27,22 ^c ±3,95	0,88 ^a ±0,06	6,30 ^a ±0,45
Protein	49,07 ^c ±2,97	51,65 ^b ±3,13	22,53 ^b ±0,30	57,76 ^c ±0,77	17,77 ^b ±3,82	43,33 ^b ±9,31	2,18 ^a ±0,22	15,57 ^a ±1,55
Karbohidrat	20,42 ^b ±7,56	28,81 ^b ±3,39	3,73 ^a ±0,73	17,50 ^a ±0,73	7,78 ^a ±2,38	27,14 ^b ±5,41	9,43 ^{ab} ±0,30	70,02 ^c ±2,11
Karbohidrat (available)	13,35±7,56	-	-	-	-	-	7,05±0,30	58,58±2,09
Edible fiber	7,07±0,09 ²	-	-	-	9,91±0,04 ¹	28,88±0,26 ¹	2,38 ±0,01	17,01±0,11

Keterangan: Berdasarkan uji *One Way ANOVA* ($p < 0,05$). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$); Palupi *et al.* (2020); Rahayu dan Sulistiawati (2018)

rata nilai protein pada kedelai hitam mengalami peningkatan dari 51,65 menjadi 57,76% ketika menjadi tempe (Tabel 4). Hal ini sesuai dengan Astawan *et al.* (2013), rata-rata kadar protein tempe meningkat dibandingkan kadar protein pada kedelai diakibatkan adanya pemecahan oleh enzim protease yang mengubah protein kompleks menjadi peptida dan asam amino berberat molekul rendah yang lebih larut. Berbeda halnya dengan kadar protein pada susu tempe kedelai hitam yang mengalami penurunan dari kadar protein tempe kedelai hitam akibat proses pengenceran.

Kadar karbohidrat tidak berbeda nyata antara kedelai hitam, tempe kedelai hitam, dan tempe kedelai kuning. Berbeda halnya dengan kadar karbohidrat dari susu tempe kedelai hitam yang menunjukkan hasil berbeda nyata dengan kedelai hitam, tempe kedelai hitam, maupun tempe kedelai kuning. Hal ini dikarenakan adanya penambahan 6% gula dan 25% buah stroberi pada formula susu tempe kedelai hitam. Selain itu, produk susu tempe kedelai hitam memiliki nilai serat pangan yang tinggi yaitu sebesar 17,01% (Tabel 4).

Daya Cerna Protein. Terdapat perbedaan yang nyata antara kedelai hitam dan tempe

kedelai hitam (Tabel 5). Hal ini dikarenakan karena proses fermentasi yang menyebabkan protein terhidrolisis menjadi ukuran yang lebih sederhana sehingga meningkatkan daya cernanya (Chang *et al.* 2009). Perbedaan yang nyata dari % daya cerna protein juga terjadi ketika tempe kedelai hitam mengalami proses pengolahan menjadi susu tempe kedelai hitam. Proses pemanasan serta penambahan bahan lain seperti gula dan stroberi menyebabkan penurunan daya cerna proteinnya. Hal ini kemungkinan karena protein berikatan dengan polisakarida dan serat pangan (Caire-Juvera 2013). Kandungan serat serta polisakarida pada pangan dapat menurunkan daya cerna protein akibat penghalangan enzim protease dalam mengakses dan menghidrolisis protein (Opazo-Navarrete *et al.* 2019).

Kadar Tanin. Proses fermentasi menjadi tempe kedelai hitam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kadar tanin kacang kedelai hitam. Sedangkan, proses pengolahan dari tempe kedelai hitam menjadi susu kedelai hitam tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar tanin ($p > 0,05$) (Tabel 6). Hal ini sejalan dengan Hassan (2015), proses fermentasi dapat menurunkan kadar tanin, oksalat, asam fitat, dan karbohidrat

Tabel 5. Rata-rata nilai daya cerna protein (mg) per 100 gram

Sampel	Protein total (%bb)	% Daya cerna
Kedelai Hitam	49,07 ^c ±2,97	45,08 ^a ±5,75
Tempe Kedelai Hitam	22,53 ^b ±0,30	66,66 ^b ±1,68
Tempe Kedelai Kuning	17,77 ^b ±3,82	61,67 ^b ±3,85
Susu Tempe Kedelai Hitam	2,18 ^a ±0,22	47,50 ^a ±3,54

Keterangan: Berdasarkan uji *One Way ANOVA* ($p < 0,05$). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$).

Tabel 6. Rata-rata nilai kadar tanin (mg) per 100 gram

Sampel	Kadar Tanin
Kedelai Hitam	1251,09 ^b ±104,91
Tempe Kedelai Hitam	723,00 ^a ±74,20
Susu Tempe Kedelai Hitam	625,14 ^a ±0,87

Keterangan: Berdasarkan uji *One Way ANOVA* ($p < 0,05$). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$).

dan meningkatkan pencernaan protein. Gambar grafik hubungan peningkatan daya cerna protein dan penurunan kadar tanin disajikan pada Gambar 1.



Keterangan: Berdasarkan uji *One Way ANOVA* ($p < 0,05$). Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap baris menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata ($p > 0,05$).

Gambar 1. Grafik peningkatan daya cerna protein dan penurunan kadar tanin pada kedelai hitam.

KESIMPULAN

Proses pengolahan dan fermentasi kedelai hitam menjadi tempe kedelai hitam meningkatkan nilai pencernaan protein dengan persentase 45, 67 dan 47,5%. Selain itu, proses fermentasi kedelai hitam serta pengolahan menjadi susu tempe kedelai hitam dapat menurunkan kadar zat anti gizi tanin kedelai hitam, tempe kedelai hitam, dan susu tempe kedelai hitam berturut-turut sebesar 100, 58 dan 50%. Penurunan kadar zat anti gizi tanin diikuti dengan peningkatan nilai pencernaan protein pada kedelai hitam. Berdasarkan hasil penelitian ini terbukti bahwa kedelai hitam dapat digunakan sebagai soyfood alternatif lokal. Proses fermentasi kedelai hitam dengan menggunakan *Rhizopus* terbukti mampu meningkatkan nilai gizi terutama daya cerna protein dari kedelai hitam. Studi lanjut terkait ini dapat dilakukan dengan fokus penelitian yang lebih luas, seperti sifat fungsional tempe kedelai hitam serta manfaatnya dalam tubuh.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis tidak memiliki konflik kepentingan dalam penyusunan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan M, Wresdiyati T, Widowati S, Bintari SH, Ichسانی N. 2013. Karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional tempe yang dihasilkan dari berbagai varietas kedelai. *Pangan*. 22(3):241-252.
- Bintari SH, Putri MF, Saputro DD, Suwahyo, Sunyoto. 2021. Trends to the development of combined foods to create functional foods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918 (5), art. no. 052037. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052037>
- Cabuk B, Nosworthy MG, Stone AK, Korber DR, Tanaka T, House JD, Nickerson MT. 2018. Effect of fermentation on the protein digestibility and levels of non-nutritive compounds of pea protein concentrate. *Food Technology & Biotechnology*. 56(2):257-264. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.02.18.5450>
- Caire-Juvera G, Vazquez-Ortiz FA, Ganjaliva-Haro MI. 2013. Amino acid composition, score, and in-vitro protein digestibility of food commonly consumed in Northwest Mexico. *Nutr Hosp*. 28(2):365-371.
- Chang C, Hsu C, Chou S, Chen Y, Huang F, Chung Y. 2009. Effect of fermentation time on the antioxidant activities of tempeh prepared from fermented soybean using *Rhizopus oligosporus*. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(4):799-806. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01907.x>
- Chaturvedi S, Chakraborty S. 2022. Optimization of extraction process for legume-based synbiotic beverages, followed by their characterization and impact on antinutrients. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28, art. no. 100506. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100506>
- Fajrina A, Jubahar J, Sabirin S. 2017. Penetapan kadar tanin pada teh celup yang beredar dipasaran secara spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Farmasi Higea*. 8(2):133-142.
- Hapsari TP, Saihullah. 2013. Pembuatan susu tempe kajian pengaruh lama fermentasi

- tempe dan penggunaannya. *Jurnal Teknologi Pangan*. 5(1):1-15. <https://doi.org/10.35891/tp.v5i1.494>
- Harahap RH, Lubis Z, Kaban J. 2018. Komponen flavor volatil tempe yang dibungkus dengan daun pisang dan plastik. *Agritech*. 38(2):194-199. <https://doi.org/10.22146/agritech.24720>
- Liu TH, Chiang WT, Cheng MC, Tsai TY. 2022. Effects of germination black soy milk fermented with *Lactobacillus plantarum* twk10 on anti-oxidative and anti-melanogenesis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(1), art. no. 277. <https://doi.org/10.3390/app12010277>
- Hasan N, Suryani E, Hendrawan R. 2015. Analysis of Soybean Production and Demand to Develop Strategic Policy of Food Self Sufficiency: A System Dynamics Framework. *Procedia Computer Science*, 72, pp. 605-612. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.169>
- Hassan GF, Yusuf L, Adebolu TT, Onifade AK. 2015. Effect of fermentation on mineral and anti-nutritional composition of cocoyam (*Colocasia esculenta* Linn). *Sky Journal of Food Science*. 4:42-49.
- Hermana, Karmini M. 1999. The development of tempe technology. "History of Soybeans and Soyfoods in Southeast Asia 2010". Lafayette: Soy Info Center.
- Jauhari M, Sulaeman A, Riyadi H, Ekayanti I. 2014. Pengembangan formula minuman olahraga berbasis tempe untuk pemulihan kerusakan otot. *Agritech*. 34(3):285-290. <https://doi.org/10.22146/agritech.9456>
- Palupi E, Anwar F, Tanzaha I, Gunawan MA, Khomsan A, Kurniawati F, and Muslich M. 2020. Protein sources diversity from Gunungkidul District, Yogyakarta Province, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* Vol. 21 No. 2. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210248>
- Pratiwi H. 2013. Perilaku impor susu di Indonesia. *Telaah Bisnis*. 14(1):53-70. <https://doi.org/10.35917/tb.v14i1.14>
- Radiati A, Sumartono. 2016. Analisis sifat fisik, sifat organoleptik, dan kandungan gizi pada produk tempe dan kacang non-kedelai. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 5(1):16-22. <https://doi.org/10.17728/jatp.v5i1.32>
- Suryani I, Santoso A, Juffrie M. 2010. Penambahan agar-agar dan pengaruhnya terhadap kestabilan dan daya terima susu tempe pada mahasiswa Politeknik Kesehatan Jurusan Gizi Yogyakarta. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*. 7(2):85-91. <https://doi.org/10.22146/ijcn.17742>
- Oktaviane DA, Pratama A, Bahtiar E, Herawati, Aulanni'am. 2020. Potency of black soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) tempeh extract as hepatoprotector in ccl4-induced rat hepatic fibrosis based on histopathological observation. *Veterinary Practitioner*, 21(2):484-487.
- Opazo-Navarrete M, Tagle Freire D, Boom RM, Janssen AEM. 2019. The Influence of Starch and Fibre on In Vitro Protein Digestibility of Dry Fractionated Quinoa Seed (Riobamba Variety). *Food Biophysics*, 14(1):49-59. <https://doi.org/10.1007/s11483-018-9556-1>
- Yaakob H, Malek RA, Misson M, Jalil MFA, Sarmidi M, Aziz R. 2011. Optimization is isoflavon production from fermented soybean using response surface methodology. *Food Science and Biotechnology*. 20(6):1525-1531 <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0211-6>
- Zilic S, Sukalovic VH, Maksimovic V, Maksimovic M, Basic Z, Peric V, Maksimovic JD. 2013. Antioxidant properties of soybean with black and yellow kernel coat. *Proceedings. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia (686-689)*.