JOURNAL OF NUTRITION COLLEGE
Volume 15, Nomor 3, Tahun 2026, Halaman 272-282
Received: 17 Desember 2025, Revised: 10 Juni 2026
Accepted: 23 Juni 2026, Published:27 Juli 2026
Online di: http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jnc/ , DOI: 10.14710/jnc.v15i3.54667

KARAKTERISTIK FISIK DAN KADAR PROTEIN SUSU BUBUK KACANG MERAH (*VIGNA ANGULARIS*) DENGAN SUPLEMENTASI HIDROLISAT PROTEIN IKAN GABUS (*CHANNA STRIATA*)

Christiana Retnaningsih, Victoria Kristina Ananningsih , Salma Nuri Shofiadewi*, Alberta Rika Pratiwi

Departemen Magister Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Soegijapranta, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
***Korespondensi** : shalmanuri62@gmail.com

ABSTRACT

***Background**: Red bean (Vigna angularis) milk serves as a potential protein and antioxidant alternative for individuals with lactose intolerance; however, it is limited by low amino acid content and poor emulsion stability. These deficiencies constrain its effectiveness as a nutritional intervention during the First 1,000 Days of Life. This study integrates snakehead fish (Channa striata) to enhance nutrient density through the intake of albumin and essential amino acids. Furthermore, the foam mat drying method with the addition of maltodextrin was applied to eliminate fishy odors, improve solubility, and extend shelf life as a strategic nutritional intervention.*

***Methods**: The method used was a single-factor Complete Random Design (RAL) consisting of three levels of Snakehead Protein Hydrolysate supplementation (K1:1%, K2:1.5%, and K3: 2%). The analysis was carried out on three main parameters, namely color intensity measured by the chromameter method (L*, a*, b* system), solubility by gravimetric method, and protein content using the Lowry method. All data obtained were statistically analyzed using One-Way ANOVA to determine the effect of treatment. If there is a real effect, the analysis is followed by the Duncan Follow-up Test at a significance level of 5% to determine the difference between treatment levels.*

***Objective:** To develop a red bean-based milk powder supplemented with snakehead fish protein hydrolysate and to analyze the physical characteristics and protein content of the product as a functional local food potential to support the fulfillment of protein requirements.*

***Results** In the physical analysis of the color of the sample, the highest lightness value was found in the K3 sample (88,27), and the lowest brightness value was found in K0 sample (86.50). The solubility analysis showed a sample solubility level of 90.30-91.33%, this is in accordance with the standard of milk powder with a solubility index of > 90%. The lowest protein levels in the sample were 25.85% (control) and the highest was 28.98% (K3 FPH 2%) protein.*

***Conclusion**: The color characteristics of red bean milk powder with FPH have a corresponding brightness value and a solubility value according to the SI standart, the protein content of red bean milk powder with snakehead fish Protein hydrolisate (HPI) supplementation increases along with the supplementation, so that it has the potential to prevent stunting.*

***Keywords** : Milk powder; red beans; fish protein hydrolisat*

ABSTRAK

Latar belakang: Susu nabati kacang merah (*Vigna angularis*) merupakan alternatif protein dan antioksidan bagi penderita intoleransi laktosa, namun memiliki kandungan asam amino dan stabilitas emulsi yang masih rendah. Defisiensi ini membatasi efektivitasnya dalam mencegah *stunting* pada 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK). Penelitian ini mengintegrasikan ikan gabus (*Chana striata*) untuk meningkatkan densitas gizi melalui asupan albumin dan asam amino esensial. Selain itu, metode *foam mat drying* dengan penambahan maltodekstrin diterapkan untuk menghilangkan aroma amis, meningkatkan kelarutan, serta memperpanjang umur simpan produk sebagai intervensi gizi strategis.

Tujuan: Mengembangkan susu bubuk berbasis kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus, serta menganalisis karakteristik fisik, dan kadar protein produk, sebagai produk pangan lokal fungsional berpotensi mendukung pemenuhan kebutuhan protein.

Metode: Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yang terdiri dari tiga level suplementasi Hidrolisat Protein Ikan Gabus (K1:1%, K2:1,5%, dan K3:2%). Analisis dilakukan terhadap tiga parameter utama, yaitu intensitas warna yang diukur dengan metode *chromameter* (sistem L*, a*, b*), daya larut metode gravimetri, dan kadar protein menggunakan metode Lowry. Seluruh data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan *One-*

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Way ANOVA untuk mengetahui pengaruh perlakuan. Jika terdapat pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan Uji Lanjut Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk menentukan perbedaan antar level perlakuan.
Hasil: Analisis fisik warna sampel menunjukan nilai *lightness* tertinggi terdapat pada sampel K3 (88.27), dan tingkat kecerahan terendah dimiliki oleh sampel K0 (86,50). Analisis kelarutan menujukan tingkat kelarutan sampel 90.30–91.33%, hal ini sesuai dengan standar susu bubuk dengan *solubility index* > 90%. Analisis kadar protein terendah pada sampel adalah 25.85% (kontrol) dan tertinggi 28.98% (K3 suplementasi HPI 2%).
Simpulan: Karakteristik warna susu bubuk kacang merah dengan HPI gabus memiliki nilai kecerahan yang sesuai dan kelarutan yang sesuai Standar Internasional (SI), kadar protein susu bubuk kacang merah dengan suplementasi HPI gabus meningkat seiring dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus.

Kata Kunci: Hidrolisat protein ikan; kacang merah; susu bubuk

PENDAHULUAN

Susu nabati merupakan minuman alternatif yang dihasilkan melalui ekstraksi bahan nabati seperti serealia, biji-bijian, dan kacang kacangan, permintaan konsumen terhadap susu nabati meningkat karena sifatnya yang bebas laktosa, dan ramah lingkungan.[1] Bahan seperti oat, kacang almond, kacang kedelai dan kacang merah sering digunakan dalam pembuatan susu nabati karena mengandung senyawa fenolik dan antioksidan yang tidak dimiliki susu hewani.[2] Kacang merah (*Vigna angularis*) merupakan salah satu jenis kacang-kacangan yang mudah dan terjangkau di indonesia sebagai sumber protein yang cukup tinggi. Pada 100 g kacang merah segar memiliki kandungan gizi yaitu 171 kkal energi, 11 g protein, 2,2 g lemak, 28,0 g karbohidrat dan 293 mg kalsium. Kacang merah kering memiliki kandungan 158 kkal energi, 103g protein, 0,9 g lemak, 28,2 g karbohidrat, dan 160 mg kalsium.[3]

Keunggulan lain pada kacang merah yaitu memiliki total fenolik mencapai 579 mg GAE/100g, yang lebih tinggi dari kacang kedelai dan kacang tanah dengan total fenolik hanya berkisar (300-490 mg GAE/100 g), selain itu kacang merah kaya akan serat dan indeks glikemik yang rendah.[4] Kandungan folat, fosfor, dan magnesium dalam kacang merah dapat mencegah cacat jantung dan membantu perkembangan saraf janin pada janin Ibu hamil, khususnya selama periode 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK), merupakan determinan utama dalam mencegah gangguan pertumbuhan linear yang berujung pada stunting.[5]

Pencegahan stunting memerlukan asupan protein berkualitas tinggi dengan komposisi asam amino esensial yang lengkap untuk mendukung sintesis jaringan dan pertumbuhan optimal. Namun, meskipun kaya akan mikronutrien, kacang merah memiliki keterbatasan berupa profil asam amino sulfur yang rendah, seperti metionin dan sistein.[6] Keberadaan zat antinutrisi seperti asam fitat juga dapat menghambat bioavailabilitas mineral penting bagi pertumbuhan janin dan anak. Secara fisik, susu kacang merah sering menghadapi kendala stabilitas emulsi, kecenderungan sedimentasi, serta aroma langu (*beany flavor*) yang dominan.[7]

Suplementasi kacang merah dengan sumber protein hewani berkualitas tinggi dapat memaksimalkan kesenjangan nutrisi dari kacang merah, salah satu bahan makanan yang memiliki protein tinggi adalah *Channa striata*, ikan gabus atau *striped snakehead* memiliki nilai ekonomi yang terus meningkat dengan permintaan pasar yang tinggi karena ketersediaannya sepanjang tahun.[8] Pemilihan ikan gabus didasarkan pada superioritas gizi dan kandungan albumin yang dimiliki ikan gabus dibandingkan spesies air tawar lain, seperti kandungan protein ikan gabus (19,60%) W/W lebih tinggi jika dibandingan dengan ikan lele, gurame dan nila dengan masing-masing kadar protein (16.07%), (17.83%), (18.11%) W/W.[9] Selain itu, kadar albumin ikan gabus memiliki angka yang lebih tinggi, yakni sebesar 3.31 g/dL, jika dibandingkan dengan komoditas ikan air tawar lainnya seperti nila 0.75 g/dL, lele 1.86 g/dL, dan gurame 2.34 g/dL.[10] Selain albumin, ikan gabus juga kaya akan asam amino esensial seperti lisin (1,54%), leusin (1,42%), dan metionin (0,53%), serta asam amino non-esensial berupa asam glutamat (2,85%) dan asam aspartat (1,79%). Kombinasi ini memastikan bahwa penambahan ikan gabus tidak hanya meningkatkan kuantitas protein, tetapi secara fundamental meningkatkan kualitas protein susu kacang merah menjadi sumber nutrisi yang lengkap dan komprehensif.[11]

Superioritas gizi dan kandungan albumin yang terdapat dalam ikan gabus tidak hanya berperan dalam perkembangan tulang gigi dan sumber gizi, tetapi juga memiliki manfaat fungsional seperti mempercepat penyembuhan luka, dan menangkal radikal bebas. Sehingga ikan gabus menjadi salah satu jenis ikan yang kini dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan suplemen.[12] Pemanfaatan ikan gabus sejauh ini masih terbatas pada bentuk suplemen dan olahan pangan tradisional. Hal ini disebabkan oleh karakteristik daging yang tebal serta profil sensoris berupa aroma dan rasa langu (*fishy odor*) yang spesifik, penerapan teknologi

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

pengolahan berbasis suhu tinggi (*thermal processing*) menjadi metode pengolahan yang banyak digunakan untuk menghilangkan aroma *fishy odor,* akan tetapi nilai gizi dan fungsional yang dimiliki ikan gabus seperti kandungan protein pada

ikan gabus dapat berkurang akibat dari *thermal processing*.[13] Untuk mengatasi penurunan status gizi, ikan gabus dapat dimanfaatkan menjadi hidrolisat protein ikan melalui proses hidrolisis menggunakan enzim papain, metode hidrolisis pada hidrolisat protein ikan gabus bermanfaat untuk memecah protein menjadi peptida dan asam amino yang lebih mudah dicerna, lebih larut, dan berpotensi memiliki sifat fungsional serta bioaktif yang lebih baik.[14] Secara proses, hidrolisis enzimatis lebih sering digunakan karena lebih efisien dan dianggap lebih aman dibandingkan hidrolisis kimia, enzim papain kemampuan memecah protein secara efektif, bekerja pada kondisi proses yang relatif ringan, dan lebih mudah diaplikasikan dalam pengolahan pangan.[15] Dalam penelitian pada kepala ikan gabus, penggunaan enzim papain dengan variasi waktu hidrolisis menunjukkan bahwa lama hidrolisis memengaruhi mutu produk, dan waktu 4 jam memberikan hasil optimal berdasarkan kadar protein dan penerimaan sensoris. Oleh karena itu, hidrolisat protein ikan dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein alternatif, bahan fortifikasi pangan, serta bahan suplementasi protein alternatif pada produk olahan seperti serealia, roti dan susu.[16] Susu bubuk dapat menjadi solusi pengembangan produk ikan gabus dan kacang merah yang efisien, praktis, memperpajang umur simpan dan berpotensi sebagai sumber protein alternatif bagi masyarakat penderita intoleran laktosa.[17] Penambahan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus (*Channa striata*) meningkatkan kandungan protein kacang merah sehingga dapat berpotensi sebagai solusi pencegahan stunting. Penambahan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus (*Channa striata*) dapat meningkatkan kandungan protein kacang merah. Dalam proses formulasi susu bubuk, maltodekstrin berperan penting sebagai bahan pengisi sekaligus penstabil. Penambahan maltodekstrin terbukti mampu meningkatkan kelarutan, menurunkan kadar air, serta mencegah aglomerasi selama proses pengeringan salah satunya dengan *foam matt* drying.[18 19 20]

METODE

Bahan dan Alat

Pengolahan sari kacang merah, hidrolisat protein ikan gabus, analisis fisik dan kimia dan analisis akan dilaksanakan di Laboratorium kimia dasar satu, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan penambahan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus pada susu kacang merah yang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada setiap unit percobaan. Data yang diperoleh akan diolah menggunakan perangkat Microsoft Excel, sedangkan analisis statistik dijalankan dengan uji *One-Way* ANOVA melalui perangkat SPSS. Sebelum dilakukan analisis varians, sebaran data dipastikan melalui uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas varians menggunakan *Levene Test* pada tingkat kepercayaan 95%. Apabila hasil uji ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata ($p < 0,05$), maka akan dilanjutkan dengan uji *Duncan* (*Duncan's Multiple Range Test*) untuk menentukan tingkat perbedaan antarperlakuan. Bahan yang digunakan pada pembuatan susu bubuk antara lain kacang merah (*Vigna angularis*) varietas Jago, ikan gabus lokal (*Channa striata*) dengan ukuran 27 cm dengan berat 200 g. Proses hidrolisis menggunakan enzim papain. Bahan tambahan yang digunakan dalam pembuatan susu bubuk meliputi maltodekstrin DE 18, susu skim, gula halus, sedangkan bahan yang digunakan untuk analisis penelitian antara lain aquabides, larutan BSA (*Bovine Serum Albumine),* NaOH-Nacl, Cusr4, K tartat, Folin 1:1. Alat yang digunakan dalam penelitian anatara lain chromameter, Sentrifuge dan spektrofotometer.Penelitian diawali dengan pengolahan kacang merah menjadi susu dan pengolahan ikan gabus menjadi hidrolisat ikan gabus. Setelah mendapatkan bahan utama, akan dilakukan formulasi yang akan dilanjutkan dengan pembuatan susu bubuk, formulasi yang akan digunakan pada penelitian adalah dengan menggunakan presentasi hidrolisat yang ditingkatkan pada sampel susu kacang merah. Sampel K0 (Kontrol) = Tanpa penambahan hidrolisat protein ikan gabus; Sampel K1 = Susu kacang merah + 1 % HPI; Sampel K2 = Susu kacang merah + 1,5 % HPI; Sampel K3 = Susu kacang merah + 2% HPI.

Pembuatan sari kacang merah[21]

Kacang merah yang telah direndam selama 12 jam dilakukan perebusan, lalu dihaluskan dengan penambahan air 1:5. Setelah mendapatkan sari kacang merah di pasteurisasi selama kurang lebih 10 menit pada suhu ± 90°C.

Pembuatan Hidrolisat Protein Ikan Gabus [22]

Ikan gabus dibersihkan dan dipisahkan dari kepala serta sirip, sehingga didapatkan hanya daging dan tulang tanpa sirip dan juga kepala. Kemudian melakukan penghancuran ikan gabus *(pure)*. setelah itu penimbangan pure ikan gabus sebanyak 80 gr.

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

selanjutnya pure dimasukan ke dalam beaker gelas dan dicampurkan dengan aquadest dan diaduk hingga homogen, perbandingan daging dan akuades (1:2). Enzim papain ditambahkan dengan konsentrasi 10% (dari berat *pure*). Campuran tersebut diaduk dan pH diatur hingga mencapai pH 7. Campuran kemudian dihidrolisis dengan cara diinkubasi dalam inkubator shaker pada suhu 55℃ selama 4 jam, selama proses hidrolisis sampel diaduk setiap 60 menit. Hasil hidrolisis dimasukkan dalam waterbath pada suhu 90℃ selama 20 menit untuk menonaktifkan enzim. Hasil kemudian disaring. Filtrat kemudian disentrifugasi menggunakan sentrifuse dingin pada 3.500 rpm selama 15 menit.

Pembuatan susu Bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat ikan gabus [23]

Pembuatan susu bubuk kacang merah yang disuplementasi dengan hidrolisat ikan gabus, diawali dengan pencampuran bahan yaitu sari kacang merah 1000 mL dan hidrolisat ikan gabus 1%, 1,5%, dan 2%, kedua bahan dicampurkan dan ditambahkan bahan penyalut yaitu maltodekstrin DE 18 sebanyak 200g , kemudian dilkukan proses mixing pada susu sehijngga menghasilkan foam yang kokoh, setelah homogen larutan sari kacang merah yang telah disuplementasi akan dilakukan pengeringan dengan menggunakan metode *foam mat drying* menggunakan oven dengan suhu 65℃ selama 12 jam.

Tabel 1. Formulasi Pembuatan Susu Bubuk Kacang Merah Suplementasi Hidrolisat Protein Ikan Gabus

Bahan	Perlakuan			
	K0 HPI 0%	K1 HPI 1%	K2 HPI 1,5 %	K3 HPI 2%
Susu kacang merah (mL)	1000	1000	1000	1000
HPI ikan gabus (mL)	0	10	15	20
Maltodekstrin DE 18 (g)	200	200	200	200

Analisis

Sampel susu bubuk yang telah diformulasi akan dilakukan pengujian karakteristik fisik meliputi uji warna menggunakan Chromameter CIE Lab.[24], dan kelarutan menggunakan metode gravimetri.[25] Pengujian karakteristik kimia kadar protein dengan metode *lowry,* dilakukan melalui tiga tahapan utama: persiapan reagen (Larutan A, B, C, dan D), ekstraksi sampel, dan pengukuran absorbansi. Sebanyak 0,25 g sampel diekstraksi menggunakan reagen NaCl-NaOH dengan bantuan *ultrasound* (15 menit) dan inkubasi suhu 60°C (90 menit). Filtrat hasil ekstraksi kemudian direaksikan dengan Larutan C dan Larutan D (reagen *Folin-Ciocalteu*), dihomogenkan, serta diinkubasi pada suhu ruang selama total 45 menit. Konsentrasi protein ditentukan berdasarkan nilai absorbansi pada panjang gelombang 650 nm yang diplotkan ke dalam kurva standar *Bovine Serum Albumin* (BSA).[26] Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat *Microsoft Excel,* sedangkan analisis statistik dijalankan dengan uji *One-Way* ANOVA pada perangkat SPSS. Uji normalitas sebaran data menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* pada tingkat kepercayaan 95% dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene Test pada tingkat kepercayaan 95%. %. Apabila hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$), akan melakukan uji Duncan sebagai analisis lanjut untuk menentukan tingkat perbedaan antarperlakuan.

HASIL

Hasil penelitian menunjukan bahwa penambahan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus memberikan pengaruh intensitas warna dan kelarutan terhadap susu bubuk kacang merah seperti yang terlihat pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisis Karakteristik Fisik Meliputi Warna dan Kelarutan Susu Bubuk Kacang Merah Suplementasi Hidrolisat Protein Ikan Gabus

Sampel	Mean±SD (%/100g) Kecerahan L*	P*	Mean±SD (%/100g) Kemerahan a*	P*	Mean±SD (%/100g) Kekuningan b*	P*	Mean±SD (%/100g) Kelarutan (%)	P*
K0	86.50 ± 0.44		2.68± 0.06^{b}		8.39± 0.24^{a}		90.30 ± 2.10	
K1	87. 03 ± 0.71	P>0.05	2.15 ± 0.10^{a}	P<0.05	9.11 ± 0.01^{b}	P<0.05	91.23 ± 1.68	P>0.05
K2	87. 05 ± 0.77		2.99 ± 0.05^{c}		8.14 ± 0.28^{a}		91.27 ± 0.25	
K3	88.27 ± 1.42		2.68± 0.06^{b}		8.83 ± 0.26^{b}		91.33 ± 1.71	

Keterangan :
K1:Susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 1% atau 10 ml.
K2:Susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 1,5% atau 15 ml.
K3:Susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 2% atau 20 ml.
Data disajikan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi (*mean* ± SD) dari tiga kali ulangan (n=3).

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Huruf superskrip yang berbeda (a, b, c) pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% α= 0,05).
Kolom *P* menunjukkan nilai signifikansi hasil uji ANOVA satu arah untuk masing-masing parameter; P < 0,05 menunjukkan pengaruh nyata, sedangkan P > 0,05 menunjukkan pengaruh tidak nyata.

Intensitas Warna

Mutu suatu pangan dipengaruhi oleh banyak faktor, akan tetapi sebelum faktor lain dilihat faktor warna akan dilihat lebih dahulu, karena menjadi parameter utama bagi kenampakan produk secara keseluruhan. Hasil visualisasi warna dari susu bubuk kacang merah yang disuplementasi dengan hidrolisat protein ikan gabus dapat dilihat pada gambar 1.

Tabel 2. Hasil Analisis Intensitas warna dengan chromameter



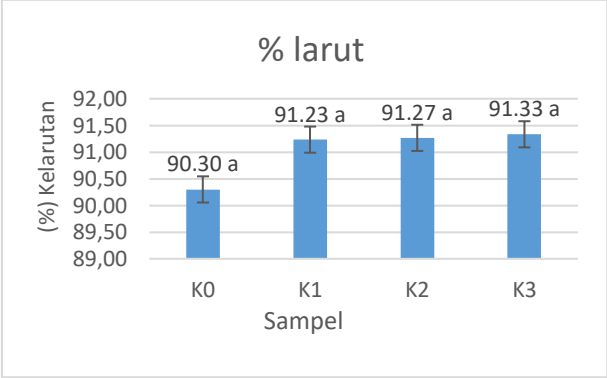
(a) (b) (c) (d)

Gambar 1. (a) visualisasi warna #E5D9CE pada sampel susu bubuk suplementasi HPI 0%. (b) visualisasi warna #E2D5C7 pada sampel susu bubuk suplementasi HPI 1%. (c) visualisasi warna #DDCFC2 pada sampel susu bubuk suplementasi HPI 1.5%, (d) visualisasi warna #E7DCCFpada sampel susu bubuk suplementasi HPI 2%.

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa penambahan hidrolisat protein ikan gabus tidak memberikan pengaruh nyata (P>0,05) terhadap kecerahan (L*) susu bubuk kacang merah. Sebaliknya, penambahan tersebut berpengaruh nyata (P<0,05) terhadap parameter kemerahan (a*) dan kekuningan (b*). Hasil uji lanjut Duncan pada parameter kemerahan (a*) menunjukkan bahwa sampel K0 berbeda nyata dengan seluruh perlakuan lainnya, di mana K1 dan K3 memiliki nilai yang tidak berbeda nyata, namun keduanya berbeda nyata dengan K2. Sementara itu, pada parameter kekuningan (b*), sampel K0 tidak berbeda nyata dengan K2, tetapi keduanya berbeda nyata dengan K1 dan K3. Sampel K1 dan K3 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata satu sama lain.

Daya Larut

Hasil analisis menunjukan bahwa perlakuan penambahan hidrolisat protein ikan gabus 0%, 1 % , 1,5%, dan 2% menghasilkan tingkat kelarutan dari 90.30-91.33% yang meningkat seiring dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus, hasil analisis dapat dilihat dalam gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kelarutan Susu Bubuk Kacang Merah Suplementasi Hidrolisat Protein Ikan Gabus

Hasil analisis menunjukan bahwa tingkat kelarutan susu bubuk kacang merah berada pada rentang nilai 90.30% hingga 91.33%. Berdasarkan data pada grafik, nilai rata-rata terendah sebesar 90.30% ditemukan pada sampel kontrol (K0), dan nilai rata-rata tertinggi sebesar 91.33% pada sampel susu bubuk dengan penambahan hidrolissat protein ikan gabus sebanyak 1.5% (K3). Hasil uji One Way anova menunjukan p>0.05 sehingga perlakuan penambahan hidrolisat protein ikan gabus tidak berpengaruh terhadap kelarutan dari susu bubuk kacang merah, meskipun tidak berpengaruh nyata

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

tingkat kelarutan susu bubuk kacang merah meningkat seiring dengan penambahan hidrolisat protein ikan gabus.

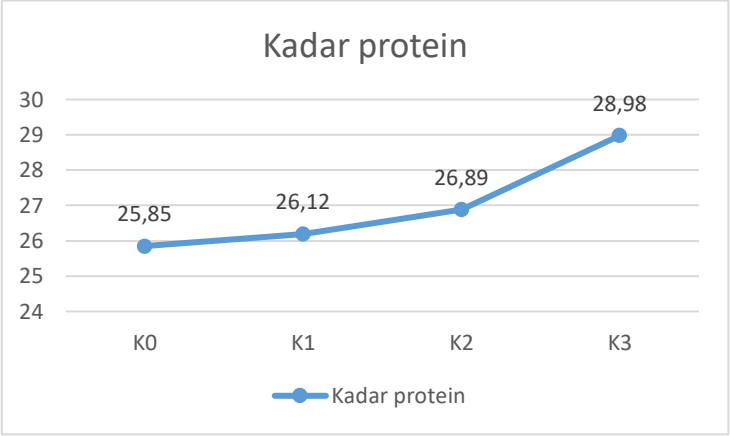
Kadar Protein

Hasil analisis kadar protein dari sampel susu bubuk kacang merah suplementasi hidrolisat protein ikan gabus menunjukan bahwa perlakuan penambahan hidrolisat protein ikan gabus 0%, 1 % , 1,5%, dan 2% pada susu bubuk kacang merah menghasilkan kadar protein yang meningkat seiring dengan penambahan hidrolisat protein ikan gabus pada susu bubuk kacang merah. Hasil analisis kadar protein dapat dilihat pada tabel 3, dan grafik peningkatan kadar protein dapat dilihat pada gambar 3.

Tabel 3. Kadar Protein Susu Bubuk Kacang Merah Suplementasi Hidrolisat Protein Ikan Gabus

Sampel	Mean ± SD (%)	p*
Kontrol (tanpa HPI)	25.85 ± 0.02[a]	p < 0.05
K1 (HPI 1%)	26.12 ± 0.01[a]	
K2 (HPI 1.5%)	26.89 ± 0.09[b]	
K3 (HPI2%)	28.98 ± 0.08[c]	

Keterangan :
K1:Susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 1% atau 10 ml.
K2:Susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 1,5% atau 15 ml.
K3:Susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 2% atau 20 ml.
Data disajikan sebagai nilai rata-rata ± standar deviasi (*mean* ± SD) dari tiga kali ulangan (n=3).
Huruf superskrip yang berbeda (a, b, c) pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar perlakuan berdasarkan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% α= 0,05).
Kolom *P* menunjukkan nilai signifikansi hasil uji ANOVA satu arah untuk masing-masing parameter; P < 0,05 menunjukkan pengaruh nyata.



Gambar 3. Grafik Kadar Protein Susu Bubuk Kacang Merah Suplementasi HPI Gabus

Hasil analisis uji ANOVA menunjukan p<0.05 sehingga penambahan hidrolisat protein ikan gabus memiliki pengaruh yang nyata pada susu bubuk kacang merah. Peningkatan konsentrasi HPI berbanding lurus dengan peningkatan kadar protein sampel, di mana nilai terendah ditemukan pada sampel kontrol sebesar 25.85% dan nilai tertinggi pada sampel K3 sebesar 28.98%.

Berdasarkan uji lanjut Duncan, sampel Kontrol tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan sampel K1 (HPI 1%), yang mengindikasikan bahwa penambahan HPI pada level 1% belum mampu meningkatkan kadar protein secara signifikan secara statistik. Namun, perbedaan nyata mulai terlihat pada sampel K2 (HPI 1.5%), di mana kadar proteinnya (26.89%) berbeda signifikan dibandingkan dengan sampel Kontrol, K1, maupun K3. Peningkatan yang paling tajam terjadi pada sampel K3 dengan konsentrasi HPI 2%, yang secara statistik menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap seluruh perlakuan lainnya.

PEMBAHASAN

Intensitas Warna

Cie Lab digunakan untuk mengevaluasi parameter kromatisitas produk yang meliputi nilai *Lightness* (L*), *redness* (a*), dan *yellownees* (b*). Nilai L* merepresentasikan tingkat kecerahan di mana angka

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

yang semakin tinggi menunjukkan warna yang cenderung putih (cerah). Nilai a* menunjukkan tingkat kemerahan jika bertanda positif (+) dan kehijauan jika negatif (-), sedangkan nilai b* menunjukkan tingkat kekuningan jika bertanda positif (+) dan kebiruan jika negatif (-).[27]

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *lightness* susu bubuk kacang merah suplementasi hidrolisat protein ikan gabus berkisar antara 86,50 hingga 88,27. Nilai kecerahan ini ditemukan menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi hidrolisat protein ikan gabus yang ditambahkan ke dalam susu bubuk kacang merah. Penurunan nilai L* mengindikasikan bahwa warna produk menjadi sedikit lebih gelap (kecokelatan), yang dipengaruhi oleh pigmen alami bahan baku serta terjadinya reaksi pencokelatan non-enzimatis selama proses hidrolisis dan pengeringan. Hidrolisat protein ikan gabus secara alami membawa pigmen gelap dari jaringan otot ikan terutama melanofor dan telah mengalami reaksi *maillard* selama proses hidrolisis enzimatik, di mana gugus amino dari protein bereaksi dengan gula pereduksi. [28 29]

Nilai *redness* (a*) yang diperoleh berada pada rentang 2,10 – 2,99, yang mencerminkan intensitas kemerahan tingkat sedang pada susu bubuk kacang merah suplementasi hidrolisat protein ikan gabus.[30] Warna kemerahan ini berasal dari pigmen antosianin kacang merah yang meskipun sebagian telah larut ke dalam air perendaman selama proses preparasi awal, sisa pigmen yang terikat dalam matriks pati tetap terbawa hingga menjadi produk bubuk.[31] Sementara itu, nilai *yellowness* (b*) ditemukan berada pada kategori rendah. Hal ini disebabkan oleh interaksi antara protein ikan gabus dengan senyawa polifenol kacang merah yang menekan intensitas pigmen alami, sehingga secara visual menyebabkan warna susu bubuk menjadi lebih pucat (kurang kuning) dibandingkan susu nabati murni.[32]

Intensitas warna susu bubuk kacang merah suplementasi hidrolisat protein ikan gabus juga sangat dipengaruhi oleh penggunaan suhu pengeringan 65°C pada metode *foam mat drying*. Suhu tersebut memicu terjadinya reaksi *Maillard* dan karamelisasi antara protein hidrolisat dengan maltodekstrin serta karbohidrat dari kacang merah. Semakin tinggi kadar hidrolisat yang ditambahkan, semakin banyak tersedia gugus amino bebas yang dapat bereaksi, sehingga mempercepat laju pembentukan senyawa polimer cokelat (*melanoidin*). Fenomena ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa suhu pengeringan memiliki korelasi kuat terhadap pencokelatan non-enzimatis, setiap kenaikan suhu 10°C dapat meningkatkan kecepatan reaksi hingga 4-8 kali lipat, yang secara kolektif menurunkan tingkat kecerahan dan memperkuat rona kecokelatan pada produk akhir.[33 34]

Daya Larut

Hasil daya larut pada rentan (90.3-91.3%) terjadi peningkatan seiring dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus, dan termasuk kedalam nilai kelarutan yang sesuai dengan standar internasional susu bubuk yauti, S1 > 90% .[35] Pada susu formula berbasis kedelai menunjukan standar internasional (SI) 73–85%, yang relatif lebih rendah dibandingkan susu sapi bubuk. maltodekstrin memiliki daya larut yang tinggi sehingga apabila ditambahkan dalam minuman akan mempercepat kecepatan melarut, maltodekstrin sebagai bahan pengisi memiliki sifat yang mudah larut dalam air karena tersusun dari gugus hidroksil bebas yang dapat mengikat air .[36] Maltodekstrin berperan menurunkan energi bebas permukaan pada partikel bubuk, yang memfasilitasi pembasahan (*wetting*) lebih cepat saat terjadi kontak dengan pelarut. Hal ini mencegah terjadinya penggumpalan (*clumping*) selama proses rehidrasi dengan cara menciptakan struktur amorf yang menghalangi kristalisasi antar molekul protein.[37] Maltodekstrin mempunyai sifat yang mampu mengikat zat-zat yang bersifat hidrofobik termasuk protein nabati yang memiliki sifat hidrofobik yang tinggi.[38] Sebagai matriks pelindung (enkapsulan), maltodekstrin menciptakan lapisan tipis di sekeliling partikel protein yang bertindak sebagai jembatan untuk menurunkan tegangan antarmuka antara protein dan air.[39]

Suplementasi hidrolisat protein ikan gabus mempengaruhi kelarutan susu bubuk kacang merah, hal ini dikarenakan HPI kaya akan peptida berukuran kecil dan asam amino hidrofilik dapat meningkatkan kemampuan protein untuk berinteraksi dengan air, sehingga meningkatkan daya larut total produk. Proses hidrolisis enzimatik menyebabkan pemutusan rantai peptida dan menyingkap gugus-gugus polar yang sebelumnya tersembunyi, sehingga meningkatkan kemampuan protein untuk berinteraksi dengan air dan meningkatkan daya larut total produk.[40 41]

Menurut penelitian Dewi, fraksi peptida hasil hidrolisis enzimatik pada ikan gabus (*Channa striata*) juga memiliki sifat emulsifikasi dan kelarutan tinggi karena peningkatan gugus polar akibat pemutusan rantai peptida selama proses hidrolisis.[42] Pengeringan menggunakan metode *foam-mat drying* merupakan faktor lain yang mempengaruhi peningkatan kelarutan karena lapisan busa menghasilkan pori halus yang memudahkan rehidrasi saat dilarutkan kembali.[43] Hasil kelarutan 90–91% menunjukkan mutu fisik yang sangat baik,

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

sesuai dengan standar mutu susu bubuk instan yang umumnya memiliki daya larut di atas 85%.[44]

Kadar Protein

Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan hidrolisat protein ikan gabus memberikan pengaruh signifikan ($P < 0.05$) terhadap peningkatan kadar protein susu bubuk kacang merah. Pada formula kontrol (tanpa penambahan hidrolisat), kadar protein yang dihasilkan adalah sebesar 25.85%, yang bersumber dari protein alami kacang merah seperti globulin (legumin dan vicilin). Seiring dengan bertambahnya konsentrasi hidrolisat protein ikan gabus, kadar protein meningkat secara bertahap 26.12% pada suplementasi 1% HPI, 26.89% pada suplementasi HPI 1.5% hingga mencapai 28.98% pada suplementasi 2% HPI gabus. Tren kenaikan ini membuktikan bahwa hidrolisat protein ikan berkontribusi secara efisien sebagai sumber protein dalam formulasi bubuk nabati.

Kadar protein yang dihasilkan dari susu bubuk kacang merah dengan suplementasi hidrolisat protein ikan gabus (25.85 – 28.98 %) menunjukan hasil kadar protein yang mendekati standar SNI susu bubuk hewani dengan standar minimal susu bubuk ≥32%, sedangkan kadar protein susu bubuk kacang merah dengan suplementasi HPI gabus ini telah jauh melampaui ambang batas minimal yang ditetapkan oleh SNI untuk minuman kedelai bubuk (nabati) yang umumnya berada pada kisaran 18% - 22%. Secara teknis, protein utama dalam kacang merah yang terdiri atas globulin (legumin dan vicilin) memang memiliki nilai gizi tinggi (20-25%), namun secara alami memiliki keterbatasan kelarutan akibat interaksi hidrofobik.[45]

Peningkatan kadar protein ini dipengaruhi oleh karakteristik hidrolisat ikan gabus yang memiliki nilai biologis tinggi dengan komposisi asam amino yang seimbang. Penggunaan enzim papain dalam proses hidrolisis secara spesifik mengonversi protein tidak larut menjadi senyawa nitrogen terlarut, seperti peptida rantai pendek dan asam amino bebas, yang meningkatkan densitas nutrisi sekaligus mempermudah penyerapan oleh tubuh. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa suplementasi hidrolisat protein ikan mampu meningkatkan kandungan protein secara signifikan pada produk roti, dan penggunaan enzim papain yang meningkatkan kadar protein pada hidrolisat Protein ikan.[46] [47] [48]

Proses hidrolisis protein dengan enzim mengakibatkan adanya konversi protein yang bersifat tidak larut menjadi senyawa nitrogen yang bersifat larut dan terurai menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, seperti peptida-peptida dan asam amino yang dapat meningkatkan protein dalam susu bubuk kacang merah dan mudah diserap oleh tubuh.[49] Proses foaming dan penggunaan stabilizer maltodekstrin pada pengeringan *foam mat drying* meningkatkan luas permukaan sehingga pengeringan rendah oksigen mencegah oksidasi protein kacang merah, stabilizer dekstrin dapatmenciptakan lapisan tipis yang mempercepat penguapan air sambil melindungi struktur protein dari degradasi termal.[50] [51]

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa suplementasi hidrolisat protein ikan gabus memberikan pengaruh yang signifikan ($p<0,05$) terhadap karakteristik kimia susu bubuk kacang merah, namun tidak memberikan pengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap karakteristik fisik sampel. Peningkatan konsentrasi hidrolisat protein berkorelasi positif dengan peningkatan kadar protein mencapai kadar tertinggi 28.98 % pada formula 2% HPI, namun berbanding terbalik dengan intensitas warna dan kelarutan produk. Secara fisik, suplementasi ini tidak mengubah tingkat kelarutan secara signifikan, dengan rentang nilai 90,30% hingga 91,33%, serta tetap mempertahankan stabilitas intensitas warna pada parameter L*, a*, dan b*. Formulasi terbaik berdasarkan profil nutrisi dan fungsionalitasnya ditemukan pada perlakuan K3 (suplementasi hidrolisat protein ikan gabus 2%). Penentuan K3 sebagai formulasi unggulan didasarkan pada kemampuannya dalam meningkatkan densitas nutrisi, tanpa mendegradasi sifat fisik kelarutan susu bubuk yang dihasilkan. Sebagai pengembangan lebih lanjut, analisis mengenai *Degree of Hydrolysis* (DH) diperlukan untuk mengoptimalkan hubungan antara tingkat hidrolisis protein dengan stabilitas fungsional produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendikbudsaintek) atas dukungan pendanaan penelitian melalui skema Hibah Penelitian Transaksional Menuju Mandiri (PTM) Tahun Anggaran 2025 dengan nomor kontrak 127/C3/DT.05.00/PL/2025;
011/LL6/PL/AL.04/2025;
01086/H.2/LPPM/06/2025.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kehinde, B. A, Panghal, A., Garg, M.K., Sharma, P., Chhikara, N. (2020). Vegetable Milk as Probiotic and Prebiotic Foods. Advance in Food and Nutrition Research, 94, 115-160. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.06.003

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

2. Sentana, A., Trisnawati, C. Y., Jati, I. R. A. P. (2017). Identifikasi Sifat Fisikokimia Dan Organoleptik Susu Nabati Yang Diformulasikan Dengan Linear Programming. Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi, 16(2), 47-51. https://doi.org/10.33508/jtpg.v16i2.1690
3. TKPI. (2017). Tabel Komposisi Pangan Indonesia. https://www.panganku.org/idID/beranda
4. Xu, S., Qin, L., Mazhar, M., & Zhu, Y. (2022). Functional components profile and glycemic index of kidney beans. *Frontiers in Nutrition*, *9*, 1044427. doi: 10.3389/fnut.2022.1044427
5. Nurhayatun, (2020) Nugget Tempe Dengan Substitusi Tepung Kacang Merah Sebagai Pangan Kaya Zat Besi Tempeh Nugget With Red Bean Flour Substitution As Iron Rich Food , Journal Sagu, 19(1), pp. 10–18. .DOI:10.31258/sagu.v19i1.7874
6. Maphosa Y, Jideani VA. The Role of Legumes in Human Nutrition [Internet]. Functional Food - Improve Health through Adequate Food. InTech; 2017. https://doi.org/10.5772/intechopen.69127
7. McClements, D. J. (2020). Development of Next-Generation Plant-Based Foods: Milk, Yogurt, and Cheese. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 373-400. DOI: 10.3390/foods9040421
8. Anwar, K., Naufal, M. F., Handajani, H., & Andriawan, S. (2020). Analysis Of Snakehead Fish (Channa Striata) Cultivation Business In Peatland, Dadahup Village, Kapuas Regency, Indonesia. *Ijota (Indonesian Journal Of Tropical Aquatic)*, *3*(2), Article 2. Https://Doi.Org/10.22219/Ijota.V3i2.13409.
9. Nurfaidah, Metusalach, Sukarno, Mahendradatta M. Protein and albumin contents in several freshwater fish species of Makassar, South Sulawesi, Indonesia. Int Food Res J. 2021;28(4):745-51.DOI:10.47836/ifrj.28.4.11
10. Wulansari D, Prasetyati SB, Ratnaningtyas S, Anasri A, Holis NR. Karakteristik mutu fisik dan hedonik serbuk ekstrak ikan gabus (*Channa striata*). Pelagicus. 2022;3(1):29-37. E-ISSN: 2828-5611. https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/pelagicus/article/view/10642/7758
11. Fitriyani, E., Nuraenah, N., & Deviarni, I. M. (2020). Perbandingan komposisi kimia, asam lemak, asam amino ikan toman (Channa micropeltes) dan ikan gabus (*Channa striata*) dari Perairan Kalimantan Barat. *Manfish Journal*, *1*(2), 71-82. DOI:10.31573/manfish.v1i02.121
12. Setyaningrum, N., Lestari, W., Krismono, K., & Nuryanto, A. (2022). Exploitation of striped snakehead (Channa striata) in Sempor Reservoir, Central Java, Indonesia: A proposed conservation strategy. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, *23*(7). **DOI:** https://doi.org/10.13057/biodiv/d230735
13. Mujito, A. I., Aulia, D., & Umidayati, U. (2024). Growth Performance And Economic Analysis Of Snakehead (*Channa Striata*) Fish Farming Semi Intensive System. *Jurnal Perikanan Unram*, *14*(2), 449-458. DOI:10.29303/jp.v14i2.792
14. Nemati M, Shahosseini SR, Ariaii P. Review of fish protein hydrolysates: production methods, antioxidant and antimicrobial activity and nanoencapsulation. Food Sci Biotechnol. 2024;33(8):1789-803. doi: 10.1007/s10068-024-01554-8
15. Deviarni IM, Nur'aenah N, Fitriyani E. Sifat kimiawi hidrolisat protein ikan gabus (*Channa striata*). J Galung Tropika. 2021;10(1):91-7.DOI: http://dx.doi.org/10.31850/jgt.v10i1.717
16. Roskananda R. Limbah industri filet ikan patin untuk hidrolisat protein. J Pengolah Has Perikan Indonesia. 2018;21(3):430-9. DOI:10.17844/jphpi.v21i2.23083
17. Ciptawati, E., Rachman, I. B., Rusdi, H. O., & Alvionita, M. (2021). Analisis perbandingan proses pengolahan ikan lele terhadap kadar nutrisinya. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, *4*(1), 45-46. DOI : https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss1.art5
18. Atamou, L., Rahmadiyah, D. C., Hassan, H., & Setiawan, A. (2023). Analysis of the Determinants of Stunting among Children Aged below Five Years in Stunting Locus Villages in Indonesia. *Healthcare*, *11*(6), 2-5. https://doi.org/10.3390/healthcare11060810
19. Yuwanti, Y., Mulyaningrum, F. M., & Susanti, M. M. (2021). Faktor–faktor yang mempengaruhi stunting pada balita di Kabupaten Grobogan. *Jurnal Keperawatan Dan Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama*, *10*(1), 74-84 DOI: https://doi.org/10.31596/jcu.v10i1.704
20. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024: Prevalensi stunting nasional turun menjadi 19,8%. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2025. Available from: https://www.kemkes.go.id
21. Aminah, S., Sulistyaningrum, H., & Rohadi, R. (2025). Karakteristik kimia dan fungsional minuman instan kecambah kedelai terfortifikasi kalsium. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 19(1), 51.

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

doi:https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i1.22284

22. Taniyo, W., Salimi, Y. K., & Iyabu, H. (2021). Karakteristik Dan Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Nike (Awaous melanocephalus). Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia, 4(2). DOI: http://dx.doi.org/10.31602/dl.v4i2.5935

23. Aminah, S., Sulistyaningrum, H., & Rohadi, R. (2025). Karakteristik kimia dan fungsional minuman instan kecambah kedelai terfortifikasi kalsium. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 19(1), 51. doi:https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i1.22284
24. Saepudin, E., Sinurat, E., & Suryabrata, I. A. 2018. Depigmentation and Characterization of Fucoidan from Brown Seaweed Sargassum binderi Sonder. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 299: 1-5. DOI:10.1088/1757-899X/299/1/012027
25. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Published by the Association of Official Analytical Chemist. Marlyand. https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005
26. Sentana, A., Trisnawati, C. Y., & Jati, I. R. A. P. (2017). Identifikasi sifat fisikokimia dan organoleptik susu nabati yang diformulasikan dengan linear programming. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi (Journal of Food Technology and Nutrition)*, *16*(2), 47-51. https://doi.org/10.33508/jtpg.v16i2.1690
27. Kaemba, Almawaty, Edi Suryanto & Christine F. Mamuaja. 2017. Karakteristik Fisikokimia Dan Aktivitas Antioksidan Beras Analog Dari Sagu Baruk (Arenga Microcarpha) Dan Ubi Jalar Ungu (*Arenga Microcarpha*).Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan, Vol. 5(1). DOI: https://doi.org/10.35799/cp.10.2.2017.27748
28. Putri R, Tamaroh S, Yulianto W. Karakteristik Kimia dan Kesukaan Snack Bar Berbahan Tepung Uwi Ungu dan Tepung Komposit. agritekno [Internet]. 24Oct.2024 [cited 28Apr.2026];13(2):156-65. Available from: https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agritekno/article/view/12643
29. Andriani, D., Masyitha, D., & Zainuddin, Z. (2017). Struktur Histologi Kulit Ikan Gabus (Channa striata)(The Histology of Skin's Snakehead Fish (Channa striata)). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, *1*(3), 283-290. https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/597728
30. Darniadi,S., Sofyan, I., Arief, D.Z. 2011. Karakteristik fisiko-kimia dan organoleptik bubuk minuman instan sari jambu biji merah (*Psidium guajava* L.) yang dibuat dengan metode *foam mat drying*. https://doi.org/10.21070/pels.v2i2.1248
31. Fitriyani, E., Deviarni, I. M., & Sasongko, L. W. (2021). Karakteristik Serbuk Hidrolisat Protein Ikan Toman (Channa micropeltes) Sebagai Penyedap Rasa Alami. *Journal Galung Tropika*, *10*(2), 256. DOI:10.31573/manfish.v1i02.121
32. Syafutri, M. I., Syaiful, F., Lidiasari, E., & Saputra,J. M. (2021). Sifat Fisikokimia dan Sensoris Tortilla dengan Penambahan Tepung Kacang Merah. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, *9*(2021), 771–781. ISBN: 978-623-399-012-7 https://share.google/gmREHRgLUyrPEbIuy
33. Hayati RN, Rohmah IA, Sa'adah K, Hikmawati SN, Muflihati I. Pembuatan Yoghurt Bubuk Susu Kedelai (Glycine max L.Meriil) Menggunakan Metode Foam Mat Drying dengan Penambahan Maltodekstrin Sebagai Bahan Penyalut. METANA [Online]. 2024 Jun;20(1):27-39. https://doi.org/10.14710/metana.v20i1.58805.
34. Nadhiroh A, Fahmi AS, Agustini TW, Rusyanto W. PENGARUH FORTIFIKASI HIDROLISAT PROTEIN IKAN TERHADAP KARAKTERISTIK DAN KOMPOSISI GIZI SNACK BAR PISANG. Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology [Online]. 2025 Aug;21(2):145-154. https://doi.org/10.14710/ijfst.21.2.145-154.
35. Purbasari, D. (2019). Aplikasi metode foam-mat drying dalam pembuatan bubuk susu kedelai instan. *Jurnal Agroteknologi*, *13*(01), 52-61. https://doi.org/10.19184/J-AGT.V13I01.9253
36. Chronakis, I S. "On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review." *Critical reviews in food science and nutrition* vol. 38,7 (1998): 599-637. doi:10.1080/10408699891274327
37. Hariadi, H., Wahyono, T., Darniadi, S., Maulana, H., Nurhadi, B., Amien, S., ... & Alasmari, A. F. (2024). Effect of maltodextrin concentration and drying temperature on the physicochemical characteristics of Sacha inchi (Plukenetia volubilis) extract powder. *Italian Journal of Food Science*, *36*(2), 74. https://doi.org/10.15586/ijfs.v36i2.2458

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

38. Udomrati S, Gohtani S. Effect of esterified oligosaccharides on the formation and stability of oil-in-water emulsions. Carbohydr Polym. 2016;143:44-50. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.02.006
39. Hayati, R. N., Rohmah, I. A., Sa'adah, K., Hikmawati, S. N., & Muflihati, I. (2024). Pembuatan Yoghurt Bubuk Susu Kedelai (Glycine max L. Meriil) Menggunakan Metode Foam Mat Drying dengan Penambahan Maltodekstrin Sebagai Bahan Penyalut. *METANA*, *20*(1), 27-39. https://doi.org/10.14710/metana.v20i1.58805.
40. Chalamaiah, M., Dinesh Kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2018). Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications A review. *Food Chemistry, 240*, 505–519. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.144
41. Tartar S, Mahendradatta M, Mursalim, Adiansyah. Characteristic of protein hydrolyzate of snakehead fish (*Channa striata*) head by using the treatment of different bromelin enzyme concentration and hydrolysis time. Int J Sci Res Sci Technol. 2019;6(4):188-96. doi: https://doi.org/10.32628/IJSRST196439
42. Dewi, E. N., Rianingsih, L., & Syaiful, F. (2022). Functional properties and antioxidant activity of snakehead fish (*Channa striata*) protein hydrolysate prepared with papain enzyme. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 26*(3), 341–353. https://doi.org/10.21608/ejabf.2022.240930
43. Purbasari, D. (2019). Aplikasi metode foam-mat drying dalam pembuatan bubuk susu kedelai instan. *Jurnal Agroteknologi*, *13*(01), 58. https://doi.org/10.19184/J-AGT.V13I01.9253
44. AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis* (21st ed.). Association of Official Analytical Chemists. https://share.google/5b5oyZUw1op6qnZvN
45. Oprea, O. B., Sannan, S., Tolstorebrov, I., Claussen, I. C., & Gaceu, L. (2024). Effects of Fish Protein Hydrolysate on the Nutritional, Rheological, Sensorial, and Textural Characteristics of Bread. *Foods*, *13*(5), 698. https://doi.org/10.3390/foods13050698.
46. Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 2970:2015 – Susu bubuk*. Badan Standardisasi Nasional. https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/9368-sni29702015
47. Ganesan, K., Xu, B., & Zhao, J. (2018). Characterization of phenolic and protein fractions from red kidney beans and their functional properties. *Food Research International, 106*, 509–518. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.029.
48. Hariyati H, Mahendradatta M, Tawali A, Langkong J. Enzymatic hydrolysis of proteins from snakehead-fish (*Channa striata*). IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2020;885(1):012015. DOI:10.1088/1757-899X/885/1/012015
49. Deviarni, I. M., Nur'aenah, N., & Fitriyani, E. (2021). Sifat Kimiawi Hidrolisat Protein Ikan Gabus (Channa striata). *Journal Galung Tropika*, *10*(1), 91-97. https://doi.org/10.31850/jgt.v10i1.717
50. Annisa S, Y.S Darmanto, U. Amalia, 2017. Pengaruh Perbedaan Spesies Ikan Terhadap Hidrolisat Protein Ikan Dengan Penambahan Enzim Papain. Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology 13 (1):24-30. https://doi.org/10.1088/1757-899X/885/1/012015
51. Purbasari dian. Aplikasi Metode Foam-Mat Drying Dalam Pembuatan Bubuk Susu Kedelai Instan. JURNAL AGROTEKNOLOGI. doi:10.19184/J-AGT.V13I01.9253

Copyright © 2026 by the Authors, Published by Department of Nutrition Science, Faculty of Medicine, Universitas Diponegoro, Journal of Nutrition College Volume 15 (3), P-ISSN: 2337-6236; E-ISSN: 2622-884X
This is an open access article under the CC BY-SA License(https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)