

Pengembangan Soygurt Berbasis Isolat Protein Kedelai dengan Penambahan Whey Tahu sebagai Inovasi Pangan Fermentasi

The Development of Science and Technology in the Field of Food Has Driven the Emergence of Various Innovations in the Composition of Functional Food Products

Dhea Nicky^{1a}, Siti Harnina Bintari²

¹Program Studi Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

²Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

^aKorespondensi : Dhea Nicky, E-mail: dheanicky04@students.unnes.ac.id

Diterima: 30 – 06 – 2025 , Disetujui: 31 – 10 - 2025

ABSTRACT

This research aims to develop a soygurt formulation based on soy protein isolate with the addition of tofu whey and to analyze the resulting physicochemical and organoleptic characteristics. Soy whey contains nutrients such as dissolved proteins, simple sugars, and minerals, which have the potential to support the fermentation process. The research was conducted experimentally on a household scale using four treatments of tofu whey concentration, namely 0%, 10%, 20%, and 30%. The parameters observed included pH value, total acidity, visual viscosity, and sensory evaluation of taste, aroma, texture, color, and overall impression by 25 respondents. The results show that the addition of tofu whey lowers the pH and increases the total acidity as the concentration of whey increases. The viscosity level also increases, especially at concentrations of 20–30%. The formulation with 20% tofu whey produced the best organoleptic balance, with the highest scores in taste, aroma, texture, and overall impression. These results indicate that tofu whey has the potential to be used as an additive in the development of plant-based fermented products, while also supporting the utilization of tofu whey waste into practical and functional food products.

Keywords: fermentation. soy protein isolate, soygurt, tofu whey

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan formulasi soygurt berbasis isolat protein kedelai dengan penambahan whey tahu serta menganalisis karakteristik fisikokimia dan organoleptik yang dihasilkan. Whey tahu mengandung senyawa gizi seperti protein terlarut, gula sederhana, dan mineral, yang berpotensi mendukung proses fermentasi. Penelitian dilakukan secara eksperimental skala rumah tangga menggunakan empat perlakuan konsentrasi whey tahu, yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Parameter yang diamati meliputi nilai pH, total asam, kekentalan visual, serta penilaian sensorik terhadap rasa, aroma, tekstur, warna, dan kesan keseluruhan oleh 25 responden. Hasil menunjukkan bahwa penambahan whey tahu menurunkan pH dan meningkatkan total asam seiring meningkatnya konsentrasi whey. Tingkat kekentalan juga meningkat, terutama pada konsentrasi 20–30%. Formulasi dengan 20% whey tahu menghasilkan keseimbangan terbaik secara organoleptik, dengan skor tertinggi pada aspek rasa, aroma, tekstur, dan kesan keseluruhan. Hasil ini menunjukkan bahwa whey tahu berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan dalam pengembangan produk fermentasi nabati, sekaligus mendukung pemanfaatan limbah cair tahu menjadi produk pangan yang aplikatif dan fungsional.

Kata kunci: fermentasi, isolat protein kedelai, soygurt, whey tahu

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pangan telah mendorong lahirnya berbagai inovasi dalam komposisi produk pangan fungsional (Hidaya & Wikandari, 2020). Industri pangan mulai beralih dari produk berbasis hewani menuju produk berbasis nabati yang lebih ramah lingkungan, mudah dicerna, dan memiliki potensi fungsional tinggi. Bahan pangan nabati seperti kedelai banyak dimanfaatkan karena mengandung protein berkualitas, rendah lemak jenuh, tidak mengandung kolesterol, serta memiliki senyawa bioaktif seperti isoflavon dan antioksidan alami yang mendukung kesehatan tubuh (Ilfada et al., 2024). Salah satu bentuk olahan kedelai yang banyak diteliti adalah isolat protein kedelai (Yulifianti et al., 2018). Isolat protein kedelai diperoleh melalui proses ekstraksi lanjutan sehingga menghasilkan protein dengan kadar tinggi dan kemurnian lebih baik dibandingkan tepung atau susu kedelai biasa. Bahan ini digunakan dalam berbagai formulasi produk pangan karena sifatnya yang netral, larut air, dan mampu berinteraksi dengan bahan tambahan lain selama proses pengolahan (Vogelsang-O'Dwyer et al., 2021). Selain kedelai, muncul pula perhatian terhadap limbah pangan yang masih bernilai gizi namun sering terbuang tanpa pengolahan.

Salah satu limbah cair dari industri rumah tangga pengolahan kedelai adalah whey tahu, yaitu cairan sisa hasil koagulasi dalam proses pembuatan tahu (Maryam & Sari, 2020). Whey tahu merupakan produk samping pengolahan tahu yang masih mengandung protein, gula sederhana, oligosakarida, mineral, dan isoflavon kedelai (Aretzy et al., 2022). Kandungan nutrisi dalam whey tahu dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam formulasi pangan fermentasi. Komponen seperti protein terlarut, oligosakarida, dan mineral dapat mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat selama proses fermentasi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi fermentasi dan kualitas produk akhir (Yeni et al., 2016). Dari sisi lingkungan, pemanfaatan whey tahu dalam formulasi pangan memberikan solusi terhadap permasalahan limbah cair tahu yang selama ini hanya dibuang tanpa pengolahan lanjutan (Sally et al., 2019). Limbah tersebut dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan benar, terutama pada industri tahu skala rumah tangga yang tidak memiliki sistem pengolahan limbah terpadu.

Pemanfaatan isolat protein kedelai dan whey tahu menjadi inovasi dalam produk fermentasi pangan fungsional berbasis nabati. Kombinasi keduanya dapat meningkatkan efisiensi fermentasi dan memperbaiki kualitas produk. Formulasi tersebut dapat diterapkan dalam pembuatan soygurt. Soygurt merupakan olahan fermentasi sari kedelai. Salah satu manfaat dari soygurt adalah tidak mengandung laktosa maupun kolesterol dan memiliki senyawa anti kolestrolema yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu nonfermentasi (Rahimi et al., 2023). Penambahan whey tahu dapat memengaruhi parameter seperti pH, viskositas, dan rasa, sehingga menghasilkan produk dengan mutu sensoris dan fisikokimia yang lebih baik (Taufik, 2020).

Penelitian mengenai pengembangan soygurt dengan penambahan whey tahu masih terbatas, terutama pada penggunaan isolat protein kedelai sebagai bahan dasar fermentasi. Padahal, penggunaan isolat protein kedelai dapat menghasilkan tekstur dan konsistensi produk yang lebih baik dibandingkan dengan sari kedelai biasa (Li et al., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengoptimalkan potensi whey tahu sebagai bahan tambahan dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap karakteristik mutu soygurt. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan formulasi soygurt berbasis isolat protein kedelai dengan penambahan whey tahu serta menganalisis karakteristik fisikokimia dan organoleptik produk yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan produk fermentasi nabati yang bernilai gizi tinggi, sekaligus mendukung pengurangan limbah cair dari industri tahu secara produktif dan aplikatif.

MATERI DAN METODE

Jenis dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen sederhana skala rumah tangga yang bersifat kuantitatif deskriptif. Penelitian difokuskan pada proses pengembangan produk fermentasi berupa soygurt berbasis isolat protein kedelai dengan penambahan whey tahu, serta dilakukan pengamatan terhadap karakteristik organoleptik dari hasil fermentasi tersebut. Proses fermentasi dilakukan menggunakan starter yoghurt komersial yang mengandung bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei di rumah peneliti yang difungsikan sebagai tempat uji coba dan pengamatan fermentasi dengan peralatan rumah tangga.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan sederhana yang tersedia di lingkungan rumah tangga, antara lain panci stainless untuk proses pemanasan, kompor gas, saringan kain bersih untuk menyaring whey tahu, sendok kayu sebagai alat pengaduk, termometer masak untuk memantau suhu, gelas ukur untuk menakar volume bahan cair, serta toples kaca bersih sebagai wadah fermentasi. Produk soygurt yang telah difermentasi disimpan menggunakan botol plastik dan didinginkan dalam lemari es rumah tangga.

Bahan-bahan yang digunakan terdiri atas isolat protein kedelai dalam bentuk serbuk komersial, whey tahu segar yang diperoleh langsung dari pengrajin tahu lokal, starter yoghurt plain yang mengandung kultur *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*, gula pasir sebagai sumber energi tambahan untuk mikroorganisme fermentasi, serta air matang sebagai pelarut utama.

Prosedur Penelitian

Whey tahu terlebih dahulu disaring menggunakan kain bersih untuk menghilangkan endapan padat, kemudian dipanaskan hingga suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ selama 10 menit untuk menurunkan jumlah mikroorganisme liar, lalu didinginkan hingga suhu 45°C . Sebanyak 100 gram isolat protein kedelai dilarutkan ke dalam 1000 mL air hangat (suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$) hingga homogen. Whey tahu ditambahkan ke larutan isolat protein kedelai dengan variasi konsentrasi berturut-turut: 0% (P0), 10% (P1), 20% (P2), dan 30% (P3) dari volume total. Masing-masing perlakuan diberi tambahan gula pasir sebanyak 4% dari volume larutan. Setelah suhu campuran turun hingga $\pm 45^{\circ}\text{C}$, starter yoghurt plain ditambahkan sebanyak 5% dan diaduk hingga rata.

Campuran setiap perlakuan dituangkan ke dalam toples kaca bersih dan ditutup rapat, lalu difermentasi selama 12–24 jam pada suhu ruang hangat (sekitar 40°C) hingga terbentuk gel soygurt. Setelah fermentasi selesai, produk disimpan dalam lemari es selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian mutu.

Setiap variasi perlakuan dilakukan satu kali percobaan (tanpa ulangan) mengingat penelitian ini bersifat eksperimen eksploratif skala rumah tangga yang bertujuan untuk memperoleh gambaran awal pengaruh penambahan whey tahu terhadap mutu soygurt. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan hasil pengukuran dan penilaian responden.

Pengamatan hasil fermentasi dilakukan terhadap dua aspek utama, yaitu karakteristik fisikokimia dan organoleptik. Parameter fisikokimia yang diamati meliputi nilai pH (menggunakan kertas indikator universal), total asam (melalui titrasi sederhana menggunakan larutan NaOH 0,1 N dan indikator fenolftalein), serta tingkat kekentalan visual (dilihat dari perilaku aliran produk saat dituangkan dan saat sendok diangkat dari permukaan produk, lalu diklasifikasikan menjadi: agak kental, kental, atau sangat kental).

Uji organoleptik dilakukan oleh 25 responden dari kalangan umum yang diminta menilai aspek rasa, aroma, tekstur, warna, dan keseluruhan menggunakan skala kesukaan 1 sampai 5. Skor dari setiap responden dihitung rata-ratanya dan hasilnya disajikan dalam bentuk tabel untuk dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pembuatan soygurt dalam penelitian ini menghasilkan empat sampel dengan karakteristik fisik dan sensorik yang berbeda berdasarkan variasi konsentrasi whey tahu. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan selama fermentasi dan hasil akhir produk, dengan memperhatikan tingkat keasaman, kekentalan visual, serta kesan rasa dan aroma berdasarkan penilaian responden. Meskipun proses fermentasi dilakukan dalam skala rumahan, hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kecenderungan yang konsisten dan dapat diamati secara nyata. Setiap penambahan whey tahu memberikan respons berbeda terhadap proses fermentasi maupun mutu produk, baik dari sisi perubahan pH dan total asam, maupun dari segi tekstur dan kesukaan konsumen.

Perbedaan antar sampel tidak hanya terlihat dari hasil ukur fisikokimia, tetapi juga dirasakan secara nyata oleh responden melalui uji cita rasa. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi bahan dalam formulasi fermentasi sangat memengaruhi mutu akhir produk. Oleh karena itu, pembahasan hasil penelitian ini dibagi menjadi dua bagian utama. Pertama, analisis terhadap data fisikokimia seperti pH, total asam, dan kekentalan visual. Kedua, interpretasi terhadap hasil penilaian konsumen berdasarkan aspek rasa, aroma, tekstur, warna, dan keseluruhan kesan. Kedua jenis data tersebut saling melengkapi dalam memberikan gambaran menyeluruh terhadap pengaruh penambahan whey tahu pada pengembangan soygurt.

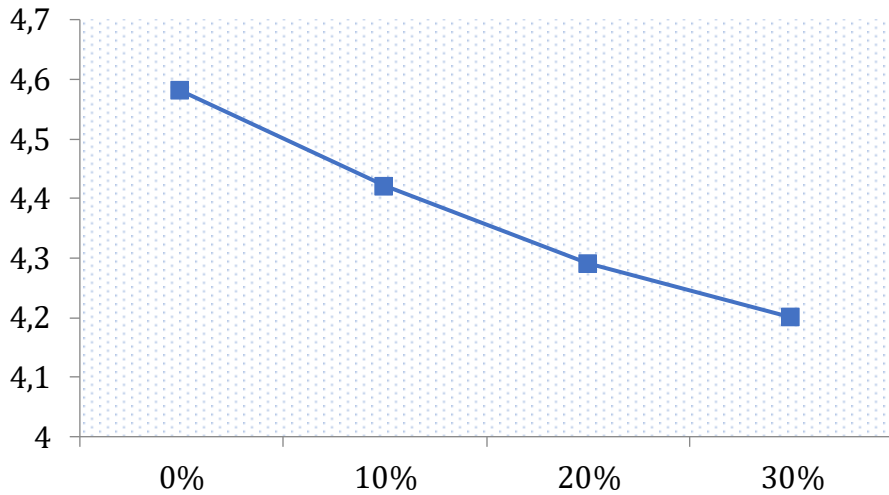
Karakteristik Fisikokimia Soygurt

Pengaruh penambahan whey tahu terhadap sifat fisikokimia produk soygurt diamati melalui tiga parameter utama, yaitu pH, total asam, dan tingkat kekentalan. Hasil pengamatan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data fisikokimia dan kekentalan soygurt berdasarkan konsentrasi whey tahu

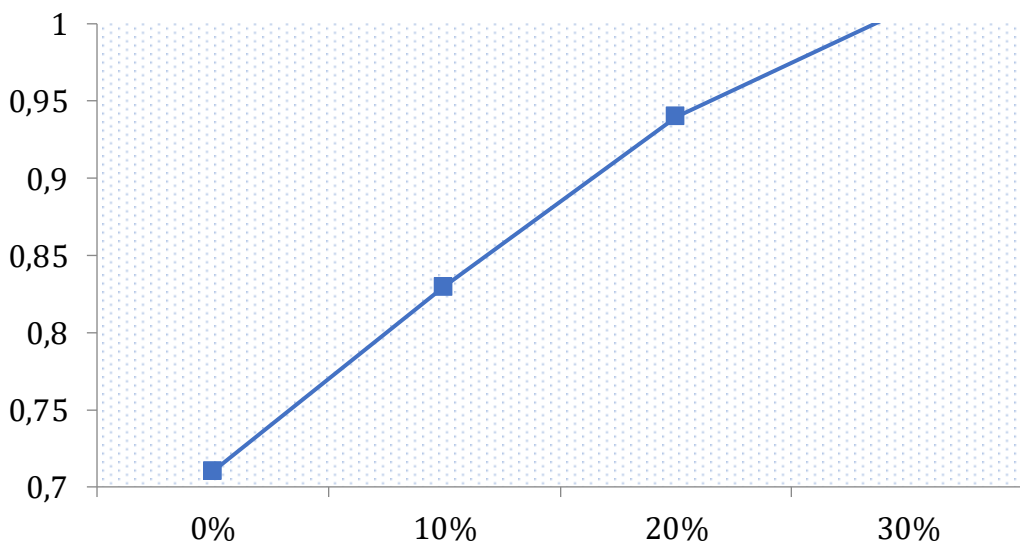
Kode Sampel	Konsentrasi Whey Tahu (%)	pH	Total Asam (%)	Tingkat Kekentalan
P0	0%	4,58	0,71	Agak kental
P1	10%	4,42	0,83	Kental
P2	20%	4,29	0,94	Kental
P3	30%	4,20	1,01	Sangat kental

Berdasarkan data pada Tabel 1, peningkatan konsentrasi whey tahu menunjukkan kecenderungan penurunan nilai pH pada produk soygurt. Hubungan antara konsentrasi whey tahu dan nilai pH tersebut divisualisasikan pada Gambar 1 untuk memperjelas tren perubahan yang terjadi selama fermentasi.



Gambar 1. Nilai pH soygurt berdasarkan variasi konsentrasi whey tahu

Penurunan nilai pH secara bertahap dari P0 hingga P3 mengindikasikan bahwa penambahan whey tahu secara langsung meningkatkan aktivitas fermentasi. pH merupakan indikator penting dalam proses fermentasi karena menunjukkan akumulasi senyawa asam, terutama asam laktat, sebagai hasil metabolisme bakteri asam laktat (Rimadhini et al., 2020). Whey tahu diketahui mengandung senyawa gula sederhana dan peptida terlarut yang dapat berfungsi sebagai substrat fermentasi tambahan. Bakteri asam laktat dapat memetabolisme gula secara efisien apabila tersedia nutrisi tambahan berupa oligosakarida dan nitrogen organik (Kharousi, 2025). Maka, semakin tinggi konsentrasi whey, semakin cepat penurunan pH yang terjadi. Peningkatan total asam mendukung temuan penurunan pH. Hubungan antara konsentrasi whey tahu dan peningkatan kadar asam tersebut divisualisasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Total asam soygurt berdasarkan variasi konsentrasi whey tahu

Sampel P3 mencatat total asam tertinggi, yaitu 1,01%, yang mencerminkan tingginya produksi asam laktat. Ini menunjukkan bahwa bakteri asam laktat memfermentasi substrat dengan lebih intensif ketika whey ditambahkan. Dalam fermentasi homofermentatif, bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus bulgaricus* menguraikan glukosa menjadi asam laktat sebagai produk utama melalui jalur Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) (Nurgrahadi et al., 2020). Proses ini berlangsung optimal apabila tersedia sumber karbohidrat sederhana dan nitrogen organik dalam jumlah cukup. Penambahan whey tahu menyediakan kedua komponen tersebut, sehingga mempercepat laju metabolisme dan meningkatkan produksi asam. Selain itu, kandungan mineral dalam whey turut menjaga kestabilan ionik medium fermentasi, yang penting untuk aktivitas enzimatis selama fermentasi berlangsung. Secara statistik, variasi konsentrasi whey tahu menunjukkan pengaruh yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai pH dan total asam soygurt, yang menegaskan bahwa peningkatan whey tahu dapat memperkuat aktivitas fermentasi.

Dari segi kekentalan, peningkatan konsentrasi whey tahu menyebabkan tekstur produk menjadi lebih padat. Sampel P0 digambarkan hanya agak kental, sedangkan P3 menunjukkan konsistensi sangat kental. Secara teoritis, hal ini dapat dijelaskan oleh interaksi antara protein dari isolat kedelai dan mineral dalam whey, seperti kalsium dan magnesium, yang mendukung pembentukan jaringan gel selama fermentasi (Supriatna et al., 2020). Kehadiran ion mineral dalam whey membantu membentuk jaringan gel protein yang lebih kompak dan stabil, yang berdampak pada peningkatan kekentalan dan konsistensi akhir produk (Han et al., 2023). Secara keseluruhan, perubahan fisikokimia yang diamati pada masing-masing sampel menunjukkan bahwa whey tahu memiliki peran fungsional dalam mempercepat fermentasi dan memperbaiki struktur tekstur.

Penilaian Sensorik Soygurt oleh Responden

Penilaian mutu produk soygurt dilakukan oleh 25 responden dari kalangan umum. Setiap responden diminta memberikan skor kesukaan terhadap lima aspek, yaitu rasa, aroma, tekstur, warna, dan kesan keseluruhan, menggunakan skala 1 sampai 5. Rata-rata skor dari masing-masing formulasi disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Rata-rata penilaian Organoleptik Soygurt berdasarkan konsentrasi whey tahu

Aspek yang Dinilai	P0 (0%)	P1 (10%)	P2 (20%)	P3 (30%)	Keterangan Responden
Rasa	3,6	4,0	4,2	3,7	P2 dinilai paling seimbang
Aroma	3,4	3,9	4,3	3,5	P2 dianggap paling segar dan khas
Tekstur	3,7	4,1	4,4	4,2	P2 dan P3 terasa paling kental
Warna	4,0	4,1	4,0	3,8	Warna relatif stabil disemua sampel
Keseluruhan	3,6	4,2	4,5	4,0	P2 paling disukai responden

Penerimaan konsumen terhadap produk fermentasi berbasis nabati sangat dipengaruhi oleh keseimbangan rasa, aroma, tekstur, warna, dan keseluruhan sensasi produk. Dalam formulasi soygurt yang dikembangkan, penambahan whey tahu menunjukkan efek yang kompleks terhadap setiap aspek mutu organoleptik. Meskipun fermentasi dapat meningkatkan sifat fungsional dan keamanan mikrobiologis produk, proses ini juga menghasilkan senyawa volatil dan perubahan fisik yang berdampak langsung terhadap persepsi inderawi.

Aspek rasa pada produk fermentasi sangat dipengaruhi oleh komposisi substrat dan intensitas pembentukan asam selama fermentasi (Nabilah et al., 2022). Rasa asam yang ideal pada produk seperti yoghurt nabati muncul dari akumulasi asam laktat dalam jumlah seimbang (Hastiko et al., 2021). Whey tahu, yang mengandung gula sederhana dan oligosakarida, mempercepat fermentasi dan memperkaya rasa, namun dalam jumlah

berlebih dapat menghasilkan tingkat keasaman yang melebihi ambang kesukaan konsumen. rasa yang terlalu asam atau munculnya aftertaste pahit akibat degradasi protein dan senyawa amina dapat menurunkan penerimaan konsumen. Hal ini menjelaskan mengapa formulasi dengan whey tahu 20% dinilai paling seimbang oleh responden dikarenakan intensitas asam cukup, namun tidak menusuk atau mengganggu cita rasa kedelai yang lembut.

Pada aspek aroma, peran fermentasi sangat penting karena dapat menghasilkan senyawa volatil seperti asetaldehida, diasetil, dan asam-asam organik yang berkontribusi pada aroma khas yoghurt (Arifin et al., 2020). Penambahan whey tahu mempengaruhi komposisi senyawa-senyawa ini karena membawa peptida, asam amino bebas, serta mineral yang dapat memengaruhi jalur metabolik mikroba. Peningkatan aroma yang lebih disukai pada formulasi 20% menunjukkan adanya titik optimum di mana hasil fermentasi memberikan aroma segar dan khas tanpa menghasilkan bau tengik atau menyengat. Berdasarkan studi oleh Ilfada et al. (2024), konsentrasi substrat yang terlalu tinggi dapat memicu pembentukan senyawa aromatik non-desirable seperti amonia dan senyawa sulfur, yang menjelaskan penurunan skor aroma pada konsentrasi 30% whey.

Tekstur produk fermentasi seperti soygurt ditentukan oleh pembentukan jaringan protein selama proses fermentasi yang terjadi karena penurunan pH dan interaksi antarmolekul protein. Whey tahu diketahui mengandung ion kalsium dan magnesium yang memperkuat ikatan silang antar rantai protein, sehingga mendukung pembentukan tekstur kental dan stabil (Yeni et al., 2016). Vogelsang-O'Dwyer et al. (2021) menyatakan bahwa mineral tersebut berperan dalam meningkatkan sifat kekentalan sistem protein nabati. Oleh karena itu, formulasi dengan whey 20% dan 30% menghasilkan tekstur yang dinilai lebih baik karena menghasilkan gel yang padat, namun masih lembut. Konsistensi ini penting karena tekstur memengaruhi mouthfeel dan kenyamanan selama konsumsi. Meskipun P3 menghasilkan tekstur yang sangat kental, kemungkinan besar nilai sedikit menurun karena konsumen merasa kekentalannya terlalu berat atau menggumpal.

Persepsi terhadap warna produk fermentasi berbasis kedelai umumnya dipengaruhi oleh warna dasar bahan (isolat protein kedelai berwarna putih pucat) dan perubahan selama fermentasi. Penambahan whey tahu dalam batas tertentu tidak banyak memengaruhi warna karena whey juga cenderung jernih. Namun, pada konsentrasi tinggi, sedikit perubahan kekuningan dapat muncul karena interaksi antara senyawa fenolik dalam whey dan perubahan pH selama fermentasi. Warna yang terlalu keruh atau tampak tidak alami bisa menurunkan nilai visual produk, seperti tercermin dari penurunan skor pada konsentrasi whey 30%. Secara keseluruhan, penilaian oleh responden menunjukkan bahwa formulasi dengan 20% whey tahu merupakan kombinasi paling disukai. Komposisi ini dianggap mampu menghadirkan keseimbangan antara rasa, aroma, dan tekstur tanpa menghasilkan karakteristik negatif dari fermentasi berlebih. Analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi whey tahu berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap skor rasa, aroma, tekstur, dan kesan keseluruhan, tetapi tidak berpengaruh terhadap warna produk.

KESIMPULAN

Penambahan whey tahu dalam formulasi soygurt berbasis isolat protein kedelai terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik fisikokimia dan mutu organoleptik produk. Peningkatan konsentrasi whey tahu menyebabkan penurunan nilai pH dan peningkatan total asam, yang menunjukkan aktivitas fermentasi yang lebih intensif. Secara visual, produk dengan kadar whey lebih tinggi juga menunjukkan kekentalan yang meningkat akibat pembentukan struktur gel protein yang lebih stabil. Berdasarkan hasil uji organoleptik, formulasi dengan penambahan whey tahu 20% memperoleh tingkat kesukaan

tertinggi dari responden pada aspek rasa, aroma, tekstur, dan kesan keseluruhan. Temuan ini menegaskan bahwa whey tahu berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan fungsional dalam pengembangan produk pangan fermentasi nabati, sekaligus menjadi alternatif pemanfaatan limbah cair tahu yang bernilai gizi dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aretzy, A., Syamsir, E., & Sitanggang, A. B. (2022). Karakterisasi Aktivitas Fungsional Senyawa Bioaktif dari Whey Hasil Samping Produksi Tahu. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 33(1), 60–68. <https://doi.org/10.6066/jtip.2022.33.1.60>
- Arifin, M. Z., Maharani, S., & Widiaputri, S. I. (2020). Uji Sifat Fisiko Kimia Dan Organoleptik Minuman Yoghurt Ngeboon Panorama Indonesia. *Edufortech*, 5(1). <https://doi.org/10.17509/edufortech.v5i1.23924>
- Han, M., Liu, K., Liu, X., Rashid, M. T., Zhang, H., & Wang, M. (2023). Research Progress of Protein-Based Bioactive Substance Nanoparticles. *Foods*, 12, 1–21.
- Hastiko, A., Fatra, I., Mahdi, C., Noviatry, A., & Adrenalin, S. (2021). Kadar Keasaman dan Alkohol Yohurt Susu Kambing dengan Penambahan Tepung Bekatul Beras Hitam Selama Masa Penyimpanan Suhu Dingin. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 10(3), 92–100. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JIPT/article/view/5507/3811#page=11>
- Hapsari, D. R., Rosy Hutami, Nurhalimah, S., Rahmawati, A., Arshyla Eliska, Saidah, B., Aulannisa, F., & Adnandhika, M. F. T. (2025). Karakteristik Sensori dan Kimia Minuman Susu Flakes Ubi Jalar Ungu dengan Penambahan Pewarna Alami Buah Naga. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 7(2), 170–181.
- Hidaya, I., & Wikandari, P. R. (2020). Development of Gelato Synbiotic From Soygurt and Lesser Yam (*Dioscorea esculenta* L.). *UNESA Journal of Chemistry*, 9(1), 17–22.
- Ilfada, D., Rahmah, J., Mariana, M., Sari, M., & Rahayu, S. (2024). Mempertahankan Nutrisi Protein Melalui Bahan Makanan Nabati Untuk Meningkatkan Status Gizi Masyarakat. *Jurnal Inovasi Global*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.58344/jig.v2i1.33>
- Kharousi, Z. S. Al. (2025). *Highlighting Lactic Acid Bacteria in Beverages: Diversity , Fermentation , Challenges , and Future Perspectives*.
- Li, L., Huang, Y., Liu, Y., Xiong, Y., Wang, X., Tong, L., Wang, F., Fan, B., & Bai, X. (2023). Relationship between Soybean Protein Isolate and Textural Properties of Texturized Vegetable Protein. *Molecules*, 28(22). <https://doi.org/10.3390/molecules28227465>
- Maryam, A., & Sari, D. (2020). Limbah Cair Tahu (Whey) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Nata De Soya Di Industri Tahu Desa Dalam Kaum Sambas. *Jurnal Vokasi*, 5(1), 98. <https://doi.org/10.30811/vokasi.v4i2.1992>
- Nabilah, F., Listiyowati, S., & Astuti, R. I. (2022). Diversitas Pangan Fermentasi Berbasis-Susu di Indonesia dan Kandungan Gizinya. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(4), 552–561. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.4.552>
- Nurgrahadi, Puspawati, N. N., & Sugitha, I. M. (2020). Pengaruh Perlakuan 3 Jenis Bakteri Asam Laktat Dan Kombinasinya Terhadap Karakteristik Keju Kedelai. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 9(4), 412. <https://doi.org/10.24843/itepa.2020.v09.i04.p06>
- Rahimi, V., Nurwantoro, & Setiani, B. E. (2023). Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Minuman Soygurt Sari Kedelai yang Disubstitusi dengan Sari Kapri. *Teknologi Pangan*, 7(1), 6–11.

- Rimadhini, F. N., Sumardianto, S., & Romadhon, R. (2020). AKTIVITAS ANTIBAKTERI ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT DARI RUSIP IKAN TERI (*Stolephorus* sp.) DENGAN KONSENTRASI GULA AREN CAIR YANG BERBEDA. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 2(1), 54–63. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2020.8089>
- Octaviannus Amen, Aji Jumiono, & Mohamad Ali Fulazzaky. (2021). PENJAMINAN MUTU DAN KEHALALAN PRODUK OLAHAN SUSU. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 2(1), 42–48.
- Sally, Budianto, Y. P., Hakim, M. W. K., & Warsono El Kiyat. (2019). Potential Utilization Of Tofu Waste Water Into Household Industry Scale Biogas In Banten Province. *Journal of Agrotek*, 13(1), 43.
- Supriatna, D., Hasrini, R. F., & Syah, D. (2020). Pengaruh Masa Simpan Whey dan Suhu Penggumpalan terhadap Kadar Protein dan Parameter Tekstur pada Produk Tahu. *Journal of Agro-Based Industry*, 37(2), 187–193.
- Taufik, M. (2020). Karakteristik Sensoris Produk Minuman Whey Fermentasi Dengan Penggunaan Persentase Sukrosa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30, 36–42. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.1.36>
- Vogelsang-O'Dwyer, M., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2021). Production of pulse protein ingredients and their application in plant-based milk alternatives. *Trends in Food Science and Technology*, 110(February), 364–374. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.090>
- Wicaksono, Y., Fanani, M. Z. ., & Jumiono, A. . (2022). Potensi Pengembangan Produk Susu Bebas Laktosa Bagi Penderita Lactose Intolerance. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 4(1), 16–24.
- Yeni, Meryandini, A., & Sunarti, T. C. (2016). Penggunaan substrat whey tahu untuk produksi biomassa oleh *Pediococcus pentosaceus* e.1222. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(3), 284–293.
- Yulifianti, R., Muzaiyanah, S., & Utomo, J. S. (2018). Soybean as a functional food rich in isoflavones. *Buletin Palawijaya*, 16, 84–93.