

ANALYSIS OF THE EFFECT OF SOYBEAN SOAKING TIME ON PROTEIN CONTENT IN TOFU USING LOWRY METHOD

Wulan Aprilia Dwi Riyanti¹, Dedi Hanwar² 

¹ Faculty of Pharmacy, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

² Department of Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 dh278@ums.ac.id

Abstract

Soybeans are a food commodity that produces high levels of vegetable protein and are used as a raw material for processed products, including tofu. Tofu is a processed food made from soybeans that is generally familiar to the public. The protein content of tofu is an important indicator of its quality. Soaking duration significantly influences protein content, but over-soaking can actually degrade protein quality. This study was conducted to analyze the effect of soybean soaking time on the protein content of tofu using Lowry method. The research was conducted experimentally with variations in soybean soaking time for 1, 2, 4, 6, and 8 hours. Protein content determination was performed using the Lowry method with the aid of a UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the protein content of the samples was highest in tofu with a soaking time of 4 hours (3.67%). There was a significant difference between the soybean soaking time and the protein content of the resulting tofu.

Keywords: soybeans, tofu, protein level, Lowry method

ANALISIS PENGARUH WAKTU PERENDAMAN KEDELAI TERHADAP KANDUNGAN PROTEIN PADA TAHU DENGAN METODE LOWRY

Abstrak

Kedelai merupakan komoditas pangan yang mengandung banyak protein nabati dan berfungsi sebagai bahan baku untuk berbagai produk olahan salah satunya yaitu tahu. Tahu menjadi olahan pangan berasal dari kedelai yang sudah akrab dengan masyarakat pada umumnya. Kadar protein dalam tahu menjadi indikator penting dalam menilai kualitasnya. Durasi perendaman memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kandungan protein, tetapi pada titik tertentu, perendaman yang terlalu lama justru dapat menurunkan kualitas protein. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh waktu perendaman kedelai terhadap kadar protein tahu menggunakan metode Lowry. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan variasi waktu perendaman kedelai selama 1, 2, 4, 6, dan 8 jam. Penetapan kadar protein dilakukan menggunakan metode Lowry dengan bantuan spektrofotometer UV-Vis. Hasil kadar protein pada sampel menunjukkan kandungan protein tertinggi adalah tahu dengan waktu perendaman 4 jam (3,67%). Terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu perendaman kedelai terhadap kandungan protein pada tahu yang dihasilkan.

Kata kunci: kedelai, tahu, kadar protein, metode Lowry

1. Pendahuluan

Kedelai merupakan komoditas pangan yang mengandung banyak protein nabati dan berfungsi sebagai bahan baku untuk berbagai produk olahan salah satunya yaitu tahu. Tahu menjadi olahan pangan berasal dari kedelai yang sudah akrab dengan masyarakat pada umumnya. Tahu disukai masyarakat karena rasa yang enak, bergizi dan memiliki harga yang sangat terjangkau. Komponen utama dalam tahu meliputi air sebesar 88%, protein 6%, lemak 3,5% dan abu 0,6% [1].

Kandungan protein dalam tahu menjadi salah satu alasan utama produk ini dikonsumsi, terutama sebagai sumber protein nabati. Protein merupakan nutrisi yang sangat penting untuk proses tumbuh kembang tubuh, terutama selama masa anak-anak. Fungsi protein dalam pertumbuhan anak, diantaranya pembentukan dan regenerasi sel, pengembangan otot dan tulang, serta meningkatkan imunitas anak. Tidak hanya pada tahap tumbuh kembang, kebutuhan protein juga tetap penting bagi individu lanjut usia. Asupan protein yang cukup diperlukan untuk menjaga fungsi metabolisme tubuh tetap optimal dan mendukung perbaikan sel serta jaringan secara berkelanjutan [2]

Kadar protein dalam tahu menjadi indikator penting dalam menilai kualitasnya. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas tentang kadar protein dalam tahu serta pengaruh proses pembuatannya. Penelitian yang dilakukan oleh [3], diperoleh hasil kadar protein pada sampel tahu putih yang dijual di pasar tradisional memiliki variasi yang tidak terlalu besar dan memiliki kadar protein yang tinggi. Sementara itu, [4] meneliti pengaruh lama perendaman kedelai terhadap kadar protein tahu yang diukur menggunakan metode Kjeldahl. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar protein meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman, namun mengalami penurunan pada perendaman selama 7 jam. Penelitian yang dilakukan [5] menyarankan perendaman kacang kedelai selama 4 jam dengan penggunaan batu tahu sebagai zat penggumpal untuk memperoleh hasil tahu yang baik. Penelitian yang dilakukan oleh [6] menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman kacang kedelai, maka semakin menurun kadar protein pada tahu yang dihasilkan. Hal ini menandakan bahwa durasi perendaman memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kandungan protein, tetapi pada titik tertentu, perendaman yang terlalu lama justru dapat menurunkan kualitas protein. Penelitian lebih lanjut dengan metode pengukuran yang berbeda, seperti metode Lowry yang memiliki sensitivitas lebih tinggi, diperlukan untuk mengetahui secara lebih akurat pengaruh waktu perendaman terhadap kadar protein.

Pengukuran kadar protein dapat dilakukan melalui beberapa metode seperti, metode Kjeldahl, metode Biuret, metode Lowry dan metode penentuan asam amino [7]. Penelitian-penelitian sebelumnya melakukan penetapan kadar protein pada tahu dengan metode Kjeldahl dan Biuret. Meskipun kedua metode tersebut umum digunakan, metode Lowry menawarkan kelebihan berupa sensitivitas yang lebih tinggi dalam mendeteksi kandungan protein meskipun memerlukan waktu yang lebih lama. Metode Lowry merupakan metode penentuan kadar protein yang melibatkan pembentukan tembaga dan protein kompleks dalam larutan basa. Proses tersebut memicu reduksi reagen fosfomolibdat dan fosfotungstat yang menghasilkan warna biru intens [8].

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh waktu perendaman kedelai terhadap kadar protein tahu menggunakan metode Lowry. Pemilihan metode ini diharapkan dapat memberikan hasil pengukuran kadar protein yang lebih sensitif dan akurat dibandingkan metode sebelumnya. Selain itu, waktu perendaman kedelai merupakan salah satu faktor penting dalam proses pembuatan tahu yang dapat mempengaruhi pelepasan protein dari sel kedelai ke dalam sari kedelai, sehingga penting untuk diteliti lebih lanjut.

2. Literatur Review

2.1. Kedelai

Kedelai merupakan sumber protein nabati berkualitas tinggi, mengandung sedikit lemak jenuh, serta kaya akan serat pangan dan isoflavone yang memberikan manfaat kesehatan. Hal ini menunjukkan bahwa kedelai memiliki nilai gizi yang bermanfaat untuk meningkatkan status gizi masyarakat. Kandungan protein pada kedelai lebih tinggi dibandingkan dengan beras, jagung dan terigu. Kedelai juga kaya akan asam amino esensial, sehingga bermanfaat bagi kesehatan seperti menurunkan kolesterol, pencegahan penyakit jantung dan kanker [9]. Kacang kedelai memiliki kandungan protein, lemak, flavour, warna hilum, warna kulit biji, warna kotiledon, ukuran biji, dan sifat fisik ekstrak air dari kedelai. Karakteristik fisik kacang kedelai dapat bervariasi tergantung pada lokasi tumbuhnya, karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan, jenis varietas, dan teknik budidaya yang digunakan. Kacang kedelai asal Amerika Serikat umumnya memiliki biji yang hamoir bulat dengan warna kuning yang seragam. Sedangkan, kacang kedelai dari Indonesia cenderung berbentuk memanjang, berukuran lebih kecil dibandingkan varietas lainnya, dan memiliki warna yang bervariasi, seperti kuning dan hijau [1]. Kedelai unggulan dengan ukuran dan bentuk yang seragam umumnya digunakan untuk produksi tahu dan susu kedelai. Kedelai yang cocok untuk membuat tahu biasanya memiliki nilai NSI atau PDI yang tinggi, yang menunjukkan kualitas protein yang baik. Kedelai ini mampu menyerap air dengan baik, memiliki kadar kalsium yang rendah dan Tingkat perkecambahan yang tinggi. Semakin tinggi protein pada kedelai, maka tahu semakin banyak tahu yang dihasilkan dan memiliki tekstur yang lebih padat [1].

2.2. Proses perendaman kedelai

Perendaman kedelai merupakan proses awal dari pembuatan tahu. Tujuan dari perendaman yaitu untuk melunakkan struktur selulernya sehingga mempermudah dan mempercepat penggilingan [10]. Perendaman kedelai berfungsi meningkatkan kandungan air dalam biji kedelai, sehingga dapat melindungi protein dari kerusakan selama proses produksi [11]. Perendaman biasanya berlangsung selama 6 sampai 8 jam, hingga kedelai mengembang karena telah menyerap air [12]. Proses perendaman adalah proses difusi, di mana air masuk ke dalam sel melalui dinding sel akibat dari perbedaan konsentrasi. Semakin lama kedelai direndam, semakin banyak air yang masuk ke dalam sel kotiledon. Hal ini menyebabkan sel mengembang karena tekanan dari dalam meningkat. Akibatnya, semakin lama perendaman, semakin luas permukaan dinding sel kotiledon yang terbuka dan terkena gesekan saat proses penggilingan [13]. Lama perendaman kedelai dapat mempengaruhi kadar air dan protein pada tahu yang dihasilkan. Perendaman kedelai juga dapat mempengaruhi kualitas tahu jika dipandang dari kondisi fisik dan keawetan tahu dengan melihat nilai tekstur dari tahu [4]. Lama perendaman dapat mempengaruhi tingkat keasaman (pH). Semakin lama kedelai direndam, maka tingkat keasamannya cenderung meningkat, yang ditunjukkan dengan turunnya nilai pH. Penurunan pH selama perendaman disebabkan terjadinya fermentasi secara alami oleh aktivitas bakteri yang berlangsung selama proses perendaman. Fermentasi yang terjadi dicirikan oleh munculnya bau asam dan buih pada air rendaman akibat pertumbuhan bakteri [14].

2.3. Tahu sebagai olahan kedelai

Tahu merupakan salah satu jenis makanan yang dibuat dari kedelai dengan cara memekatkan protein kedelai. Protein yang telah dipisahkan kemudian dibentuk menjadi

tahu melalui proses pengendapan pada titik isoelektrik, yaitu kondisi di mana protein tidak bermuatan dan mudah mengendap. Proses ini bisa dilakukan dengan atau tanpa tambahan bahan lain yang diizinkan, seperti cuka (CH_3COOH) yang berfungsi sebagai zat penggumpal (koagulan) [15]. Proses pembuatan tahu dimulai dari pemilihan kacang kedelai yang bagus, perendaman kacang kedelai, penggilingan, penyaringan untuk memisahkan ampas (okara) dari sari kedelai, perebusan, pemadatan atau pembentukan tahu. Kualitas tahu dipengaruhi beberapa faktor, seperti kualitas kedelai, proses penggilingan dan pencucian, jenis dan zat penggumpal yang digunakan, serta teknik pemadatan dan pembentukan tahu [16]. Kualitas tahu yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis kedelai yang dipilih, karena kandungan dan unsur gizi yang berbeda terutama pada kandungan protein [17]. Proses koagulasi pada sari kedelai sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti jenis kedelai, suhu, volume kadar, protein, tingkat keasaman (pH), jenis serta jumlah koagulan dan durasi proses koagulasi. Semua faktor tersebut berperan dalam membentuk tekstur endapan tahu (curd) yang akan mempengaruhi kekerasan produk akhir. Tingkat kekerasan tahu dapat bervariasi dari lunak hingga keras, dengan kadar air berkisar antara 70-90% dan kandungan protein antara 5-16%. Perbedaan ini ditentukan oleh tipe dan jumlah koagulan yang digunakan, intensitas pengadukan saat koagulasi, serta tekanan yang diberikan selama proses pembentukan tahu [18]. Tahu dapat diolah menjadi berbagai hidangan lezat dan bergizi yang pembuatannya pun tidak susah. Keanekaragaman olahan dari tahu ini dapat memenuhi kebutuhan gizi masyarakat serta menjadi peluang dari pelaku usaha [16]. Tahu juga dapat menjadi alternatif bahan baku untuk membuat mayonnaise. Mayonnaise yang dihasilkan dari bahan baku tahu memiliki tampilan yang menarik, rasa sangat enak, tekstur sangat lembut dan aroma sangat harum [19].

2.4. Kandungan Protein Dalam Tahu

Tahu adalah salah satu sumber protein nabati terbaik dengan kandung gizi lengkap. Beberapa kandungan dalam tahu yang diperlukan oleh tubuh diantaranya vitamin, lemak, protein, karbohidrat, mineral seperti besi dan seng. Protein adalah sumber asam amino yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O) dan nitrogen (N) yang tidak memiliki lemak dan karbohidrat. Selain berperan dalam pembentukan dan pengaturan fungsi tubuh, protein juga membantu meningkatkan massa otot [18]. Adanya unsur nitrogen merupakan ciri khas dari senyawa protein, karena unsur ini tidak terdapat dalam senyawa lemak dan karbohidrat sederhana. Oleh karena itu, kandungan protein dalam suatu bahan dapat diukur dengan menentukan jumlah nitrogen yang ada di dalamnya [20]. Protein mengandung asam amino aromatik yang berperan penting dalam pembentukan tulang dan peak bone mass. Beberapa jenis asam amino tersebut meliputi tirosin, triptofan dan fenilalanin. Protein sangat penting bagi tubuh karena membantu pembentukan asam amino yang diproduksi secara alami, serta berperan dalam membentuk zat gizi yang menjadi komponen penyusun tubuh [21]. Protein adalah komponen penting yang dibutuhkan untuk membentuk dan memperbaiki jaringan seperti otot, kulit dan organ. Selain itu, protein berperan dalam pembentukan enzim dan hormon yang mengatur berbagai fungsi tubuh. Kekurangan protein dapat menyebabkan berkurangnya massa otot, menurunnya sistem kekebalan tubuh, serta memicu berbagai masalah kesehatan lainnya [20].

2.5. Metode Lowry

Metode Lowry merupakan salah satu teknik kimia analitik yang paling umum digunakan untuk mengukur kadar protein dalam suatu sampel. Prinsip dasar metode ini adalah reaksi antara protein dan reagen Lowry yang menghasilkan warna biru, di mana intensitas warna tersebut sebanding dengan konsentrasi protein dalam sampel [22]. Metode Lowry adalah teknik pengukuran protein yang memiliki sensitivitas 100 kali lebih tinggi

dibandingkan metode Biuret. Hal ini disebabkan karena selain melibatkan reaksi antara ion Cu^{2+} dengan ikatan peptide, metode ini juga mencakup proses reduksi asam fosfomolibdat dan fosfotungstat oleh residu asam amino tirosin dan triptofan yang terdapat dalam protein. Reaksi antara ion Cu^{2+} dengan ikatan peptide, serta proses reduksi asam fosfomolibdat dan fosfotungstat oleh asam amino tirosin dan triptofan dalam protein, akan menghasilkan warna biru. Warna ini terutama berasal dari hasil reduksi kedua asam tersebut, sehingga intensitas warna biru sangat dipengaruhi oleh jumlah tirosin dan triptofan yang terkandung dalam protein [7]. Salah satu kelebihan metode Lowry adalah tingkat sensitivitasnya yang lebih tinggi dibandingkan metode Biuret, sehingga hanya membutuhkan sedikit sampel protein untuk analisis [23]. Metode menggunakan standar kalibrasi, namun hal ini dapat menimbulkan kesalahan jika jenis atau komposisi protein dalam sampel berbeda dengan standar yang digunakan. Selain itu, kelemahan lainnya adalah kemungkinan penurunan kadar protein yang terdeteksi, karena reaksi antara protein dalam sampel dan pereaksi pewarna dapat menyebabkan kerusakan pada struktur protein, terutama dalam bahan pangan [8].

3. Metode

3.1. Alat

Alat yang digunakan yaitu spektrofotometri UV-Vis (Shimadzu UV1280), kuvet (Hellme), ultrasonic (Branson), neraca analitik (Ohaus), makropipet (0,5-5 mL), mikropipet (100-1000 μL ; 20-200 μL) (Soccorex), alat-alat gelas (Pyrex), seperti gelas beaker (50 mL, 100 mL, 250 mL), labu takar (5 mL, 10 mL, 100 mL), corong kaca, Erlenmeyer (50 mL), pipet tetes, cetakan tahu, kompor, panci, kain mori, serbet, chopper, alat pengepres tahu.

3.2. Bahan

Kacang kedelai lokal varietas Grobogan, Bovine Serum Albumin pro analysis, reagen Folin-Ciocalteu, Na_2CO_3 pro analysis, NaOH pro analysis, CuSO_4 pro analysis, KNa Tartrat pro analysis, aquadest.

3.3. Pembuatan Tahu

Kedelai ditimbang 200 gram untuk masing-masing percobaan perendaman (1, 2, 4, 6, dan 8 jam). Mencuci biji kacang kedelai sampai bersih selanjutnya ditiriskan dan direndam biji kedelai menggunakan air bersih dengan waktu yang berbeda (1, 2, 4, 6, dan 8 jam). Setelah perendaman biji kedelai dilakukan penggilingan menggunakan chopper dengan menambahkan sedikit air hingga halus. Dididihkan bubur kedelai dengan cara 2 kali pendidihan. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk mengambil sari kedelai dengan cara diletakkan di atas kain mori kasar. Ditambahkan ke dalam sari kedelai dengan campuran asam cuka dan air panas pada perbandingan 1:10 lalu didiamkan hingga gumpalan protein mengendap di dasar wadah. Selanjutnya dilakukan pemisahan antara gumpalan protein dengan air asam atau cuka. Gumpalan protein yang didapatkan diletakkan pada alat pencetak tahu kemudian mengepres hingga air yang menetes tidak ada lagi. Produk tahu yang dihasilkan berbentuk persegi dengan ukuran 10 cm x 10 cm.

3.4. Uji organoleptic

Uji organoleptik dilakukan untuk memberikan penilaian objektif terhadap ciri-ciri organoleptik tahu. Uji organoleptik dilakukan dengan mendeskripsikan karakteristik sensori tahu yang meliputi, warna, aroma, tekstur dan rasa.

3.5. Pembuatan larutan BSA 0,1%

Ditimbang serbuk Bovine Serum Albumin sebanyak 25 mg dan dimasukkan ke dalam labu takar 25 mL, kemudian dilarutkan dengan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan.

3.6. Pembuatan reagen Lowry A

Dicampur 0,2 gram KNa Tartrat dengan 10 gram Na_2CO_3 ke dalam labu takar 100 mL, ditambahkan 50 mL NaOH 1 N dan dilarutkan dengan aquades hingga 100 mL

3.7. Pembuatan reagen Lowry B

Dicampur 0,2 gram KNa Tartrat, 0,1 gram CuSO_4 dan 10 mL NaOH 1 N kemudian dilarutkan dengan aquades hingga 100 mL.

3.8. Pembuatan reagen Lowry C

Dilarutkan 6,0 mL Folin-Ciocalteu dengan aquades hingga 100 mL.

3.9. Penentuan panjang gelombang dan operating time

Diambil larutan standar BSA 0,1% sebanyak 500 μL , ditambahkan 0,9 mL reagen Lowry A dan 0,1 mL reagen Lowry B kemudian diinkubasi di suhu ruang selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 3 mL reagen Lowry C dan ditambahkan aquades hingga 5 mL. Untuk menentukan λ max, larutan diukur absorbansinya setelah stabil pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Sedangkan untuk operating time (OT) larutan diukur absorbansinya pada λ max yang diperoleh tiap 1 menit hingga absorbansi yang diperoleh stabil.

3.10. Pembuatan kurva baku

Pembuatan kurva standar BSA dilakukan menggunakan larutan standar BSA 0,1% dengan konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, 60 ppm, 70 ppm, 80 ppm dan 90 ppm. Diambil 500 μL pada tiap konsentrasi dan ditambahkan 0,9 mL reagen Lowry A dan 0,1 mL reagen Lowry B kemudian diinkubasi di suhu ruang selama 5 menit. Selanjutnya ditambahkan 3 mL reagen Lowry C dan ditambahkan aquades hingga 5 mL. Larutan diukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum. Larutan blanko adalah campuran aquades, reagen Lowry A, Lowry B dan Lowry C yang dibuat dalam volume 5 mL.

3.11. Batas deteksi (LOD) dan batas kuantifikasi (LOQ)

Penentuan nilai LOD (konsentrasi analit terendah yang dapat dibedakan dari latar belakang pengujian) dan LOQ (konsentrasi analit terkecil dalam sampel yang dapat memenuhi kriteria presisi dan akurasi) dapat menggunakan rumus $\text{LOD} = 3\text{SD}/b$ dan $\text{LOQ} = 10\text{SD}/b$. SD merupakan standar deviasi residual dan b merupakan kemiringan (slope), dimana keduanya merupakan komponen dari persamaan regresi linear.

3.12. Preparasi sampel

Ditimbang 1 gram tahu pada masing-masing variasi waktu perendaman dan ditimbang 1 gram kacang kedelai yang sudah dihaluskan, dilarutkan dalam 10,0 mL aquadest dan dimasukkan dalam ultrasonic selama 10 menit. Kemudian dimasukkan dalam incubator air selama 5 menit pada suhu 50°C. Sampel tahu yang sudah dipreparasi, diambil 1 mL dan diencerkan dengan aquadest hingga 5 mL. Sedangkan, sampel kacang kedelai diambil 0,5 mL dan diencerkan dengan aquadest hingga 5 mL. Kemudian diambil 0,5 mL dan ditambahkan 0,9 mL reagen Lowry A dan 0,1 mL reagen Lowry B dan diinkubasi 5 menit pada suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan 3,0 mL reagen Lowry C dan diinkubasi kembali selama 30 menit. Sampel dibaca serapannya dengan spektrofotometer Vis pada panjang gelombang maksimum [24].

3.13. Penentuan parameter akurasi

Pengujian akurasi dilakukan dengan metode penambahan standar BSA dengan variasi konsentrasi penambahan meliputi tanpa penambahan zat aktif, serta penambahan zat aktif sebesar 80%, 100% dan 120%. Ditimbang 1 gram sampel untuk masing-masing kelompok penambahan dan dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL. Sebanyak 80 µL larutan sampel diencerkan hingga volume akhir 5 mL. Sebelum dilarutkan, ditambahkan dengan larutan standar BSA sesuai dengan yang dibutuhkan kemudian dilarutkan dengan aquadest. Selanjutnya dilakukan preparasi seperti pada penetapan kadar dan dibaca pada panjang gelombang 739,0 nm.

3.14. Penentuan parameter presisi

Pengujian presisi dilakukan dengan menambahkan 0,5 mL sampel dicampur dengan 0,9 mL reagen Lowry A dan 0,1 mL reagen Lowry B dan diinkubasi selama 5 menit pada suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan 3,0 mL reagen Lowry C dan diinkubasi kembali selama 30 menit. Sampel dibaca serapannya dengan spektrofotometer Vis pada panjang gelombang 739,0 nm. Prosedur ini direplikasi sebanyak 10 kali pada hari yang sama.

3.15. Penetapan kadar protein

Pengujian dilakukan pada tahu dengan 5 variasi waktu perendaman yaitu 1, 2, 4, 6, dan 8 jam, serta kacang kedelai tanpa perendaman. Setelah preparasi, sampel dianalisis menggunakan spektrofotometri Vis pada panjang gelombang maksimum untuk memperoleh nilai absorbansinya. Kadar protein ditentukan melalui kurva kalibrasi dengan BSA sebagai standar [24].

3.16. Analisis data

Hasil serapan dengan spektrofotometer Vis pada tiap-tiap variasi sampel ditetapkan kadarnya menggunakan kurva baku dengan BSA sebagai standar. Kadar yang diperoleh pada tiap-tiap variasi sampel dilanjutkan uji statistik dengan menggunakan uji ANOVA. Uji ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan signifikan pada kadar protein tahu akibat variasi waktu perendaman kedelai. Analisis data akan dibantu dengan software statistik yaitu SPSS (Statistical Package for Social Sciences) untuk mendapatkan hasil yang akurat dan efisien.

4. Hasil dan Pembahasan

Metode Lowry merupakan salah satu teknik kimia analitik yang paling umum digunakan untuk mengukur kadar protein dalam suatu sampel. Prinsip dasar metode ini adalah reaksi antara protein dan reagen Lowry yang menghasilkan warna biru, di mana intensitas warna tersebut sebanding dengan konsentrasi protein dalam sampel [22]. Reaksi Lowry dimulai dari sampel protein direaksikan dengan larutan CuSO_4 dalam suasana basa (NaOH) dan natrium kalium tartrat. Dalam suasana alkali, ion Cu^{2+} berinteraksi dengan ikatan peptida ($-\text{CO}-\text{NH}-$) dari protein membentuk kompleks tembaga-peptida yang berwarna biru muda. Setelah pembentukan kompleks Cu^{2+} -peptida ditambahkan reagen Follin-fenol yang mengandung asam fosfomolibdat ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$) dan asam fosfotungstat ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$). Kompleks tembaga-protein serta beberapa asam amino aromatik (tirosin, triptofan dan sistein) mereduksi molibdenum (Mo^{6+}) dan tungsten (W^{6+}) menjadi bentuk Mo^{5+} dan W^{5+} menghasilkan biru tua. Warna biru ini kemudian stabil setelah ± 30 menit inkubasi pada suhu ruang dan diukur absorbansinya [25].

4.1. Pembuatan tahu

Tahu pada penelitian ini diproduksi oleh peneliti untuk memastikan mutu sampel tetap terjaga selama proses pengujian. Bahan baku yang digunakan berupa kedelai lokal varietas Grobogan yang diperoleh melalui pembelian e-commerce. Kedelai dicuci sampai bersih kemudian ditiriskan dan direndam biji kedelai. Setelah perendaman biji kedelai dilakukan penggilingan menggunakan chopper dengan menambahkan sedikit air hingga halus. Dididihkan bubur kedelai dengan cara 2 kali pendidihan. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk mengambil sari kedelai dengan cara diletakkan di atas kain mori kasar. Ditambahkan ke dalam sari kedelai dengan campuran asam cuka dan air panas pada perbandingan 1:10 lalu didiamkan hingga gumpalan protein mengendap di dasar wadah. Selanjutnya dilakukan pemisahan antara gumpalan protein dengan air asam atau cuka. Gumpalan protein yang didapatkan diletakkan pada alat pencetak tahu kemudian mengepres hingga air yang menetes tidak ada lagi. Produk tahu yang dihasilkan berbentuk persegi dengan ukuran 10 cm x 10 cm.

4.2. Uji organoleptik

Uji organoleptik pada penelitian ini dilakukan dengan mendeskripsikan karakteristik sensori tahu yang meliputi, warna, aroma, tekstur dan rasa. Pada tahu dengan waktu perendaman kedelai 1, 2, 4 dan 6 jam memiliki hasil yang relatif sama yaitu warna putih bersih dan tekstur padat. Tahu yang dihasilkan memiliki aroma khas tahu dan tidak ada bau asing, serta memiliki rasa netral khas tahu, tidak pahit dan tidak asam. Sedangkan pada tahu dengan waktu perendaman kedelai 8 jam menunjukkan hasil yang berbeda yaitu tahu berwarna putih dengan bercak kuning, tekstur padat, aroma asam dan memiliki rasa yang asam. Hal ini menandakan adanya proses fermentasi atau degradasi komponen penyusun kedelai akibat perendaman yang terlalu lama. Durasi perendaman yang terlalu panjang menyebabkan air terserap lebih banyak dan protein berkurang, sehingga produk memiliki cita rasa yang kurang disenangi dan bau yang mengganggu [5]. Perendaman dengan durasi optimal mampu mempertahankan stabilitas warna, aroma segar, tekstur padat dan rasa netral khas tahu, sedangkan perendaman yang terlalu lama meningkatkan risiko penurunan kualitas organoleptik.

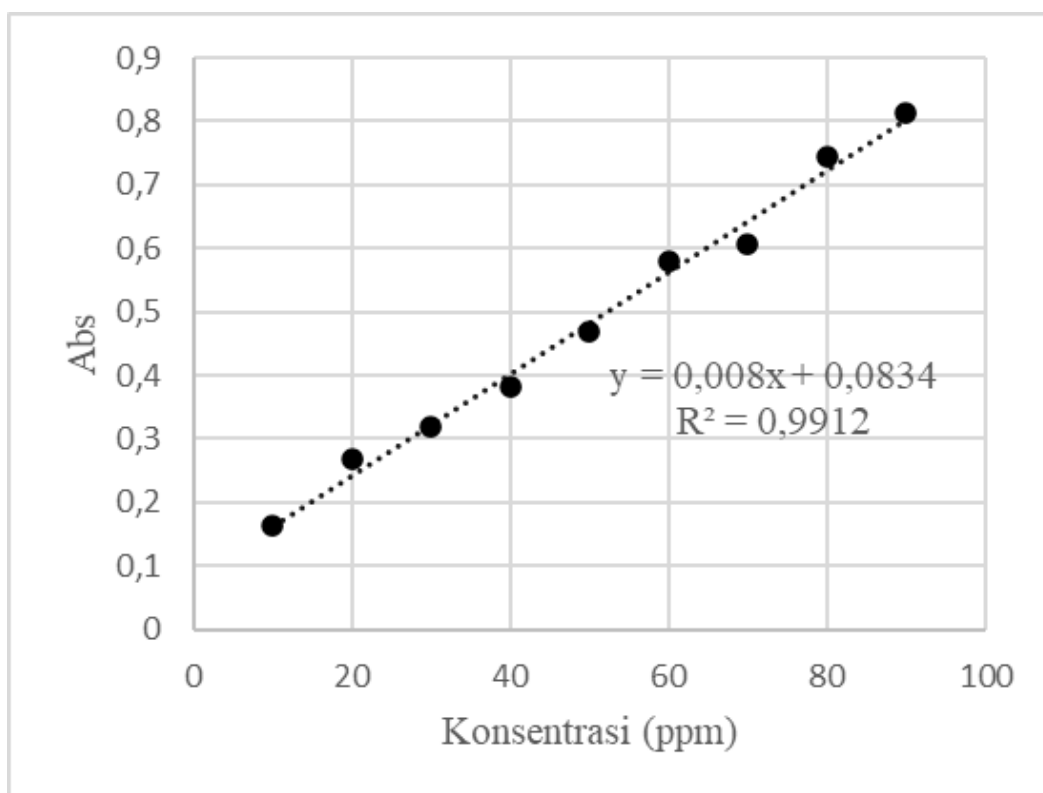
4.3. Penetapan Panjang gelombang maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang 400-800 nm dan batas serapan antara 0,1-2,0 A. Hasil pengujian pada menunjukkan nilai absorban 1,059 berada pada panjang gelombang 739,0 nm. Hasil ini berbeda dengan temuan pada penelitian sebelumnya, yang memperoleh panjang gelombang maksimum sebesar 732,0 nm dengan absorban 1,372 [26]. Penentuan panjang gelombang dengan serapan tertinggi dilakukan untuk memperoleh tingkat sensitivitas pengukuran yang optimal sehingga hasil analisis dapat lebih akurat dan representatif.

4.4. Pencarian operating time

Operating time pada penelitian ini ditetapkan yaitu selama 30 menit. Selama inkubasi tersebut terjadi penyusunan ulang dari kompleks biru awal yang tidak stabil menjadi kompleks biru yang stabil dengan nilai absorban lebih tinggi. Intensitas warna biru tersebut terus meningkat sepanjang proses inkubasi 30 menit pada suhu ruang [25]. Penentuan operating time sangat penting karena pengukuran yang dilakukan terlalu cepat dapat menghasilkan absorban yang lebih rendah dari nilai sebenarnya karena kompleks yang belum terbentuk sempurna. Jika inkubasi terlalu lama berpotensi warna dapat berubah akibat kompleks yang rusak atau karena reagen yang berubah, sehingga hasil absorbansi menjadi tidak akurat.

4.5. Penentuan kurva baku



Gambar 1. Kurva baku hubungan konsentrasi larutan standar BSA terhadap nilai absorbansi

Kurva baku diperoleh dengan menghubungkan konsentrasi larutan standar BSA (sumbu x) terhadap nilai absorbansi (sumbu y). Kurva kalibrasi yang dihasilkan menunjukkan adanya hubungan linier antara konsentrasi dan absorbansi, dengan koefisien

korelasi (R^2) sebesar 0,9912. Berdasarkan hasil pengujian 9 titik seri konsentrasi, diperoleh persamaan regresi linier yaitu $y = 0,008x + 0,0834$.

4.6. Batas deteksi (LOD) dan batas kuantifikasi (LOQ)

Tabel 1. Perhitungan LOD dan LOQ

n	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Yi	(Y-Yi) ²
1	90	0,813	0,8034	9,21x10 ⁻⁵
2	80	0,744	0,7234	4,24x10 ⁻⁴
3	70	0,607	0,6434	1,32x10 ⁻³
4	60	0,581	0,5634	3,09x10 ⁻⁴
5	50	0,469	0,4834	2,07x10 ⁻⁴
6	40	0,383	0,4034	4,16x10 ⁻⁴
7	30	0,318	0,3234	2,91x10 ⁻⁵
8	20	0,268	0,2434	6,05x10 ⁻⁴
9	10	0,165	0,1634	2,56x10 ⁻⁶
			Jumlah	3,41x10 ⁻³
SD			0,02207	
LOD			8,28 ppm	
LOQ			27,6 ppm	

Uji Limit of Detection (LOD) dan Limit of Quantification dilakukan secara statistik dengan memanfaatkan kurva standar BSA. Dari hasil analisis kurva tersebut diperoleh nilai simpangan baku yang selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan untuk menentukan nilai LOD dan LOQ. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel diperoleh nilai limit deteksi yaitu sebesar 8,28 ppm (0,000828%) yang menunjukkan bahwa konsentrasi terendah dari sampel yang masih dapat dideteksi oleh instrumen dan metode analisis. Sedangkan, limit kuantifikasi yang diperoleh sebesar 27,6 ppm (0,00276%) yang menunjukkan konsentrasi terendah dari analit yang dapat ditentukan dengan akurasi yang dapat diterima. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode Lowry yang digunakan memiliki sensitivitas yang baik karena mampu mendeteksi kadar protein pada rentang konsentrasi yang sangat rendah. Semakin kecil nilai LOD/LOQ, menunjukkan detektor dan metode yang digunakan semakin teliti, karena mampu mengukur jumlah analit hingga level trace [27]. Maka metode ini dapat digunakan untuk analisis kadar protein pada sampel tahu menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan konsentrasi yang disarankan yaitu diatas 27,6 ppm.

4.7. Parameter akurasi

Tabel 2. Hasil %Recovery analisis kadar protein pada sampel tahu

Replikasi	Kadar yang ditambahkan (%)	Kadar (%)	%Recovery	Rata-Rata Kadar	Rata-Rata %Recovery
1	0	3,63			
2	0	3,61		3,61	
3	0	3,60			
1	0,08	3,69	94,92		
2	0,08	3,70	104,68	3,69	94,92
3	0,08	3,68	85,15		
1	0,1	3,72	107,18		
2	0,1	3,70	91,56	3,71	99,37
3	0,1	3,71	99,37		
1	0,12	3,74	108,85		
2	0,12	3,75	115,36	3,74	108,85
3	0,12	3,73	102,34		

Akurasi merupakan kedekatan antara nilai hasil uji dengan nilai sebenarnya [28]. Akurasi ditentukan sebagai %Recovery standar yang ditambahkan terhadap sampel. Semakin dekat nilai recovery dengan 100% semakin akurat metode tersebut karena menunjukkan bahwa analit dapat terdeteksi dengan efisiensi yang baik tanpa kehilangan atau gangguan yang berarti. %Recovery yang diperoleh pada penelitian ini yaitu pada penambahan kadar 80% sebesar 94,92%; pada penambahan kadar 100% sebesar 99,37% dan pada penambahan kadar 120% sebesar 108,85%. Recovery yang berada di bawah 100% menandakan adanya sedikit analit yang hilang selama proses preparasi atau pengujian tetapi masih dalam batas wajar. Sedangkan, recovery yang di atas 100% dapat terjadi karena efek matriks yang meningkatkan respon analit atau karena adanya interferensi kecil yang mempengaruhi nilai absorbansi. Hasil ini dapat diterima sesuai syarat keberterimaan menurut tabel AOAC dengan rentang 85%-110%.

4.8. Parameter presisi

Tabel 3. Hasil presisi analisis kadar protein pada sampel tahu

Replikasi	Absorbansi	Kadar (%)
1	0,661	3,61
2	0,667	3,64
3	0,679	3,72
4	0,656	3,57
5	0,674	3,69
6	0,669	3,66
7	0,660	3,60

8	0,664	3,62
9	0,679	3,72
10	0,664	3,62
	Rata-rata	3,64
	SD	0,049
	RSD	1,35

Presisi dilakukan untuk mengukur sejauh mana hasil pengukuran yang berulang dari sampel yang homogen saling mendekati satu sama lain. Tingkat presisi dinyatakan dengan simpangan baku (SD) atau simpangan baku relative (RSD). Presisi tidak mengukur seberapa dekat hasil tersebut dengan nilai sebenarnya [28]. Pada penelitian ini didapatkan nilai RSD yaitu 1,35% dimana syarat keberterimaan untuk presisi adalah $RSD < 2\%$. Sehingga hasil nilai dari presisi ini dapat diterima atau memenuhi persyaratan keberterimaan. Nilai RSD yang rendah menunjukkan bahwa metode yang digunakan menunjukkan hasil yang stabil dan dapat direplikasi dengan baik pada pengukuran berulang.

4.9. Penetapan kadar protein

Tabel 4. Hasil pengukuran kadar protein tahu pada berbagai lama waktu perendaman

Lama Perendaman (jam)	Replikasi	Kadar (%)	Rata-rata Kadar \pm SD (%)
1	1	1,36	1,36 \pm 0,015
	2	1,34	
	3	1,37	
2	1	1,82	1,93 \pm 0,098
	2	1,91	
	3	2,06	
4	1	3,65	3,67 \pm 0,015
	2	3,69	
	3	3,66	
6	1	3,49	3,27 \pm 0,158
	2	3,20	
	3	3,12	
8	1	2,58	2,80 \pm 0,154
	2	2,88	
	3	2,94	

Tabel 5. Hasil pengukuran kadar protein kedelai tanpa perlakuan

	Replikasi	Kadar (%)	Rata-rata Kadar \pm SD (%)
Kedelai tanpa perlakuan	1	8,49	8,55 \pm 0,065
	2	8,64	

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar protein meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman hingga titik tertentu, kemudian mengalami penurunan. Pada waktu perendaman 1 jam, kadar protein rata-rata sebesar 1,36%, menunjukkan protein terlarut yang relatif rendah akibat waktu hidrasi yang masih terbatas. Peningkatan kadar protein mulai terlihat pada waktu 2 jam dengan rata-rata 1,93% dan mencapai nilai tertinggi pada 4 jam yaitu 3,67%. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada durasi perendaman tersebut, proses hidrasi kedelai berlangsung optimal sehingga struktur matriks protein mengalami pelunakan dan memudahkan pelepasan protein ke dalam. Pada waktu perendaman lebih lama yaitu 6 jam dan 8 jam, kadar protein yang terukur justru mengalami penurunan menjadi 3,27% dan 2,80%. Pada penelitian sebelumnya, lama waktu perendaman berpengaruh terhadap kadar protein dengan kadar protein tertinggi pada waktu perendaman 4 jam yaitu sebesar 6,37%. Semakin lama waktu perendaman kedelai maka kadar protein akan menurun dan kadar air semakin meningkat [5]. Penurunan kadar protein disebabkan oleh biji kedelai mengalami kerusakan atau pecahnya dinding sel kotiledon. Semakin lama waktu perendaman biji kedelai, semakin banyak air yang berdifusi ke dalam sel-sel kotiledon kedelai. Kondisi ini menyebabkan pembengkakan pada sel kotiledon akibat peningkatan tekanan turgor di dalam dinding sel seiring bertambahnya waktu perendaman [13]. Ketika tekanan turgor melebihi kekuatan dinding sel akan terjadi lisis, sehingga protein yang terlarut dapat terlarut dengan cepat oleh air perendaman yang semakin banyak terserap. Hal ini menyebabkan perbandingan protein terhadap massa bahan menurun.

Sementara itu, kedelai tanpa perlakuan menunjukkan kadar protein yang paling tinggi yaitu 8,55 %b/b. Nilai ini diduga berasal dari protein total kedelai murni yang belum mengalami proses perendaman atau pelarutan, sehingga belum terjadi kehilangan protein akibat difusi komponen larut ke dalam medium perendaman. Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menyebutkan bahwa kacang kedelai varietas lokal mengandung kadar protein sebesar 36,49% [29]. Perbedaan kadar antara kedelai tanpa perlakuan dan kedelai hasil perendaman menunjukkan bahwa proses perendaman memengaruhi ketersediaan dan kelarutan protein, yang selanjutnya dapat berdampak pada karakteristik produk seperti tahu. Semakin lama proses hidrasi berlangsung, potensi kehilangan protein melalui pelarutan semakin besar.

Analisis data pada penelitian ini diawali dengan uji normalitas, didapatkan hasil dengan Shapiro-Wilk menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,069 ($>0,05$). Dapat disimpulkan data kadar protein terdistribusi normal, sehingga analisis dapat dilanjutkan dengan uji ANOVA. Hasil uji ANOVA satu arah didapatkan nilai signifikansi 0,000 ($<0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kadar protein yang signifikan antara perbedaan waktu perendaman. Berdasarkan hasil uji lanjut Tukey HSD, seluruh pasangan waktu perendaman menunjukkan nilai signifikansi $<0,05$ yang artinya terdapat perbedaan kadar protein yang signifikan antar setiap lama waktu perendaman. Peningkatan waktu perendaman dari 1 hingga 8 jam secara konsisten meningkatkan kadar protein secara signifikan.

5. Kesimpulan

Waktu perendaman kedelai berpengaruh pada kadar protein pada tahu. Kadar protein pada tahu menunjukkan hasil paling optimal pada perendaman 4 jam. Proses perendaman yang tepat dapat meningkatkan ketersediaan protein melalui hidrasi dan aktivasi enzim alami pada kedelai. Oleh karena itu, pemilihan waktu perendaman yang optimal menjadi

faktor penting dalam proses produksi tahu agar diperoleh kualitas produk dengan kadar protein yang tinggi serta efisiensi proses yang baik.

Referensi

- [1] N. Andarwulan, L. Nuraida, D. R. Adawiyah, R. N. Triana, D. Agustin, and D. Gitapratwi, "Pengaruh Perbedaan Jenis Kedelai terhadap Kualitas Mutu Tahu," *J. Mutu Pangan*, vol. 5, no. 2, pp. 66–72, 2018, [Online]. Available: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi/article/download/26224/16991>
- [2] L. Hartanti and A. M. Ashari, "Pengenalan Keragaman Pangan Sumber Protein pada Siswa Sekolah Dasar," *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusant.*, vol. 4, no. 4, pp. 4905–4909, 2023, [Online]. Available: <http://doi.org/10.55338/jpkmn.v4i4>
- [3] I. Hadi, S. Azhari, and Deby Nurluthfiana, "Penentuan Kadar Protein Dan Cemaran Mikroorganisme Tahu Putih Dari Pasar Tradisional X Kota Cirebon," *J. Ilm. Bakti Farm.*, vol. 7, no. 2, pp. 45–48, 2022.
- [4] D. Iswadi, "Modifikasi Pembuatan Tahu Dengan Penggunaan Lama Perendaman Lama Penggilingan Dan Penggunaan Suhu Dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Tahu," *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 1, pp. 20–30, 2021.
- [5] I. Suhaidi, "Pengaruh Lama Perendaman Kedelai dan Jenis Zat Penggumpal Terhadap Mutu Tahu," *Digit. J.*, pp. 1–6, 2003, [Online]. Available: <https://journal.uhamka.ac.id/index.php/arkesmas/article/view/223>
- [6] S. Hadisusilo, S. Setiasih, and I. M., "Pengaruh Waktu Perendaman Kedelai (*Glycine max. (L) Merrill*) Pada Kandungan Asam Fitat Dalam Sampel dari Setiap Tahap Proses Pembuatan Tahu," *Akta Kim.*, vol. 6, no. 1–2, pp. 1–6, 1996.
- [7] R. Yenrina, *Metode Analisis Bahan Pangan dan Komponen Bioaktif*. Padang: Andalas University Press, 2015.
- [8] S. W. Kisnawaty, S. F. Pasaribu, T. D. Novianti, and M. A. Abdillah, "Analisis Kadar Protein dengan Metode Lowry pada Berbagai Jenis Produk Susu yang Beredar di Lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta," *Antigen J. Kesehat. Masy. dan Ilmu Gizi*, vol. 2, no. 3, pp. 21–28, 2024, doi: 10.57213/antigen.v2i3.291.
- [9] I. M. Aparicio, A. R. Cuenca, M. J. V. Suarez, and M. A. Z. Revilla, "Soybean, A Promising Health Source," *Nutr. Hosp.*, vol. 23, no. 4, pp. 305–312, 2008.
- [10] E. Saleh, L. O. Alwi, and D. Herdhiansyah, "Kajian Proses Pengolahan Tahu Pada Industri Tahu Karya Mulia Di Desa Labusa Kecamatan Konda Kabupaten Konawe Selatan," *Tekper J. Teknol. dan Manaj. Ind. Pertan.*, vol. 1, no. 3, pp. 185–190, 2020, doi: 10.33772/tekper.v1i3.12312.
- [11] D. Herdhiansyah, Reza, Sakir, and Asriani, "Kajian Proses Pengolahan Tahu : Studi Kasus Industri Tahu Di Kecamatan Kabangka Kabupaten Muna," *Agritech*, vol. 15, no. 2, pp. 111–117, 2022.
- [12] C. Sudaryantiningsih and P. Y. Suryo, "Optimalisasi Proses Produksi Tahu Di Pabrik Dele Emas Krajan Mojosoongo Surakarta: Analisis Kelayakan Dan Implementasi Good Manufacturing Practice (GMP)," *Intelektiva*, vol. 6, no. 2, pp. 376–383, 2024.
- [13] N. Munu *et al.*, "Effect of Ambient Soaking Time on Soybean Characteristics for Traditional Soymilk Extraction," *Orig. Res. Artic. J. Adv. Food Sci. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 119–128, 2016, [Online]. Available:

- <https://www.researchgate.net/publication/302998157>
- [14] Y.- Nazarena, N. Malahayati, and G. Priyanto, "Pengaruh Perendaman Kedelai Terhadap Mutu Sari Kedelai," *J. Sains dan Teknol. Pangan*, vol. 6, no. 2, pp. 3866–3877, 2021, doi: 10.33772/jstp.v6i2.16123.
- [15] A. Ramadhan, "Proses Pembuatan Tahu di Pabrik Tahu Desa Dadimulyo serta Dampak Pandemi Covid-19 terhadap Produksi Tahu," *J. Pengabd. Kpd. Masy. Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 135–145, 2023, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.36596/jpkmi.v4i2.472>
- [16] F. Girsang, F. Yanti, and R. Damanik, "Cara Pembuatan Tahu Bagi Kalangan Masyarakat," *J. Pengabd. Masy. Sapangambe Manokotok Hitei*, vol. 4, no. 2, pp. 281–286, 2024.
- [17] B. Santosa and G. Suliana, "Pengaruh Varietas Kedelai Terhadap Mutu Tahu Yang Dihasilkan," *J. Buana Sains*, vol. 9, no. 2, pp. 137–140, 2009, [Online]. Available: <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buanasains/article/view/233>
- [18] M. Hetrik, Teguh, R. Fratama, A. Ramadhan, N. Cahyuda, and Aliwasa, "Uji Kandungan Protein Pada Mie Sagu," *J. Agroindustri Pangan*, vol. 3, no. 3, pp. 162–174, 2024.
- [19] I. dewa G. R. Agung and I. G. A. M. Dewi, "Inovasi Pemanfaatan Tahu sebagai Bahan Alternatif dalam Pembuatan Mayonaise," *J. Ilm. Pariwisata dan Bisnis*, vol. 03, no. 11, pp. 1810–1818, 2024.
- [20] K. Nisah, M. Afkar, and H. Sa'diah, "Analisis Kadar Protein Pada Tepung Jagung, Tepung Ubi Kayu Dan Tepung Labu Kuning Dengan Metode Kjeldhal," *AMINA*, vol. 1, no. 3, pp. 108–113, 2021, doi: 10.22373/amina.v1i3.46.
- [21] R. Wahyudi, H. Indriani, and M. S. Haris, "Tahu Sabar (Sari Bahari) Upaya Pemanfaatan Limbah Produksi Garam sebagai Tahu Bahan Organik Ramah Lingkungan bagi Penderita Stunting," *Amerta Nutr.*, vol. 6, no. 1, pp. 44–52, 2022, doi: 10.20473/amnt.v6i1.2022.44-52.
- [22] O. H. Lowry, N. J. Roserbrough, A. L. Farr, and R. J. Randall, "Protein Measurement with The Folin Phenol Reagent.," *J. Biol. Chem.*, vol. 193, no. 1, pp. 265–275, 1951, doi: 10.1016/s0021-9258(19)52451-6.
- [23] D. S. Rejeki, A. N. Cahyanta, and S. A. Musiyam, "Pengaruh Metode Pengemasan terhadap Kadar Protein pada Tempe," *Kunir J. Farm. Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 10–17, 2023, doi: 10.36308/kjfi.v1i2.555.
- [24] A. Fauzi, W. Utami, D. Vitasari, and A. S. Wahyuni, "Optimasi Preparasi Sampel untuk Penetapan Kadar Protein Ekstrak Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*)," *J. Pharmascience*, vol. 9, no. 1, pp. 106–112, 2022, doi: 10.20527/jps.v9i1.12961.
- [25] T. F. Scientific, *Protein Assay Technical Handbook*. 2017. [Online]. Available: <http://www.thermoscientific.com/pierce>
- [26] N. S. Mufida and D. Hanwar, "Pengaruh Variasi Lama Perendaman dan Suhu Penggilingan terhadap Kadar Protein Susu Kedelai," *J. Pharm. Sci.*, vol. 8, no. 3, pp. 1452–1468, 2025.
- [27] A. S. Panggabean, S. P. Pasaribu, and F. Kristiana, "The Utilization of Nitrogen Gas as a Carrier Gas in the Determination of Hg Ions Using Cold Vapor-Atomic Absorption Spectrophotometer (CV-AAS)," *Indones. J. Chem.*, vol. 18, no. 2, pp. 279–285, 2018, doi: 10.22146/ijc.23092.

- [28] L. Irawati and A. Zubair, “Validasi Metode Analisis Protein Dalam Susu Cair Kemasan Secara Spektrofotometri,” *Pros. 6th Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy. 2022*, vol. 10, no. 2, pp. 52–57, 2022, doi: 10.46559/tegi.v10i2.4625.
- [29] D. R. Adawiyah, N. Andarwulan, R. N. Triana, D. Agustin, and D. Gitapратиwi, “Evaluasi Perbedaan Varietas Kacang Kedelai terhadap Mutu Produk Susu Kedelai,” *J. Mutu Pangan*, vol. 5, no. 1, pp. 10–16, 2018.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
