p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Pengaruh konsentrasi *isolate soy protein* (ISP) sebagai emulsifier terhadap sifat fisikokimia kukis *egg-free*

Muhammad Rizky Ramanda*, Agnes Nabila Fitria, Zada Agna Talitha

Teknologi Pangan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

Article history
Diterima:
6 Agustus 2025
Diperbaiki:
22 Oktober 2025
Disetujui:
27 Februari 2026

Keyword
Cookies;
Isolate soy protein;
Egg replacer;
Physicochemical properties;

ABSTRACT

Cookies are baked snack products characterized by low moisture content and a sweet flavor profile. Cookie production requires an emulsifying agent to produce a denser and more cohesive dough and to stabilize the product structure. Eggs are commonly used as the primary emulsifier in conventional cookie formulations; however, the high cholesterol content of egg yolk is associated with increased blood cholesterol levels, atherosclerosis, coronary heart disease, hypertension, and stroke risk. Therefore, egg substitution in cookie production is needed to support the development of egg-free products. Soy protein isolate is a potential alternative emulsifier because of its amphipathic properties. This study aimed to evaluate the effect of different concentrations of soy protein isolate on the physicochemical properties of egg-free cookies. Cookies were formulated with soy protein isolate at concentrations of 0%, 3%, 6%, 9%, and 12%. The experiment used a completely randomized design with two replications. Data were analyzed using one-way analysis of variance at a 5% significance level, followed by Duncan's Multiple Range Test when significant effects were observed. The addition of soy protein isolate significantly affected several physicochemical properties of the cookies, including texture, lightness, yellowness, total color difference, moisture content, ash content, protein content, fat content, and carbohydrate content. Texture values ranged from 12.41 N to 33.65 N, L values from 42.35 to 41.92, b values from 3.37 to 4.91, total color difference from 0.93 to 1.97, moisture content from 2.32% to 4.37%, ash content from 2.28% to 2.41%, protein content from 3.12% to 4.77%, fat content from 23.71% to 26.24%, and carbohydrate content from 63.99% to 66.11%.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : muhammad.ramanda@tp.itera.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v20i3.31355

PENDAHULUAN

Kukis adalah salah satu makanan ringan berkadar air rendah, memiliki rasa yang manis, dan dibuat dengan cara dipanggang (Suarni 2009). Kukis cukup populer dan digemari oleh semua kalangan usia karena praktis, lezat, dan dengan pengemasan yang baik kukis dapat bertahan dalam waktu yang relatif lama (Soni et al. 2018). Konsumsi rata-rata kue kering (termasuk kukis) di Indonesia cukup tinggi, menurut Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2022 sebesar 21,185 kg per tahun (Kementan 2022). Kukis disebut sebagai camilan atau kudapan karena dapat dikonsumsi setiap saat atau sebagai selingan antara dua waktu makan (Park et al. 2021).

Kukis terbuat dari campuran tepung terigu dan bahan tambahan lain seperti margarin, telur, gula halus, vanili, susu, dan bahan pengembang (Safitri 2022). Proses pembuatan kukis, memerlukan pengemulsi (emulsifier) untuk mendapatkan adonan yang lebih kompak dan kokoh serta sebagai penstabil (Novrini et al. 2021). Emulsifier merupakan molekul pengadsorpsi yang terbentuk selama proses homogenisasi adonan dan membentuk suatu membran pelindung yang berguna mencegah terjadinya agregasi (Anugrahati and Wijaya 2023). Bahan dalam pembuatan kukis yang berperan sebagai pengemulsi adalah telur. Pada dasarnya, sifat telur yang berperan dalam pengolahan pangan adalah daya buih dan emulsifier yang terdapat pada protein telur. Telur berperan dalam memberikan kelembutan pada tekstur kukis melalui kandungan lesitin (fosfolipid) yang terdapat dalam kuning telur (Widiantara 2018). Meski demikian, kadar kolesterol dalam kuning telur mencapai sekitar 1080 mg per 100 gram kuning telur (Bhagwat & Haytowitz 2015).

Tingginya kandungan kolesterol pada kuning telur dapat mengakibatkan peningkatan kadar kolesterol darah (hiperkolesterolemia) hingga aterosklerosis juga meningkatkan resiko penyakit jantung koroner, tekanan darah tinggi (hipertensi) serta stroke (Candrawati and Hidayati 2019). Berdasarkan Survei Kesehatan Indonesia tahun 2023 prevalensi penderita hiperkolestrolemia di Indonesia mencapai 11,7% dari sampel sebanyak 22.567 orang. Prevalensi kolesterol tinggi meningkat seiring bertambahnya usia terutama diatas 45 tahun, sehingga perlu adanya substitusi telur dalam pembuatan kukis agar lebih aman dan sesuai untuk semua kalangan usia. Secara umum, ada banyak jenis pengemulsi sintetis dan alami yang dapat dimanfaatkan dalam industri makanan, antara lain protein, polisakarida, fosfolipid, dan surfaktan. Salah satu protein yang biasa digunakan karena kemampuan pengemulsinya yakni protein kedelai (Lam and Nickerson 2013). Protein kedelai memiliki sifat protein amfifatik dengan asam amino pada gugus hidrofilik di luar yang dapat berikatan dengan air, sementara gugus hidrofobik didalamnya tidak dapat berikatan dengan air (Utama and Anjani, 2016). Selain berperan sebagai emulsifier, protein juga memiliki kontribusi penting dalam pembentukan struktur adonan melalui mekanisme denaturasi protein, kemampuan mengikat air (*water-binding*), dan pembentukan jaringan (*network formation*). Selama proses pencampuran dan pemanggangan, protein mengalami denaturasi akibat perlakuan mekanik dan panas, yang menyebabkan terbukanya struktur tersier dan sekunder protein. Kondisi ini mengekspos gugus fungsional seperti gugus amina, karboksil, dan sulfihidril sehingga memungkinkan terjadinya interaksi antarmolekul protein maupun interaksi dengan komponen adonan lainnya (Lam and Nickerson 2013). Denaturasi protein ini merupakan tahap awal pembentukan jaringan protein yang berperan dalam meningkatkan kekompakan dan stabilitas struktur kukis selama pemanggangan.

Kemampuan protein dalam mengikat air berkaitan erat dengan keberadaan gugus hidrofilik pada rantai asam amino. Protein yang telah terdenaturasi umumnya menunjukkan kapasitas water-binding yang lebih tinggi akibat meningkatnya luas permukaan dan ketersediaan situs pengikatan air (Lee and Brennand 2005). Air yang terikat dalam matriks adonan berfungsi sebagai plastisator yang memengaruhi viskositas adonan, distribusi bahan, serta perpindahan panas selama proses pemanggangan. Namun, meningkatnya pengikatan air oleh protein juga dapat menurunkan fraksi air bebas, sehingga adonan menjadi lebih padat dan berkontribusi terhadap peningkatan kekerasan tekstur kukis setelah dipanggang (Lee and Brennand 2005).

Interaksi lanjutan antarprotein yang telah terdenaturasi menghasilkan pembentukan jaringan protein tiga dimensi melalui ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, dan kemungkinan pembentukan ikatan disulfida. Jaringan protein ini berfungsi sebagai kerangka struktural yang menahan pati dan lemak di dalam matriks kukis

serta menentukan sifat mekanik produk akhir. Pada sistem kukis tanpa telur, pembentukan jaringan protein dari isolat protein kedelai menjadi sangat krusial karena menggantikan fungsi koagulasi protein telur dalam menstabilkan struktur adonan selama pemanggangan (Lam and Nickerson 2013). Dengan demikian, keseimbangan antara denaturasi protein, kapasitas pengikatan air, dan pembentukan jaringan protein merupakan faktor kunci yang menentukan karakteristik tekstur dan kestabilan struktural kukis. Kadar protein dalam produk kedelai bervariasi, seperti pada tepung kedelai yang memiliki 50% protein, konsentrat protein kedelai dengan 70%, dan isolat protein kedelai yang mencapai 90% (Park et al. 2021).

Isolat protein kedelai (ISP) adalah produk hasil olahan dari kedelai yang memiliki kandungan protein jauh lebih tinggi dibanding biji kedelai utuh (Suseno et al. 2017). Ketika protein ditambahkan ke dalam sistem emulsi, protein akan teradsorpsi pada permukaan tetesan minyak dan membentuk lapisan yang mencegah agar globular minyak tersebut saling menyatu. Protein yang menempel pada permukaan tetesan minyak ini dapat menurunkan tegangan antarmuka antara minyak dan air (Inasa et al. 2024). Pada 100 g ISP terdapat 88,3 g protein, 3,39 g lemak, 335 kkal, mineral, dan tidak mengandung kolesterol (Bhagwat & Haytowitz 2015). Selain tinggi kandungan protein, komponen bioaktif yang terkandung berpotensi memberikan manfaat bagi kesehatan termasuk kemampuannya dalam menurunkan kadar kolesterol dan gula darah, serta mengurangi risiko penyakit jantung (Ramanda et al. 2023). Studi yang dilakukan oleh Ario et al. (2015), menunjukkan bahwa pencampuran ISP dengan pati jagung dan guar gum dapat berfungsi sebagai pengganti telur dalam produk pangan yang memerlukan aktivitas dan kapasitas emulsi, serta stabilitas buih tinggi.

Penelitian mengenai efek penambahan ISP dalam tepung terhadap kualitas kue kering telah dilakukan. Penambahan proporsi ISP pada tepung terigu memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan karbohidrat kue kering (Adeyeye et al. 2017). Hal ini sejalan dengan penelitian Mohsen et al. (2009), yang menunjukkan bahwa kadar air dan kadar protein kue kering meningkat sedangkan kadar lemak dan karbohidrat menurun seiring bertambahnya proporsi ISP dalam tepung maizena. Sejauh ini belum ada penelitian yang menggunakan ISP sebagai pengganti telur dalam pembuatan kukis. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan pemanfaatan ISP sebagai pengganti telur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi isolat protein kedelai (ISP) sebagai pengganti telur dalam pembuatan kukis, khususnya dalam fungsinya sebagai pengemulsi, serta mengetahui pengaruh substitusi telur dengan ISP terhadap karakteristik kukis.

METODE

Bahan

Bahan utama dalam pembuatan kukis adalah isolat protein kedelai (Para Agro) yang diperoleh melalui e-commerce. Kemudian bahan-bahan yang digunakan pada pembuatan sampel yaitu tepung terigu rendah protein, margarin (Palmia), telur, gula halus (Cap Ratu), susu bubuk full cream (Dancow), baking powder (Koepoe-Koepoe), dan vanili bubuk (Koepoe-Koepoe) yang diperoleh dari supermarket sekitar ITERA. Adapun bahan yang digunakan dalam analisis kimia kukis yaitu, H_2SO_4 (Merck), Katalis (Na_2SO_4, $CuSO_4$) (Merck), NaOH (Merck), H_3BO_3 (Merck), HCl (Merck) indikator PP (Fenolftalein), dan heksana (Merck).

Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan kukis adalah timbangan digital, wadah plastik, loyang, pengaduk, oven dan sarung tangan. Alat yang digunakan untuk analisis fisik dan kimia kukis adalah kolorimeter, *texture analyzer* CT3 (Brookfield), cawan porselen, oven (Memmert), spatula, timbangan, tanur (Maskot), desikator (Duran), alat soxhlet (Iwaki), kertas saring, hot plate (Thermo), labu kjeldahl, alat destilasi (Pyrex), kondensor, erlenmeyer, dan buret.

Pembuatan Kukis dengan Emulsifier *Isolate Soy Protein* (ISP)

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan, Proses pembuatan kukis dimulai dengan pencampuran 75 gram margarin dan 60 gram gula halus hingga homogen, lalu dilakukan penambahan 100 gram tepung terigu, 15 gram susu bubuk, 1 gram vanilli, 3 gram baking powder, serta penambahan bubuk ISP (0%, 3%, 6%, dan 12%). Langkah kedua melibatkan pencetakan adonan dimana adonan ditimbang seragam (15 gram) sebelum dicetak. Langkah ketiga

melibatkan pemanggangan dalam oven pada suhu 150 °C selama 25 menit.

Analisis Produk dan Analisis Data

Analisis yang dilakukan terhadap kukis dengan emulsifier ISP adalah analisis tekstur nilai daya tekan (*hardness*) dan kohesi (*cohesiveness*) (AOAC 2005), analisis warna (AOAC 2005) dengan perhitungan warna ΔE menggunakan Persamaan (1)

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Keterangan:
L* = tingkat kecerahan (0 sampai 100).
a* = tingkat kemerahan (0 sampai 100)/tingkat kehijauan (0 sampai -80).
b* = tingkat kekuningan (0 sampai 70)/tingkat kebiruan (0 sampai -70).

Analisis kadar air menggunakan metode gravimetri (AOAC 2005), kadar abu dengan metode gravimetri atau pengabuan kering (AOAC 2005), kadar protein dengan metode Kjeldahl (AOAC 2005), kadar lemak Soxhlet dan karbohidrat dengan metode *by difference* yaitu pengurangan 100% dengan jumlah dari hasil empat komponen yaitu kadar abu, air, protein, dan lemak yang disajikan pada Persamaan (2).

$$\begin{matrix} Kadar \\ karbohidrat \end{matrix} = 100\% - \left(\%\begin{matrix} kadar \\ air \end{matrix} + \%\begin{matrix} kadar \\ abu \end{matrix} + \%\begin{matrix} kadar \\ protein \end{matrix} + \%\begin{matrix} kadar \\ lemak \end{matrix}\right) \quad (2)$$

Data yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah secara statistik menggunakan metode Analisis Varians Satu Arah (ANOVA) taraf α = 5% untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh nyata pada setiap perlakuan. Jika hasil yang didapatkan berpengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) taraf α = 5% untuk menentukan perbedaan nyata antar sampel. Analisis data menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistik 25 tahun 2018.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekstur

Tekstur adalah salah satu faktor yang menentukan kualitas produk kukis karena dapat mempengaruhi bentuk hingga kerenyahan (Lasaji et al. 2023). Parameter yang dihasilkan oleh alat texture analyzer pada pengujian tekstur kukis isolat protein kedelai (ISP) meliputi *hardness, cohesiveness*, dan springiness. Parameter hardness digunakan untuk mengukur besarnya gaya tekan untuk memecah suatu produk, sedangkan cohesiveness mengacu pada kemampuan struktur bahan untuk tetap tahan dan kompak ketika produk digigit atau ditekan. (Afni et al. 2023). Hasil pengujian teksur kukis ISP dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1 Nilai Tekstur Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

Jumlah penambahan ISP	Parameter	
	Hardness (N)	*Cohesiveness*
P0 (0%)	12,41 ± 1,09[a]	0,87 ± 0,13
P1 (3%)	24,99 ± 3,34[b]	0,87 ± 0,20
P2 (6%)	27,61 ± 1,38[b]	0,88 ± 0,17
P3 (9%)	31,24 ± 1,92[c]	0,91 ± 0,11
P4 (12%)	33,65 ± 3,26[c]	0,93 ± 0,16

Berdasarkan Tabel 1. kukis dengan konsentrasi ISP 0% yang menggunakan telur, cenderung memiliki tekstur yang lebih rapuh dan lembut, sehingga nilai kekerasannya lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan karena telur memiliki kemampuan daya busa, dimana saat proses pengadukan adonan, gelembung udara terperangkap dalam adonan yang disebabkan adanya albumen dari telur (Sarifudin et al. 2015). Selama proses pemanggangan, gelembung udara akan membesar, kemudian protein dari putih telur mengalami koagulasi, yang pada akhirnya membentuk struktur busa permanen dalam produk (Ramanda, et al. 2024). Menurut Sarifudin *et al* (2015), kandungan air dapat memengaruhi tingkat kekerasan produk. Namun, pada sistem kukis dengan penambahan isolat protein kedelai (ISP), hubungan antara kadar air dan kekerasan tidak hanya ditentukan oleh kadar air total, melainkan oleh kemampuan protein dalam mengikat air. ISP memiliki kapasitas water-binding tinggi yang menyebabkan sebagian besar air berada dalam bentuk terikat, sehingga tidak berperan sebagai plastisator dan justru meningkatkan kekerasan produk (Lee and Brennand 2005). Pada konsentrasi ISP 3% dan 6%, protein belum membentuk jaringan yang kontinu sehingga tekstur kukis masih relatif lunak. Sebaliknya, pada konsentrasi 9% dan 12%, terbentuk jaringan protein yang lebih rapat akibat denaturasi dan agregasi protein selama pemanggangan, yang

menghasilkan struktur kukis yang lebih kompak dan keras (Park et al. 2021).

Cohesiveness menggambarkan kemampuan struktur internal kukis untuk tetap kompak ketika mengalami deformasi atau tekanan berulang. Berdasarkan hasil analisis, penambahan isolat protein kedelai (ISP) pada berbagai konsentrasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai *cohesiveness* ($p > 0,05$), meskipun terjadi peningkatan nilai kekerasan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ISP lebih berperan dalam meningkatkan resistensi awal terhadap gaya tekan (*hardness*) melalui pembentukan jaringan protein yang lebih rapat, tanpa mengubah kohesi internal produk secara signifikan. Stabilnya nilai *cohesiveness* dipengaruhi oleh peran matriks pati–lemak yang tetap mendominasi struktur internal kukis, sehingga integritas struktur tetap terjaga meskipun kandungan protein meningkat (Lee and Brennand 2005).

Analisis Warna

Warna merupakan salah satu atribut yang dilihat pertama kali sebelum mengenali atribut lainnya. Perbedaan warna kukis dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada nilai a* dan hasil berbeda nyata pada nilai L*, b* dan ΔE. Kukis dengan konsentrasi 0% ISP yang menggunakan telur cenderung memiliki kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan kukis yang menggunakan ISP. Hal ini dapat disebabkan karena bagian kuning telur (*yolk*) mengandung pigmen kekuningan dari karotenoid (lutein dan zeaxanthin) yang dapat memperbaiki warna pada kukis (Widiantara, 2018). Kandungan lutein dan zeaxanthin pada telur masing-masing adalah 292 µg/yolk dan 213 µg/yolk (Handelman et al. 1999). Selain itu, penurunan kecerahan pada kukis dengan penambahan ISP lebih tinggi berhubungan dengan kandungan protein pada kukis. Semakin tinggi kadar protein, semakin intens interaksi antara gugus amino primer dan gula pereduksi (reaksi Maillard) terjadi, sehingga menghasilkan warna kukis yang lebih gelap (Rosania et al. 2023). Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ISP yang digunakan maka semakin tinggi nilai warna total (ΔE) dibandingkan dengan perlakuan P0 (kontrol). Hal ini disebabkan karena kandungan protein pada ISP. Menurut Rosania et al. (2023), produk olahan dengan kandungan protein lebih tinggi cenderung memiliki warna yang lebih gelap setelah proses pemanggangan. Warna ini dihasilkan oleh reaksi Maillard, yang melibatkan interaksi antara gugus amino primer dan gula pereduksi (Ramanda et al. 2024). Maka dari itu, disimpulkan nilai warna total (ΔE) yang dihasilkan oleh kukis ISP konsentrasi 12% berbeda nyata dengan kontrol.



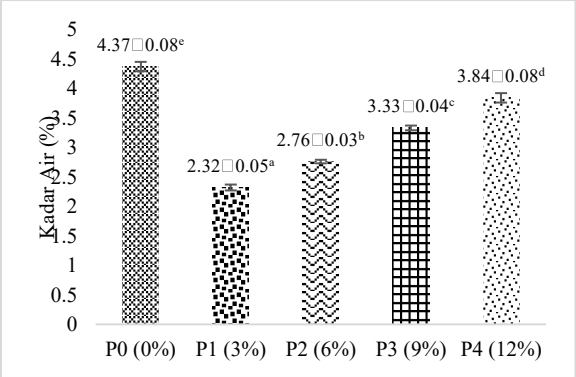
Gambar 1 Perbedaan Warna Kukis dengan Variasi Penambahan ISP (a) 0%, (b) 3%, (c) 6%, (d) 9%, (e) 12%

Table 2 Nilai Warna Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

Jumlah penambahan ISP	Nilai			
	L*	a*	b*	ΔE
(0%)	$42,35 \pm 0,23^{b}$	$3,78 \pm 0,02$	$4,91 \pm 0,10^{b}$	$0,00 \pm 0,00^{a}$
(3%)	$41,92 \pm 0,27^{ab}$	$4,06 \pm 0,31$	$4,23 \pm 0,04^{ab}$	$0,93 \pm 0,42^{ab}$
(6%)	$41,47 \pm 0,36^{ab}$	$3,47 \pm 0,18$	$3,73 \pm 0,54^{a}$	$1,51 \pm 0,46^{bc}$
(9%)	$41,30 \pm 0,96^{a}$	$3,33 \pm 0,39$	$3,37 \pm 0,68^{a}$	$1,64 \pm 0,99^{bc}$
(12%)	$41,08 \pm 0,66^{a}$	$3,61 \pm 0,53$	$3,47 \pm 0,70^{a}$	$1,97 \pm 0,76^{c}$

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu faktor penting dalam mengetahui berapa jumlah air yang ada pada produk (Ramanda et al., 2025). Hasil pengujian kadar air kukis ISP dapat dilihat pada Gambar 2.



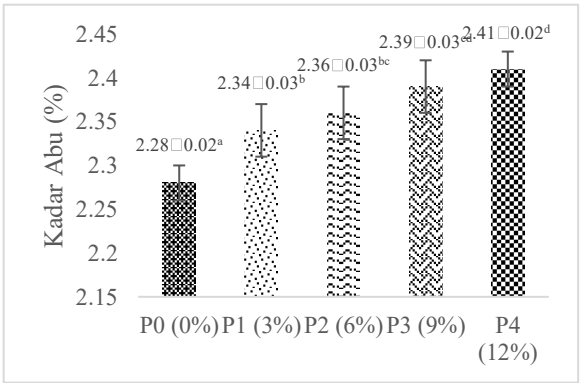
Gambar 2 Grafik Kadar Air Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

Berdasarkan Gambar 2 kadar air kukis yang menggunakan ISP lebih rendah dari kukis yang menggunakan telur (P0). Hal ini disebabkan oleh perbedaan kadar air pada konsentrasi kontrol yaitu adanya telur dan penambahan konsentrasi ISP serta kemampuannya dalam mengikat air. Telur mengandung kadar air sekitar 75,4% Sedangkan ISP hanya mengandung kadar air sekitar 4,98% (Heydorn et al. 2024). Selain itu, baik protein telur maupun protein kedelai memiliki sifat amfipatik, yaitu memiliki gugus hidrofilik yang menarik air dan gugus hidrofobik yang berinteraksi dengan lemak (Utama and Anjani 2016). Namun, keberadaan lesitin dalam kuning telur juga berkontribusi terhadap tingginya kadar air kukis pada perlakuan P0. Lesitin merupakan fosfolipid dengan sifat amfipatik yang dapat berfungsi sebagai emulsifier, yang dapat membantu mendistribusikan air dan lemak dalam adonan secara lebih merata (Yanti 2023). Hal ini meningkatkan kemampuan adonan yang mengandung telur untuk mempertahankan kadar air selama pemanggangan, sehingga kadar air kukis pada perlakuan P0 lebih tinggi dibandingkan dengan kukis yang menggunakan ISP (Wulandari and Arief 2022).

Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat pula bahwa semakin banyak penambahan ISP maka semakin tinggi kadar air pada kukis. Hasil ini cukup sesuai dengan Mohsen et al. (2009), yang mengevaluasi karakteristik kukis tepung gandum yang disubstitusi ISP. ISP memiliki kandungan asam amino polar yang tinggi sehingga mampu mengikat air melalui ikatan hidrogen, menyebabkan sebagian besar air berada dalam bentuk air terikat (*bound water*) di dalam matriks kukis. Semakin tinggi konsentrasi ISP, semakin besar jumlah air yang terperangkap dan tertahan selama proses pemanggangan, sehingga kadar air terukur meningkat meskipun produk dipanggang pada kondisi yang sama. Maka dari itu, kenaikan yang terjadi pada kadar air kukis dapat disebabkan karena banyaknya kandungan kadar air maupun sifat pada bahan baku yang digunakan. Berdasarkan SNI 01-2973-2022, kadar air maksimum biskuit adalah 5%. Kadar air kukis yang dihasilkan pada seluruh perlakuan dalam penelitian ini masih berada di bawah batas maksimum tersebut. Dengan demikian, meskipun terjadi peningkatan kadar air seiring bertambahnya konsentrasi ISP, kukis yang dihasilkan tetap memenuhi persyaratan mutu kadar air menurut standar nasional.

Kadar Abu

Abu adalah senyawa anorganik yang tersisa dari pembakaran bahan organik. Besarnya kadar abu pada produk pangan menunjukkan jumlah mineral di dalamnya serta dapat menunjukkan tingkat kebersihan suatu pengolahan atau kemurnian suatu bahan (Dwi and Wulandari 2022). Kadar abu kukis ISP dapat dilihat pada Gambar 3.



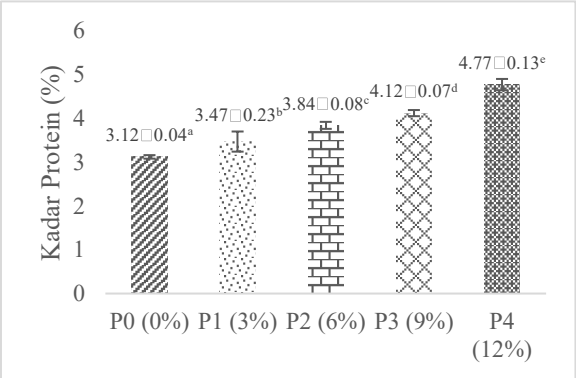
Gambar 3 Grafik Kadar Abu Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

Berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 3 peningkatan kadar abu kukis disebabkan karena bahan baku ISP mengandung kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan dengan telur. Bahan baku telur memiliki kadar abu sebesar 1,16% (Bhagwat and Haytowitz 2015), sedangkan ISP sebesar 3,58% (Heydorn et al. 2024). Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Park et al (2021), bahwa

semakin banyak rasio penambahan ISP maka semakin tinggi kadar abu kukis yang dihasilkan. Tingginya kadar abu pada ISP diduga karena banyak mineral yang terkandung didalamnya yaitu 178 mg kalsium, 14,5 mg besi, 39 mg magnesium, 776 mg fosfor, 81 mg kalium, 1000 mg natrium dan seng 4,03 mg (Heydorn et al. 2024). Standar kadar abu pada kukis tidak tercantum pada SNI 01-2973-2022.

Kadar Protein

Protein adalah salah satu zat gizi makro yang terdiri dari sejumlah asam amino yang saling terikat melalui ikatan peptida. Pengujian kadar protein bertujuan untuk mengetahui kadar protein kukis yang telah diberi penambahan ISP. Kadar protein kukis ISP dapat dilihat pada Gambar 4.

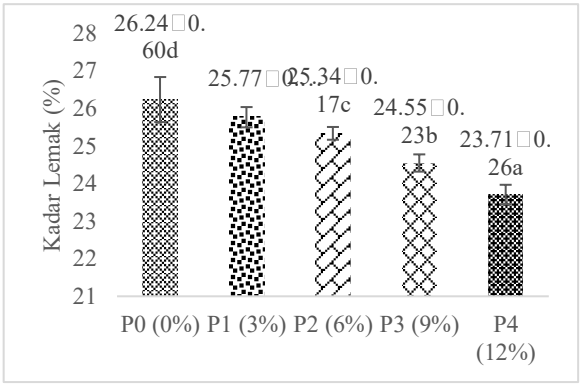


Gambar 4 Grafik Kadar Protein Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

Kandungan protein dalam kukis dipengaruhi oleh jumlah dan komposisi bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatannya (Alifianita and Sofyan 2022). Berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 5, terjadi peningkatan kadar protein kukis seiring bertambahnya konsentrasi ISP. Hal ini disebabkan karena kandungan protein pada ISP lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan protein pada telur, dimana kadar protein ISP sebesar 88,3% (Heydorn et al. 2024), sedangkan telur 12,3% (Bhagwat and Haytowitz 2015). Hal ini sejalan dengan penelitian Mohsen et al. (2009), dimana peningkatan kadar protein pada produk kue gandum dipengaruhi oleh ISP yang ditambahkan.

Kadar Lemak

Lemak adalah salah satu sumber energi selain protein dan karbohidrat yang mampu menghasilkan kalori yang dapat meningkatkan tekstur dan memberikan cita rasa pada produk pangan. Kadar lemak kukis ISP dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Kadar Lemak Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

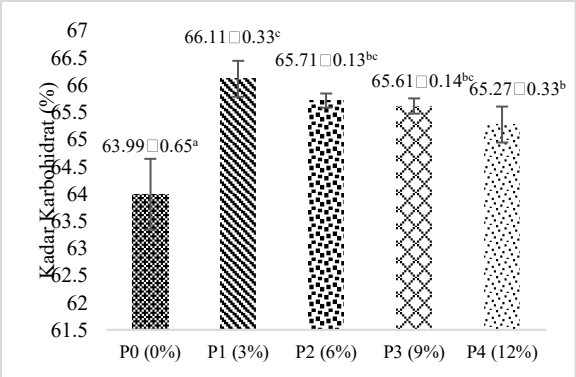
Berdasarkan hasil yang terdapat pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa kadar lemak kukis ISP lebih rendah dari kontrol (kukis dengan penambahan telur). Hal ini disebabkan karena kadar lemak telur lebih tinggi dibandingkan kadar lemak ISP, dimana kadar lemak telur 10,3% (Bhagwat and Haytowitz 2015), sedangkan ISP sebesar 3,39% (Heydorn et al. 2024). Selain itu, dapat dilihat pula penambahan ISP dengan konsentrasi yang lebih tinggi cenderung makin menurunkan kadar lemak kukis. Hal ini disebabkan karena protein dalam ISP memiliki gugus hidrofilik (menyerap air) dan gugus hidrofobik seperti gugus alifatik yang mampu mengikat lemak (Utama and Anjani 2016). Hal ini membuat lemak terperangkap dalam jaringan protein, sehingga ketersediaan lemak bebas berkurang. Hasil tersebut cukup sesuai dengan penelitian Lee and Brennand (2005), yang menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi ISP yang lebih tinggi semakin menurunkan kadar lemak pada kue goreng.

Kadar Karbohidrat

Karbohidrat adalah zat gizi yang berperan sebagai sumber utama energi bagi tubuh (Ndumuye et al. 2022). Semua karbohidrat tersusun dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) (Siregar 2014). Kadar karbohidrat kukis ISP dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil analisis yang terdapat pada Gambar 6, kadar karbohidrat kukis ISP mengalami peningkatan pada konsentrasi 3% dan mengalami penurunan pada konsentrasi 6% hingga 12%. Pergantian telur dengan ISP kemungkinan mempengaruhi interaksi bahan, sehingga kukis dengan penambahan ISP memiliki

kadar karbohidrat yang lebih tinggi dalam perhitungan *by difference* karena ISP cenderung lebih rendah kandungan lemak, air, dan komponen lain dibandingkan telur (kontrol). Hal ini sejalan dengan penelitian Riskiani et al. (2014), yang menyatakan bahwa semakin rendah kandungan nutrisi lain seperti air, abu, lemak, dan protein, maka kadar karbohidrat akan semakin meningkat. Penurunan kadar karbohidrat kukis seiring meningkatnya konsentrasi isolat protein kedelai (ISP) disebabkan oleh efek substitusi dan metode perhitungan karbohidrat secara by difference. Penambahan ISP yang memiliki kandungan protein tinggi secara langsung meningkatkan fraksi protein dalam produk, sehingga proporsi komponen lain, termasuk karbohidrat, menjadi lebih rendah dalam perhitungan. Semakin tinggi konsentrasi ISP yang digunakan, semakin besar kontribusi protein terhadap komposisi total, yang menyebabkan nilai karbohidrat terhitung menurun. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Mohsen et al. (2009) dan peningkatan penambahan ISP pada kukis menyebabkan penurunan kadar karbohidrat akibat meningkatnya fraksi protein dan abu (Adeyeye et al. 2017).



Gambar 6 Grafik Kadar Karbohidrat Kukis dengan Variasi Penambahan ISP

Selain efek substitusi, keberadaan ISP juga memengaruhi interaksi komponen dalam matriks adonan. Protein ISP dapat berinteraksi dengan pati melalui ikatan hidrogen dan pembentukan jaringan protein, sehingga sebagian pati terperangkap dalam struktur protein dan berkontribusi pada perubahan distribusi komponen nutrisi. Hal ini turut memperkuat penurunan kadar karbohidrat terhitung pada konsentrasi ISP yang lebih tinggi. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2973-2022) tentang biskuit, tidak ditetapkan batas minimal maupun maksimal kadar karbohidrat, sehingga kadar karbohidrat kukis ISP yang dihasilkan masih berada dalam kisaran yang dapat diterima secara mutu dan komposisi gizi.

KESIMPULAN

Isolat protein kedelai (ISP) berpotensi digunakan sebagai pengganti telur dalam pembuatan kukis, khususnya dalam perannya sebagai emulsifier dan pembentuk struktur adonan. Penggunaan ISP mampu mempertahankan kestabilan struktur internal kukis serta membentuk tekstur yang lebih kompak melalui mekanisme pengikatan air dan pembentukan jaringan protein selama pemanggangan. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi fungsional telur dalam sistem kukis dapat digantikan oleh ISP tanpa menurunkan mutu dasar produk.

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan implikasi bahwa ISP dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku pada pengembangan kukis egg-free yang lebih sesuai bagi konsumen dengan kebutuhan diet rendah kolesterol, alergi telur, maupun pola makan berbasis nabati. Selain itu, pemanfaatan ISP juga membuka peluang formulasi kukis tinggi protein dengan karakteristik fisik yang masih dapat diterima, sehingga berpotensi diaplikasikan pada skala industri pangan sebagai produk inovatif dengan nilai tambah gizi dan fungsional.

DAFTAR PUSTAKA

Adeyeye, S. A. O., A. O. Adebayo-Oyetoro, and S. A. Omoniyi. 2017. Quality and sensory properties of maize flour cookies enriched with soy protein isolate. Cogent Food and Agriculture 3(1):1–11. https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1278827

Afni, S. E., D. Fardiaz, and N. Andarwulan. 2023. Karakteristik kimia, fisik dan sensori instant mashed sweet potato. Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan (The Journal of Food Technology and Health) 5(1):33–41. https://doi.org/10.36441/jtepakes.v5i1.1825

Alifianita, N., and A. Sofyan. 2022. Kadar air, kadar protein, dan kadar serat pangan pada cookies dengan substitusi tepung ubi jalar ungu dan tepung rebung. Jurnal Pangan dan Gizi 12(2):37–45.

Anugrahati, N. A., and L. F. Wijaya. 2023. Effect of substitution sago flour with tempeh flour

and emulsifier types on characteristic of bangkit cookies. AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian 12(1):11–22. https://doi.org/10.30598/jagritekno.2023.12.1.11

AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC INTERNATIONAL. AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, Maryland, USA.

Ario, J., E. Julianti, and E. Yusraini. 2015. Karakteristik egg replacer dari isolat protein kedelai, isolat protein susu, pati jagung, pati kentang, guar gum dan xanthan gum. Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian 3(4):424–433.

Bhagwat, S., and D. B. Haytowitz. 2015. USDA database for the isoflavone content of selected foods. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Beltsville, Maryland, USA.Candrawati, K., and N. Hidayati. 2019. Penurunan kadar kolesterol pada kuning telur asin dengan perendaman seduhan serbuk dan ekstrak daun salam (Syzygium polyanthum) dengan variasi lama perendaman. Biomedika 12(1):54–61. https://doi.org/10.31001/biomedika.v12i1.418

Dwi, W. K., and A. Wulandari. 2022. Analisa proksimat cookies dengan substitusi tepung lokal. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian 16(1):96–103. https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i1.12562

Handelman, G. J., Z. D. Nightingale, A. H. Lichtenstein, E. J. Schaefer, and J. B. Blumberg. 1999. Lutein and zeaxanthin concentrations in plasma after dietary supplementation with egg yolk. American Journal of Clinical Nutrition 70(2):247–251. https://doi.org/10.1093/ajcn.70.2.247

Heydorn, K., E. Wambogo, J. H. Spungen, A. G. Ershow, J. J. Gahche, C. Haggans, J. Merkel, K. Y. Patterson, P. R. Pehrsson, T. Councell, D. Hoffman-Pennesi, E. Nyambok, S. Winfield, C. Martinez-Lopez, and T. Todorov. 2024. USDA, FDA, and ODS-NIH database for the iodine content of common foods release 4.0. U.S. Department of Agriculture, Beltsville, Maryland, USA.

Inasa, N. H., F. D. Rosanti, R. Z. Kamil, and A. Hintono. 2024. Pengaruh egg replacer terhadap karakteristik egg-free mayonnaise probiotik. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian 18(4):900–912. https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i4.19117

Kementan. 2022. Statistik konsumsi pangan tahun 2022. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia.

Lam, R. S. H., and M. T. Nickerson. 2013. Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure-function approach. Food Chemistry 141(2):975–984. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.038

Lasaji, H., J. R. Assa, and M. I. R. Taroreh. 2023. Kandungan protein, kekerasan dan daya terima cookies tepung komposit sagu baruk (Arenga microcarpa) dan kacang hijau (Vigna radiata). Jurnal Teknologi Pertanian (Agricultural Technology Journal) 14(1):57–71. https://doi.org/10.35791/jteta.v14i1.51040

Lee, K. A., and C. P. Brennand. 2005. Physico-chemical, textural and sensory properties of a fried cookie system containing soy protein isolate. International Journal of Food Science and Technology 40(5):501–508. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00948.x

Mohsen, S. M., H. H. M. Fadel, M. A. Bekhit, A. E. Edris, and M. Y. S. Ahmed. 2009. Effect of substitution of soy protein isolate on aroma volatiles, chemical composition and sensory quality of wheat cookies. International Journal of Food Science and Technology 44(9):1705–1712. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01978.x

Ndumuye, E., T. M. Langi, and M. I. R. Taroreh. 2022. Chemical characteristics of muate flour (Pteridophyta filicinae) as traditional food for the community of Kimaam Island. Jurnal Agroekoteknologi Terapan 3(2):261–268. https://doi.org/10.35791/jat.v3i2.44440

Novrini, S., K. Tata, and P. Dalimunthe. 2021. The percentage of breadfruit flour and sugar on the quality of cookies. AGRILAND 9(3):239–245. https://doi.org/10.30743/agr.v9i3.5043

Park, H. R., G. H. Kim, Y. Na, J. E. Oh, and M. S. Cho. 2021. Physicochemical and sensory properties of protein-fortified cookies according to the ratio of isolated soy protein to whey protein. Food Science and Biotechnology 30(5):653–661. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00909-9

Ramanda, M. R., A. F. Prameswari, and M. N. Ulfa. 2024. Effect of variations of roasting temperature on the physicochemical properties of Robusta coffee (Coffea canephora L.). Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering) 13(2):405–417. https://doi.org/10.23960/jtep-l.v13i2.405-417

Ramanda, M. R., A. T. Putri, and A. Wahyuningtyas. 2023. Efek olahan cabai merah keriting (Capsicum annum L.) terhadap nilai pH, sukrosa, viskositas dan organoleptik kecap manis nira kelapa. AGRITEPA: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian 10(1):53–66.

Ramanda, M. R., N. O. Saputri, and A. Wahyuningtyas. 2024. Pengaruh kaldu jamur terhadap nilai pH, protein dan organoleptik kecap manis nira kelapa. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian 18(1):9–17. https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i1.16765

Ramanda, M. R., F. R. Amran, and S. Nasution. 2025. Pengaruh konsentrasi enzim alfa-amilase dan glukoamilase terhadap kadar gula cair ubi bengkuang. Jurnal Sains dan Teknologi Pangan 10(4):8743–8756.

Riskiani, D., D. Ishartani, and D. Rachmawanti. 2014. Pemanfaatan tepung umbi ganyong (Canna edulis Ker.) sebagai pengganti tepung terigu dalam pembuatan biskuit tinggi energi protein dengan penambahan tepung kacang merah (Phaseolus vulgaris L.). Jurnal Teknosains Pangan 3(1):96–106.

Rosania, S. P., S. Sukardi, and S. Winarsih. 2023. Pengaruh proporsi penambahan pati ganyong (Canna edulis Ker.) terhadap sifat fisiko kimia serta tingkat kesukaan cookies. Food Technology and Halal Science Journal 5(2):186–205. https://doi.org/10.22219/fths.v5i2.21937

Safitri, N. K. E. 2022. Pemanfaatan base genep dalam pembuatan cookies. Jurnal Kuliner 2(2):59–64. https://doi.org/10.23887/jk.v2i2.40832

Sarifudin, A., R. Ekafitri, N. Diki, S. Surahman, D. Khudaifanny, A. Febrianti, and B. Putri. 2015. Pengaruh penambahan telur pada kandungan proksimat, karakteristik aktivitas air bebas (Aw) dan tekstural snack bar berbasis pisang (Musa paradisiaca). Agritech 35(1):1–8.

Siregar, N. S. 2014. Karbohidrat. Jurnal Ilmu Keolahragaan 13(2):38–44.

Soni, N., A. S. Kulkarni, and L. Patel. 2018. Studies on development of high protein cookies. International Journal of Chemical Studies 6(6):439–444.

Suarni. 2009. Prospek pemanfaatan tepung jagung untuk kue kering (cookies). Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 28(2):63–71.

Suseno, R., N. S. Palupi, and E. Prangdimurti. 2017. Alergenisitas sistem glikasi isolat protein kedelai-fruktooligosakarida (Allergenicity properties of soy protein isolate-fructooligosaccaride glycation systems). Agritech 36(4):450–457. https://doi.org/10.22146/agritech.16770

Utama, A. N., and G. Anjani. 2016. Substitusi isolat protein kedelai pada daging analog kacang merah (Phaseolus vulgaris L.). Journal of Nutrition College 5(4):402–411. https://doi.org/10.14710/jnc.v5i4.16451

Widiantara, T. 2018. Kajian perbandingan tepung kacang koro pedang (Canavalia ensiformis) dengan tepung tapioka dan konsentrasi kuning telur terhadap karakteristik cookies koro. Pasundan Food Technology Journal 5(2):146–154. https://doi.org/10.23969/pftj.v5i2.1045

Wulandari, Z., and I. I. Arief. 2022. Review: Tepung telur ayam: nilai gizi, sifat fungsional dan manfaat. Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan 10(2):62–68. https://doi.org/10.29244/jipthp.10.2.62-68

Yanti. 2023. Kajian karakteristik organoleptik dan nilai gizi biskuit tinggi protein berbasis tepung kedelai (Glycine max L. Merill) dan tepung umbi talas (Colocasia esculenta L. Schott). Jurnal Riset Pangan 1(1):108–124.