

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN SENSORI SNACK BAR BERBASIS TEPUNG IKAN NILA SALIN (*Oreochromis niloticus*) SEBAGAI SUMBER PROTEIN

Halyda Aulia Wildah^{1*}, Junianto², Emma Rochima², Evi Liviaty²,
Kiki Haetami², Asep Sahidin²

¹Program Magister Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran
Jalan Ir. Soekarno Km. 21, Jatinangor, Kab. Sumedang, Indonesia 45363

²Departemen Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran
Jalan Ir. Soekarno Km. 21, Jatinangor, Kab. Sumedang, Indonesia 45363

Dikirim: 24 October 2025/Disetujui: 24 Februari 2026

*Korespondensi: halyda20001@mail.unpad.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Wildah, H. A., Junianto, Rochima, E., Liviaty, E., Haetami, K., & Sahidin, A. (2026). Karakteristik fisikokimia dan sensori *snack bar* berbasis tepung ikan nila salin (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber protein. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 29(4), 346-374. <http://dx.doi.org/10.17844/j8a71e09>

Abstrak

Pemanfaatan tepung ikan pada produk *snack bar* umumnya masih berfokus pada peningkatan nilai gizi dan uji kesukaan, tanpa mengaitkan karakteristik fisikokimia bahan baku dengan performa produk akhir. Penelitian ini bertujuan menentukan sifat fisikokimia tepung ikan nila salin (TINS) serta mengkaji pengaruh variasi penambahannya terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensori *snack bar* untuk memperoleh formulasi dengan performa dan penerimaan terbaik. Tepung ikan nila salin diproduksi melalui penyiangan, presto, pengeringan, dan penggilingan. Karakterisasi TINS meliputi rendemen, ukuran partikel, morfologi partikel (SEM), warna, densitas kamba, daya serap air, kelarutan, komposisi proksimat, gugus fungsi (FTIR), dan profil asam amino. Aplikasi TINS pada *snack bar* dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor dengan tingkat penambahan 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% (tiga ulangan). Uji hedonik dilakukan oleh 25 panelis semi-terlatih dan dianalisis menggunakan uji Friedman serta uji lanjut perbandingan berganda, dengan penentuan formulasi terpilih berdasarkan pendekatan Bayes pada parameter sensori. Hasil menunjukkan bahwa TINS memiliki rendemen $7,75 \pm 0,07\%$, ukuran partikel rata-rata $164 \mu\text{m}$, densitas kamba $0,487 \pm 0,004 \text{ g/mL}$, daya serap air $3,60 \pm 0,005 \text{ mL/g}$, kelarutan $87,94 \pm 0,43\%$, serta kandungan protein tinggi dengan dominasi asam amino esensial lisina, metionina, dan treonina. *Snack bar* dengan penambahan 5% TINS merupakan perlakuan paling disukai dengan kandungan protein 12,98% dan energi 445,6 kkal/100 g. TINS berpotensi sebagai sumber protein hewani fungsional pada *snack bar* bergizi dan diterima secara sensorik.

Kata kunci: nilai gizi, pangan fungsional, protein bar, tepung nila

Physicochemical and Sensory Characteristics of Snack bars Based on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Flour as a Protein Source

Abstrak

The incorporation of fish flour into *snack bar* formulations has predominantly emphasized nutritional enrichment and consumer acceptance, while the contribution of raw material physicochemical properties to the final product performance remains insufficiently explored. This

study aimed to determine the physicochemical properties of tilapia fish meal (TINS) and examine the effect of its variations on the physical, chemical, and sensory characteristics of snack bars to obtain a formulation with optimal performance and acceptance. STFF was produced by dressing, pressure cooking, drying, and milling. The comprehensive characterization included yield, particle size distribution, particle morphology (SEM), color, bulk density, water absorption capacity, solubility, proximate composition, functional groups (FTIR), and amino acid profile. Snack bars were formulated using a completely randomized design with four levels of STFF addition (0%, 2.5%, 5%, and 7.5%; three replicates). Hedonic evaluation was conducted by 25 semi-trained panelists, and the data were analyzed using the Friedman test, followed by multiple comparison tests. The selected formulation was determined based on a Bayes approach applied to sensory parameters. The results demonstrated that STFF exhibited favorable physicochemical properties, including a yield of $7.75 \pm 0.07\%$, average particle size of $164 \mu\text{m}$, bulk density of $0.487 \pm 0.004 \text{ g/mL}$, water absorption capacity of $3.60 \pm 0.005 \text{ mL/g}$, and high solubility ($87.94 \pm 0.43\%$), along with a high protein content dominated by essential amino acids, particularly lysine, methionine, and threonine. Snack bars containing 5% STFF achieved the highest sensory acceptance and provided 12.98% protein with an energy value of 445.6 kcal/100 g. These findings indicate that STFF is a promising functional animal protein ingredient capable of enhancing both the nutritional quality and sensory performance of snack bar products.

Keywords: functional food, nutritional value, protein bar, tilapia flour

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi perikanan yang besar dengan produksi budi daya mencapai 6,37 juta ton pada 2024, namun tingkat konsumsi ikan nasional masih relatif rendah yaitu 57,5 kg/kapita/tahun, belum mencapai target yang ditetapkan (KKP, 2023; KKP, 2024). Rendahnya konsumsi ikan berkaitan dengan terbatasnya ragam produk olahan berbasis ikan yang sesuai dengan preferensi konsumen modern, terutama produk praktis siap konsumsi, sebagaimana dilaporkan pada berbagai kajian pengembangan produk olahan perikanan di Indonesia (Manteu *et al.*, 2019; Nopianti *et al.*, 2025). Ikan merupakan sumber protein hewani berkualitas tinggi yang mudah dicerna dan memiliki peran penting dalam meningkatkan kesehatan masyarakat (Rahma *et al.*, 2024).

Ikan nila merupakan salah satu komoditas budi daya unggulan di Indonesia dengan produksi yang diperkirakan mencapai sekitar 1,1 juta ton pada tahun 2025, lebih tinggi dibandingkan ikan air tawar lainnya (KKP, 2025). Potensi yang tinggi sebagai pasokan bahan baku bagi olahan industri ikan, dengan kandungan protein dalam jumlah tinggi sebesar 22,33% (Olapade *et al.*, 2016); mengandung asam amino esensial dominan di antaranya leusin dan lisina (Islam *et al.*,

2021). Lisina berfungsi untuk sintesis kolagen, pertumbuhan anak, dan fungsi imun, adapun leusin berperan dalam mendukung sintesis protein otot dan fungsi otak dalam tubuh (Nurfaidah *et al.*, 2024). Terkhusus ikan nila salin lebih disukai konsumen karena memiliki karakter sensori dengan daging berwarna putih, bertekstur lembut, dan tidak berbau lumpur (Aliah, 2017).

Upaya peningkatan konsumsi ikan dan nilai tambah produk perikanan dapat dilakukan melalui diversifikasi produk olahan. Salah satu strategi yang efektif adalah pengolahan ikan menjadi tepung ikan sebagai bahan tambahan pangan. Pemanfaatan tepung ikan sebagai bahan tambahan pangan telah banyak dilaporkan pada produk berbasis sereal dan pangan praktis, dengan tujuan meningkatkan nilai gizi tanpa menghilangkan karakteristik sensorinya (Setyarini *et al.*, 2024; Saputra *et al.*, 2024). Tepung ikan memiliki stabilitas penyimpanan yang tinggi, mudah diaplikasikan, serta fleksibel digunakan pada berbagai produk pangan yaitu roti, biskuit, kue kering, dan *snack bar* tanpa menggantikan bahan pokok utama (Safitri *et al.*, 2023). Dalam penelitian ini, tepung ikan nila salin berperan sebagai bahan tambahan fungsional yang strategis, karena berkontribusi terhadap peningkatan kandungan protein produk pada formulasi *snack bar*.



Keberhasilan aplikasi tepung ikan dalam produk pangan sangat ditentukan oleh karakteristik fisik dan kimianya, karena sifat tersebut memengaruhi kualitas produk akhir. Kandungan protein dan lemak, serta sifat fisikokimia yaitu ukuran partikel dan densitas, berpengaruh terhadap tekstur dan mutu produk (Diana *et al.*, 2023). Penelitian sebelumnya masih berfokus pada analisis proksimat dan uji organoleptik, tanpa kajian mendalam terhadap karakteristik fisikokimia dan fungsional tepung ikan sebagai bahan baku utama (Lusiana *et al.*, 2023; Salampessy *et al.*, 2023).

Snack bar merupakan salah satu produk pangan praktis yang berpotensi difortifikasi dengan tepung ikan. Produk *snack bar* komersial umumnya memiliki kandungan protein rendah (4–5%), sehingga penambahan tepung ikan dapat meningkatkan nilai gizi produk (Ardiansyah, 2020; Manteu *et al.*, 2019). Berbagai peneliti sebelumnya telah mengembangkan *snack bar* berbasis tepung ikan, antara lain menggunakan tepung ikan lele pada basis tepung jagung dan pisang (Pratista & Rahmawati, 2021), tepung ikan gabus pada basis kacang tanah (Lusiana *et al.*, 2023), tepung ikan teri pada basis tepung gandum (Mardiyah *et al.*, 2022), serta tepung ikan tongkol pada basis tepung terigu dan granola (Salampessy *et al.*, 2023).

Penelitian ini bertujuan menentukan sifat fisikokimia tepung ikan nila salin (TINS) serta mengkaji pengaruh variasi penambahannya terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensori *snack bar* untuk memperoleh formulasi dengan performa dan penerimaan terbaik. Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar ilmiah untuk optimasi formulasi *snack bar* berbasis ikan yang bergizi, stabil, dan diterima secara sensorik, sekaligus mendukung pengembangan produk pangan perikanan bernilai tambah.

BAHAN DAN METODE

Preparasi Tepung Ikan Nila Salin (TINS)

Ikan nila salin segar dengan berat rerata ± 300 g/ekor (280–320 g/ekor; total 6,7 kg) diperoleh dari kolam budi daya ikan nila salin Kecamatan Parigi, Kabupaten Pangandaran.

Pembuatan tepung menggunakan metode basah dengan autoklaf. Proses pembuatan tepung mengacu pada Maulidah (2022) dengan modifikasi. Ikan disiangi, dicuci, dan dipresto 25 menit pada suhu 120°C. Daging ikan dipisahkan secara manual dari kulit dan tulang dengan bantuan pisau baja nirkarat, kemudian dilakukan pengepresan menggunakan kain saring. Daging dikeringkan menggunakan oven listrik (Kirin KBO-250RA) pada 70°C selama 90 menit. Daging kering dihaluskan selama 5 menit menggunakan blender (Miyako BL-301 PL/AP). Tepung diayak dengan ayakan (*stainless steel mesh sieve mesh* 100, lalu disimpan dalam toples kaca kedap udara.

Pembuatan *Snack Bar* Berbasis Tepung Ikan Nila Salin

Proses pembuatan *snack bar* mengacu pada Mardiyah (2022). Tepung ikan nila salin ditimbang sesuai dengan taraf perlakuan (0; 2,5; 5; 7,5) g serta bahan-bahan lainnya ditimbang sesuai formulasi. Seluruh bahan kering dicampurkan dalam wadah yang cukup besar hingga merata. Setelah itu, vanili dan madu ditambahkan ke dalam campuran bahan kering, kemudian diaduk selama 5 menit menggunakan spatula hingga terbentuk adonan homogen. Berat total adonan berkisar 172–179 g pada tiap perlakuan. Adonan yang sudah tercampur rata kemudian dituangkan ke dalam cetakan kue yang telah dilapisi kertas roti untuk mencegah lengket, dan permukaannya diratakan hingga ketebalan 0,5–1,0 cm. Adonan dipanggang dalam oven (Kirin KBO-250RA) pada suhu 65°C selama 25 menit. Setelah matang, *snack bar* dikeluarkan dari oven dan dipotong secara manual menggunakan pisau tajam dengan ukuran $\pm 2 \times 8$ cm. *Snack bar* siap disajikan dan disimpan dalam wadah kedap udara agar tetap renyah. Formulasi pembuatan *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin dapat dilihat pada *Table 1*.

Uji Hedonik

Uji hedonik dilakukan berdasarkan SNI 2346:2015 tentang pedoman pengujian sensori pada produk perikanan (BSN, 2015). Panelis yang terlibat pada uji ini berjumlah

Table 1 Formulation of snack bars with the addition of tilapia fish flour
Tabel 1 Formulasi pembuatan *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin

Ingredients (g)	Addition of saline tilapia fish flour (g)			
	A (0)	B (2.5)	C (5)	D (7.5)
Nile tilapia fish flour	0	2.5	5	7.5
Wheat flour	100	100	100	100
Palm sugar	20	20	20	20
Honey	30	30	30	30
Vanilla	1	1	1	1
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Milk powder	20	20	20	20

25 panelis semi terlatih yaitu mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran yang memiliki ilmu serta pengalaman dalam penilaian organoleptik. Karakteristik uji hedonik *snack bar* mengacu pada SNI 4216:1996 yang meliputi aspek ketampakan, aroma, rasa dan tekstur (BSN, 1996). Penilaian dilakukan menggunakan skala hedonik 1–9, dengan skor 1 menunjukkan “sangat tidak suka”, 3 “tidak suka”, 5 “netral/biasa”, 7 “suka”, dan 9 “sangat suka”. Batas penolakan ditetapkan pada nilai ≤ 3 , yang berarti produk dengan skor sama atau kurang dari 3 dianggap tidak disukai oleh panelis. Sampel yang diuji berupa *snack bar* yang telah dipanggang dan siap dinilai.

Analisis Fisik

Analisis sifat fisik TINS meliputi rendemen, distribusi ukuran partikel, struktur permukaan, warna, densitas kamba, daya serap air, dan kelarutan. Rendemen dihitung menurut Yurinatari (2020), warna dianalisis menggunakan Color Reader (Konica Minolta CR-400) menurut Ikawati *et al.* (2024) dan Widowati *et al.* (2020). Densitas kamba ditentukan mengikuti Coulibaly *et al.* (2012), daya serap air menurut Hakim (2014), dan kelarutan mengikuti Apriyanto *et al.* (1989). Adapun uji fisik pada *snack bar* menggunakan *texture profile analysis* di antaranya kekerasan, kerapuhan, daya lekat dan kekompakan.

Rendemen

Rendemen merupakan persentase produk yang didapatkan dari perbandingan

produk yang dihasilkan dengan bahan baku (Yurinatari, 2020) menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat produk (tepung ikan)}}{\text{Berat bahan baku}} \times 100$$

Warna

Analisis warna dilakukan menggunakan *color reader* berdasarkan sistem CIELab untuk memperoleh nilai L^* , a^* , dan b^* . Berikut rumus perhitungannya menurut Ikawati *et al.* (2024) dan Widowati *et al.* (2020):

$$AE = 100 - [(100 - L)^2 + (a^2 + b^2)]^{0.5}$$

Keterangan:

L = nilai kecerahan (*lightness*) pada sistem

CIELab (0 = hitam, 100 = putih)

a = koordinat warna merah (+) atau hijau (-)

b = koordinat warna kuning (+) atau biru (-)

Densitas kamba

Densitas kamba diukur dengan memasukkan tepung ke dalam gelas ukur hingga volume tertentu tanpa pemadatan, kemudian ditimbang beratnya. Nilai densitas kamba dihitung sebagai perbandingan antara berat tepung (g) terhadap volume gelas ukur (mL). Parameter ini digunakan untuk menggambarkan kerapuhan massa tepung dalam kondisi lepas. Nilai densitas kamba dihitung dengan rumus menurut Coulibaly *et al.* (2012):

$$\text{Densitas kamba} = \frac{\text{Berat tepung (g)}}{\text{Volume gelas ukur (mL)}}$$



Daya serap air

Daya serap air dianalisis dengan menimbang tabung reaksi kosong, kemudian memasukkan 1 g sampel dan 10 mL air ke dalam tabung reaksi. Campuran dikocok selama 1 menit dan didiamkan selama 25 menit pada suhu ruang, kemudian tabung disentrifugasi pada kecepatan 4.000 rpm selama 30 menit untuk memisahkan padatan dan cairan. Padatan basah dipisahkan dan ditimbang kembali. Daya serap air dihitung berdasarkan selisih volume air awal dan volume air bebas terhadap bobot sampel. Padatan basah yang terbentuk ditimbang menggunakan rumus menurut Hakim (2014):

$$\text{Daya serap air (mL/g)} = \frac{A-B}{C}$$

A = volume awal (mL)

B = volume air bebas (mL)

C = bobot sampel (g)

Kelarutan

Uji kelarutan dilakukan dengan menimbang $\pm 0,75$ g sampel yang kemudian dilarutkan dalam 100 mL akuades. Larutan disaring menggunakan kertas saring yang telah dikeringkan pada suhu 105°C selama 30 menit dan ditimbang sebagai bobot awal (a). Kertas saring beserta residu dikeringkan kembali pada suhu 105°C selama 3 jam, didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang sebagai bobot akhir (b). Nilai kelarutan dihitung dengan mempertimbangkan kadar air sampel. Nilai kelarutan dihitung dengan rumus menurut Apriyanto *et al.* (1989):

$$\text{Kelarutan tepung} = 1 - \frac{(B-A)}{(100\% - C) \times 0,75} \times 100\%$$

A = berat kertas saring yang digunakan

B = berat kertas saring dan residu

C = kadar sampel yang digunakan

Analisis Mikrostruktur

Uji ini dilakukan pada karakterisasi fisik tepung ikan nila ~~salin~~ yang meliputi analisis distribusi ukuran partikel dengan PSA HORIBA LB 550 dan struktur permukaan yang diamati dengan SEM (JEOL JSM-6510) (Gunzler & Morris, 2015). Analisis distribusi

ukuran partikel dianalisis menggunakan metode penyinaran laser yang memungkinkan alat menampilkan nilai ukuran partikel secara otomatis dalam satuan mikrometer (μm). Untuk pengamatan struktur permukaan menggunakan SEM, sampel terlebih dahulu ditempelkan pada *carbon tape* di atas *specimen holder* dan dilapisi menggunakan *vacuum coater* hingga mencapai tekanan $\pm 3,2$ Pa. Tahap pengamatan dilanjutkan dengan melakukan *vacum* sampel di dalam ruang SEM selama ± 60 menit sebelum dilakukan pemindaian elektron pada probe level tertentu untuk menghasilkan citra topografi yang dianalisis menggunakan perangkat lunak Digital Surf versi 10.

Distribusi ukuran partikel

Distribusi ukuran partikel dilakukan menggunakan *particle size analyzer* (PSA) dengan metode penyinaran laser (Entegris, 2019). Nilai ukuran partikel ditampilkan langsung oleh alat dalam satuan mikrometer (μm). Analisis distribusi ukuran partikel pada tepung ikan nila salin dilakukan menggunakan alat *particle size analyzer* (PSA) tipe HORIBA LB 550 dengan metode penyinaran laser. Melalui sistem ini, instrumen secara otomatis memproses dan menampilkan data ukuran partikel dalam satuan mikrometer (μm) yang mencakup informasi diameter rata-rata partikel. Selain itu, hasil pengukuran digunakan untuk mengevaluasi tingkat heterogenitas partikel dengan menghitung nilai span serta menentukan kecocokan sebaran partikel tersebut terhadap model distribusi statistik seperti LogNormal. Data karakteristik ukuran partikel ini sangat penting karena berkaitan langsung dengan sifat fungsional tepung, termasuk kemampuan hidrasi dan daya serap air yang memengaruhi stabilitas struktur produk *snack bar*.

Struktur permukaan

Karakterisasi struktur permukaan tepung ikan nila salin dilakukan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) untuk mengamati morfologi partikel pada skala mikroskopis. Gunzler & Morris (2015) melaporkan bahwa sampel ditempelkan pada *carbon tape* di atas *specimen holder*, kemudian dilapisi menggunakan *vacuum*

coater hingga mencapai tekanan $\pm 3,2$ Pa. Proses pelapisan dilakukan selama ± 120 menit. Sampel dimasukkan ke ruang SEM dan divakum selama ± 60 menit sebelum dilakukan pengamatan. Analisis morfologi permukaan dilakukan dengan menembakkan elektron pada probe level tertentu, dan citra topografi permukaan dianalisis menggunakan perangkat lunak Digital Surf versi 10 (2023).

Analisis Kimia

Uji kimia pada tepung ikan nila salin meliputi analisis kadar air, abu, lemak, dan protein yang dilakukan berdasarkan standar SNI. Adapun pada produk *snack bar*, dilakukan pengujian tambahan berupa kadar karbohidrat dan nilai energi (kalori) untuk mengetahui profil gizi produk secara lengkap.

Kadar air

Kadar air dianalisis dengan metode oven mengacu pada SNI 2354.2-2015, yaitu dengan prinsip penguapan air bebas dalam sampel hingga tercapai bobot konstan (BSN, 2015). Analisis ini bertujuan mengetahui jumlah air dalam tepung ikan nila salin. Cawan dikeringkan dan ditimbang (A), diisi ± 2 g sampel dan ditimbang kembali (B). Sampel dikeringkan dalam oven 105°C selama 3 jam, didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang sebagai berat akhir (C). Perhitungan kadar air dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B-C}{B-A} \times 100$$

A = berat cawan kosong (g)

B = berat cawan + contoh awal (g)

C = berat cawan + contoh kering (g)

Kadar abu

Kadar abu ditentukan berdasarkan SNI 2354.1-2010 melalui pengabuan kering (BSN, 2010). Analisis ini bertujuan mengetahui jumlah mineral yang terkandung pada tepung ikan nila salin. Cawan porselen dipijarkan, ditimbang, dan diisi sampel ± 2 g. Sampel diabukan dalam tanur 550°C hingga abu berwarna putih keabu-abuan. Perhitungan

kadar abu dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{B-A}{\text{berat contoh}} \times 100$$

A = berat cawan kosong (g)

B = berat cawan dengan abu (g)

Kadar lemak

Penentuan kadar lemak dilakukan dengan metode ekstraksi *soxhlet* menggunakan pelarut n-heksana sesuai SNI 2354.3-2017 (BSN, 2017). Analisis ini bertujuan menentukan jumlah lemak yang terdapat pada tepung ikan nila salin. Sampel ± 2 g dibungkus kertas saring, diekstraksi dengan n-heksana menggunakan alat Soxhlet hingga pelarut jernih. Sisa lemak dikeringkan lalu ditimbang. Perhitungan kadar lemak dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{C-A}{B} \times 100$$

A = berat labu alas bulat kosong (g)

B = berat sampel (g)

C = berat labu alas bulat dan lemak hasil ekstraksi (g)

Kadar protein

Kadar protein dianalisis dengan metode Kjeldahl SNI 2354.4-2006 yang didasarkan pada penentuan kandungan nitrogen total (BSN, 2006). Sampel ± 1 g didestruksi dengan asam sulfat dan katalis, kemudian didestilasi dan dititrasi. Hasil nitrogen dikalikan faktor 6,25. Perhitungan kadar protein dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(VA-VB) \times N \text{ HCl} \times 14,007 \times 6,25}{W \times 1,000} \times 100$$

VA = mL HCl untuk titrasi contoh

VB = mL HCl untuk titrasi blangko

N = normalitas HCl standar yang digunakan

14,007 = berat atom nitrogen

6,25 = faktor konversi protein untuk ikan

W = berat contoh (g)

Kadar karbohidrat

Karbohidrat ditentukan dengan metode *by difference*, yaitu selisih dari 100% terhadap kadar air, abu, protein, dan lemak.



Kadar kalori

Kadar kalori dihitung berdasarkan AOAC 2019. Nilai energi (kalori) *snack bar* dihitung berdasarkan kontribusi makronutrien utama, yaitu protein, lemak, dan karbohidrat. Perhitungan energi dilakukan dengan mengalikan kadar protein dan karbohidrat masing-masing dengan faktor 4 kkal/g serta kadar lemak dengan faktor 9 kkal/g.

Analisis Gugus Fungsi (FTIR)

Analisis gugus fungsi tepung ikan nila salin dilakukan menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengidentifikasi ikatan kimia utama dalam sampel. Sampel tepung ikan dikeringkan dan dihaluskan menjadi serbuk homogen untuk memudahkan pengukuran. Analisis gugus fungsi mengacu pada Aryadi (2025) yang menyatakan bahwa serbuk sampel ditempatkan di atas pelat atau dicampurkan dengan KBr menjadi pelet tipis, sesuai metode standar FTIR. Setelah itu, spektrum FTIR diukur pada rentang panjang gelombang 4.000–400 cm^{-1} . Data spektrum yang diperoleh dianalisis untuk mengidentifikasi puncak-puncak karakteristik, seperti ikatan $-\text{OH}$, $-\text{NH}$, $\text{C}=\text{O}$, dan $\text{C}-\text{H}$, sehingga dapat menentukan gugus fungsi dominan dalam tepung ikan nila salin.

Profil Asam Amino

Analisis kandungan asam amino pada tepung ikan nila salin dilakukan untuk mengetahui profil nutrisi protein secara lengkap. Analisis ini menggunakan *high performance liquid chromatography* (HPLC) dengan metode AOAC (2005). Data yang diperoleh dikalkulasi dalam satuan persen berat mg/100 g sampel, sehingga dapat diketahui komposisi asam amino esensial maupun non-esensial dalam tepung ikan nila salin.

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, yaitu tingkat penambahan TINS (0%, 2,5%, 5%, dan 7,5%), dengan masing-masing perlakuan dilakukan dalam tiga ulangan sebagai unit percobaan. Data uji hedonik yang berskala ordinal dianalisis menggunakan uji *Friedman*. Apabila

terdapat perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji perbandingan berganda (*multiple comparison*). Penentuan formulasi *snack bar* terbaik berdasarkan aspek sensori dilakukan menggunakan pendekatan uji *Bayes* dengan mempertimbangkan parameter ketampakan, aroma, tekstur, dan rasa. Data karakteristik fisik dan kimia dianalisis dengan metode deskriptif komparatif (Siregar, 2014). Parameter yang diamati meliputi analisis fisik (*hardness*, *fracturability*, *adhesiveness*, dan *cohesiveness*) dan analisis kimia (kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat, dan energi).

HASIL DAN PEMBAHASAN Karakteristik Fisik Tepung Ikan Nila Salin (TINS) Rendemen TINS

Rendemen tepung ikan nila salin sebesar $7,75 \pm 0,07\%$. Nilai ini sejalan dengan Ambarwati *et al.* (2025) pada tepung ikan patin yang menghasilkan rendemen 7,3%, tepung nila 7,10% dan tepung lele 7,22%. Hal ini dipengaruhi oleh proses pengeringan serta kadar air akhir produk. Kadar air akhir tepung ikan nila salin pada penelitian ini mencapai $11,60 \pm 0,12\%$, yang berkontribusi terhadap tingginya rendemen. Pengeringan daging ikan pada suhu 70°C selama 1,5 jam menyebabkan terjadinya *case hardening*, yaitu pembentukan lapisan permukaan yang lebih cepat mengering dibandingkan bagian interior bahan. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya gradien kelembapan dan meningkatnya resistansi perpindahan massa, sehingga uap air dari bagian dalam bahan sulit berdifusi keluar secara optimal (Gulati & Datta, 2015).

Gulati & Datta (2015) menyatakan laju pengeringan yang relatif tinggi menyebabkan permukaan bahan menyusut dengan cepat dan menciptakan lapisan yang bersifat semi-impermeabel terhadap uap air. Akibatnya, sebagian kelembapan tetap terperangkap di dalam matriks bahan yang berdampak pada peningkatan bobot produk akhir. Kondisi tersebut menyebabkan kadar air tepung masih relatif tinggi dan berimplikasi pada nilai rendemen yang diperoleh. Ikan nila salin memiliki karakter jaringan otot yang mengalami adaptasi osmotik, yang dapat

memengaruhi distribusi air dalam jaringan selama pemanasan dan pengeringan (Zuhri *et al.*, 2014). Kombinasi antara sifat bahan baku dan kondisi pengeringan menentukan efisiensi pelepasan air serta rendemen tepung yang dihasilkan.

Rendemen tepung ikan nila salin mencerminkan interaksi antara proses pengeringan dan karakteristik bahan baku. Kadar air akhir yang relatif tinggi perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi stabilitas penyimpanan, sehingga diperlukan optimasi kondisi pengeringan pada penelitian selanjutnya.

Distribusi partikel TINS

Tepung ikan nila salin pada penelitian ini memiliki ukuran partikel rata-rata 164 μm , yang termasuk dalam rentang ukuran mikropartikel. Distribusi ukuran partikel bersifat heterogen dengan nilai rentang 0,57 dan menunjukkan kecocokan yang tinggi terhadap model LogNormal ($R^2 = 0,993$), sebagaimana ditunjukkan pada *Figure 1*.

Ukuran partikel TINS yang diperoleh pada penelitian ini relatif lebih besar dibandingkan tepung protein atau tepung ikan yang diproses menggunakan teknologi penghalusan intensif dan dilakukan ekstraksi dengan larutan untuk mencapai ukuran partikel $<100 \mu\text{m}$ dengan distribusi yang lebih sempit (Zhu *et al.*, 2021; Anggraeni *et al.*, 2024). Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan metode penggilingan konvensional menggunakan blender serta pengayakan *mesh*

100 yang digunakan dalam penelitian ini, sehingga membatasi tingkat reduksi ukuran partikel.

Ukuran partikel yang lebih besar diketahui memiliki kemampuan hidrasi dan daya serap air yang lebih tinggi akibat meningkatnya porositas dan ruang antarpartikel (Zhu *et al.*, 2021; Kaur *et al.*, 2024). Karakteristik ini berpotensi menguntungkan dalam aplikasi produk *snack bar*, karena dapat meningkatkan kohesi adonan dan stabilitas struktur produk. Distribusi ukuran partikel yang masih relatif heterogen dapat memengaruhi keseragaman tekstur dan performa fungsional tepung dalam sistem pangan kompleks.

Karakteristik ukuran partikel dapat memengaruhi konsistensi tekstur dan stabilitas struktur produk akhir. Oleh karena itu, optimalisasi tahap penghalusan diperlukan untuk memperoleh distribusi ukuran partikel yang lebih seragam guna meningkatkan konsistensi kualitas dan performa fungsional tepung ikan nila salin pada produk pangan berbasis protein (Zhu *et al.*, 2021; Malecki *et al.*, 2020)

Struktur permukaan TINS

Pengamatan mikrostruktur tepung ikan nila salin menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) menunjukkan partikel berukuran relatif besar dengan bentuk persegi memanjang dan struktur yang padat pada perbesaran $500\times$ (*Figure 2*). Perbesaran tepung ikan nila salin $1.000\times$ memiliki permukaan

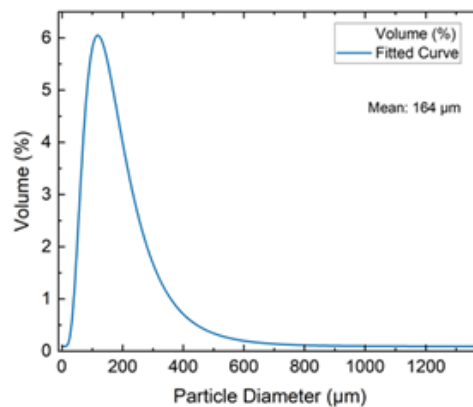


Figure 1 Particle size distribution of tilapia fish flour

Gambar 1 Distribusi partikel tepung ikan nila salin



partikel tampak kasar dengan adanya aglomerasi partikel-partikel halus yang saling melekat. Karakteristik ini mengindikasikan terbentuknya struktur yang kompak akibat kombinasi perlakuan termal selama proses presto dan pengeringan, serta gaya mekanik selama penggilingan, yang mendorong terjadinya denaturasi dan agregasi protein (Mshayisa *et al.*, 2022; Karoui *et al.*, 2025).

Denaturasi protein menyebabkan terbukanya struktur protein sehingga gugus hidrofobik lebih mudah berinteraksi dan membentuk agregat yang rapat. Kondisi ini menghasilkan morfologi permukaan yang tidak homogen dan cenderung beraglomerasi, sebagaimana umum ditemukan pada tepung protein yang diproses secara konvensional tanpa teknologi penghalusan intensif. Pola morfologi serupa juga dilaporkan pada berbagai jenis tepung berbasis protein dan sejenisnya, seperti tepung tinta cumi, tepung serangga, dan tepung jahe, yang menunjukkan permukaan kasar serta distribusi partikel yang heterogen akibat proses pengeringan dan penggilingan konvensional (Zhao *et al.*, 2020; Zhu *et al.*, 2021; Kristiningsih *et al.*, 2024).

Struktur permukaan yang padat dan beraglomerasi berimplikasi langsung terhadap sifat fungsional tepung, khususnya kelarutan, kemampuan rehidrasi, serta interaksi antarpartikel dalam matriks adonan (Kaur *et al.*, 2016; Zhu *et al.*, 2021). Partikel protein dengan permukaan kasar dan ukuran tidak seragam cenderung membentuk ikatan antarpartikel yang lebih kuat, sehingga dapat meningkatkan kohesi adonan, namun berpotensi menurunkan homogenitas distribusi bahan dalam sistem pangan apabila

tidak diimbangi dengan ukuran partikel yang seragam (Banach *et al.*, 2020; Malecki *et al.*, 2020).

Warna TINS

Tepung ikan nila salin dengan nilai L^* $79,87 \pm 0,53$ mengindikasikan tingkat kecerahan tinggi, serta nilai a^* $2,05 \pm 0,02$ dan b^* $20,17 \pm 0,03$ mencerminkan dominasi rona kuning kemerahan, ditunjukkan pada *Figure 3*. Karakteristik warna tepung ikan nila salin sejalan dengan Widowati *et al.* (2020) pada tepung ikan yang diproses secara termal. Nilai warna ini relatif lebih cerah jika dibandingkan dengan tepung ikan dari spesies yang dilaporkan sebelumnya, yaitu tepung sepat siam dengan L^* sekitar 50% lebih rendah (Putra *et al.*, 2018).

Perbedaan warna pada tepung ikan dipengaruhi oleh proses pengolahan, khususnya pengukusan dan pengeringan yang dapat memodifikasi pigmen heme serta memicu reaksi pencokelatan non-enzimatis. Pemanasan pada suhu tinggi dan durasi tertentu mendorong terjadinya reaksi *Maillard* yang menghasilkan senyawa melanoidin berwarna coklat kekuningan, sehingga berpotensi menurunkan nilai kecerahan tepung (Hosseini *et al.*, 2016). Selain itu, degradasi pigmen alami selama pemanasan turut berkontribusi terhadap perubahan nilai a^* dan b^* (Syarifa & Teti, 2013).

Perubahan warna memiliki implikasi langsung terhadap persepsi mutu produk, sehingga pengendalian suhu dan durasi pemanasan menjadi faktor kunci untuk mempertahankan kecerahan dan stabilitas warna tepung ikan nila (Honrado *et al.*,

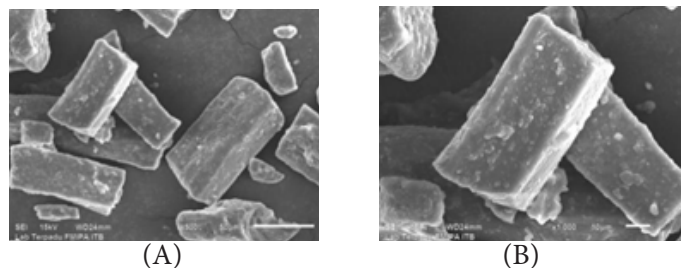


Figure 2 Particle size distribution of tilapia fish flour at 500× magnification (A) and at 1,000× magnification (B)

Gambar 2 Distribusi partikel tepung ikan nila salin perbesaran 500× (A) dan 1.000× (B)



Figure 3 Color of tilapia fish flour

Gambar 3 Warna tepung ikan nila salin

2024). Karakteristik warna tepung ikan nila salin merupakan hasil interaksi antara sifat awal bahan baku dan kondisi proses termal selama pengolahan, yang melibatkan reaksi pencokelatan seperti Maillard dan karamelisasi (Kaur *et al.*, 2024).

Densitas Kamba TINS

Tepung ikan nila salin pada penelitian ini memiliki densitas kamba $0,487 \pm 0,004$ g/mL lebih rendah dibandingkan tepung tulang ikan tuna sirip kuning dan tepung tulang ikan tenggiri, yang masing-masing dilaporkan memiliki densitas kamba $0,807-0,838$ g/mL dan $0,85-1,33$ g/mL (Giovani, 2025; Kondolele *et al.*, 2022;). Perbedaan ini mencerminkan karakter partikel tepung ikan nila salin yang lebih ringan dan kurang kompak, serta perbedaan komposisi bahan baku, mengingat tepung tulang ikan umumnya kaya mineral anorganik yang meningkatkan densitas kamba (Kondolele *et al.*, 2022).

Nilai densitas kamba dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain ukuran dan distribusi partikel, kekasaran permukaan, tingkat aglomerasi, serta komposisi kimia pada kadar lemak dan air (Suhag *et al.*, 2024). Densitas kamba yang relatif rendah pada tepung ikan nila salin menunjukkan adanya ukuran partikel yang relatif besar, bentuk partikel tidak seragam, serta kecenderungan aglomerasi yang menyebabkan penyusunan antarpartikel menjadi kurang efisien. Hasil ini sejalan dengan pengamatan mikrostruktur menggunakan SEM yang menunjukkan partikel bersifat padat dan kompak, namun tersusun secara heterogen. Fenomena ini juga dilaporkan pada berbagai sistem tepung pangan, di mana aglomerasi partikel dan heterogenitas ukuran serta bentuk partikel

berkontribusi terhadap penurunan efisiensi pengemasan dan densitas (Lee & Yoo, 2023). Kondisi ini dapat meningkatkan volume spesifik tepung sehingga memerlukan ruang penyimpanan lebih besar, namun berpotensi meningkatkan sifat fungsional tertentu yaitu kemudahan pencampuran dan rehidrasi dalam aplikasi pangan berbasis adonan protein (Jiang *et al.*, 2025).

Daya Serap Air TINS

Tepung ikan nila salin memiliki daya serap air sebesar $3,60 \pm 0,005$ mL/g. Hal ini sejalan dengan Ma'rufah *et al.* (2016) yang menunjukkan kapasitas hidrasi protein yang relatif baik. Kemampuan tersebut berkaitan dengan komposisi dan sifat protein ikan yang kaya akan gugus hidrofilik yaitu gugus amino dan karboksil yang mampu berinteraksi dengan molekul air (Oprea *et al.*, 2024). Mikrostruktur tepung ikan nila salin tidak menunjukkan pori besar atau rongga terbuka, namun denaturasi parsial protein selama proses pengeringan meningkatkan keterpaparan gugus hidrofilik sehingga menghasilkan daya serap air yang tinggi.

Tepung ikan *Labeo bata* dilaporkan memiliki kemampuan hidrasi tinggi akibat perubahan struktur protein pasca pengeringan (Tiwari *et al.*, 2023). Putra *et al.* (2018) juga melaporkan daya serap air tepung ikan sepat siam sekitar 50%, yang dikaitkan dengan kandungan protein dan karakteristik protein miofibrilnya. Menurut Asfar *et al.* (2025) hidrolisat dan konsentrat protein ikan memiliki kapasitas penyerapan air tinggi akibat peningkatan jumlah gugus hidrofilik aktif. Daya serap air tepung ikan nila salin yang relatif tinggi lebih ditentukan oleh sifat dan kualitas proteinnya dibandingkan



oleh karakteristik porositas fisik, sehingga berpotensi mendukung pembentukan tekstur dan kestabilan produk pangan berbasis tepung ikan.

Kelarutan TINS

Nilai kelarutan tepung ikan nila salin ($87,94 \pm 0,43\%$) tergolong sangat tinggi dan sebanding dengan tepung kepala ikan nila dengan kelarutan 93% (Hariyanto *et al.*, 2022). Kelarutan yang lebih tinggi pada tepung kepala nila terjadi karena dominasi protein jaringan ikat dan kolagen yang lebih mudah terdenaturasi secara parsial, sehingga meningkatkan keterpaparan gugus hidrofilik (Zhang *et al.*, 2020).

Tingginya kelarutan tepung ikan nila salin dipengaruhi oleh sifat protein ikan yang kaya gugus hidrofilik serta terjadinya denaturasi parsial selama proses pengeringan. Perlakuan termal pada suhu yang tepat dapat membuka struktur tersier protein tanpa menyebabkan agregasi berlebihan, sehingga meningkatkan keterpaparan gugus polar yang berinteraksi dengan air (Andriani *et al.*, 2013). Ukuran partikel yang relatif halus turut mendukung stabilitas dispersi dengan meningkatkan luas permukaan kontak antara partikel dan pelarut, sehingga memperbaiki interaksi dan kelarutan dalam sistem pangaplarut (Li *et al.*, 2022).

Saklani *et al.* (2024) dan Li *et al.* (2025) menyatakan bahwa modifikasi struktur protein selama pengolahan dapat meningkatkan kelarutan dan stabilitas sistem dispersi protein. Dengan demikian, nilai kelarutan yang tinggi pada tepung ikan nila salin mencerminkan karakteristik protein yang fungsional dan mendukung potensinya

sebagai sumber protein larut dalam formulasi produk pangan.

Karakteristik Kimia TINS

Table 2 menunjukkan kadar air TINS $11,60 \pm 0,13\%$, termasuk pada kategori mutu B–C, lebih rendah dari tepung ikan gabus penelitian Siswanti *et al.* (2024) 13,61%, namun lebih tinggi dibanding tepung ikan nila 10,63% (Handoyo & Assadad, 2016) dan tepung ikan gabus 10% (Wirawan *et al.*, 2018). Tingginya kadar air diduga berasal dari proses pendinginan pasca-presto, yang menyebabkan uap air dari lingkungan terkondensasi pada permukaan ikan. Kadar air TINS yang relatif tinggi dipengaruhi oleh penggunaan metode pengolahan basah menggunakan tekanan, yang meningkatkan penyerapan dan retensi kelembapan pada jaringan ikan (Saklani *et al.*, 2024).

Kadar abu TINS $1,89 \pm 0,05\%$ dan termasuk kategori mutu A. Table 2 menunjukkan kandungan mineral TINS relatif rendah dibanding tepung ikan gabus 5,96% (Fatmawati & Mardiana, 2014). Kadar abu TINS yang rendah disebabkan oleh sebagian mineral terutama kalsium dan fosfat yang larut selama proses presto (pemanasan tinggi dengan tekanan) karena mineral tersebut dapat larut dalam air panas (Saklani *et al.*, 2024). Ikan nila memiliki kandungan mineral lebih rendah pada tulang dibandingkan ikan bertulang padat misalnya gabus atau lele, sehingga menghasilkan nilai abu yang relatif kecil meskipun proses pengeringan optimal (Asefa, 2021).

Kadar lemak TINS $5,18 \pm 0,12\%$, termasuk mutu A (<10%), lebih rendah dibanding tepung ikan lele dumbo 5,65%

Table 2 Chemical composition of tilapia fish flour

Tabel 2 Kandungan kimia tepung ikan nila salin

Chemical composition (%)	Tilapia fish flour	Quality standard (SNI 2715:2013)		
		A	B	C
Moisture	11.60 ± 0.13	6-10	10-12	10-12
Ash	1.89 ± 0.05	Max. 20	Max. 25	Max. 30
Fat	5.18 ± 0.12	Max. 10	Max. 11	Max. 12
Protein	72.89 ± 0.27	Min. 60	Min. 55	Min. 50

(Riyanto *et al.*, 2021) dan tepung ikan bilih 8,84% (Medhyna, 2022). Kadar lemak TINS yang relatif rendah mencerminkan pengaruh pemanasan bertekanan dan suhu pengeringan yang mampu menguapkan lipid volatil dan memfasilitasi oksidasi lemak bebas (Saklani *et al.*, 2024). Kadar lemak yang rendah membuat mutu lebih stabil dan tidak mudah rusak (Kusumaningrum *et al.*, 2016).

Protein $72,89 \pm 0,27\%$ merupakan komponen utama TINS, termasuk kategori mutu A (>60%), lebih tinggi dibanding tepung ikan sepat siam 65,21% (Putra *et al.*, 2018). Kadar protein TINS yang tinggi tidak hanya berasal dari konsentrasi protein akibat penurunan kadar air, tetapi juga dipengaruhi oleh adaptasi fisiologis ikan nila pada lingkungan dengan salinitas yang tinggi dalam meningkatkan sintesis protein struktural dan osmoregulasi (Li *et al.*, 2024). Proses pemasakan menggunakan presto menyebabkan protein mengalami denaturasi atau perubahan struktur akibat pengaruh suhu dan tekanan tinggi, yang dapat meningkatkan keterbukaan struktur protein dan memengaruhi sifat fungsionalnya (Wang *et al.*, 2022)

Struktur protein yang terbuka akibat panas dan tekanan menyebabkan komponen protein lebih mudah terukur pada analisis proksimat, sehingga kadar protein terdeteksi lebih tinggi (Li *et al.*, 2025). Pengeringan juga mengurangi komponen non protein larut, yaitu mineral dan lipid, yang secara relatif meningkatkan proporsi protein total (Asefa, 2021). Secara keseluruhan, hasil komposisi kimia TINS menunjukkan bahwa proses pengolahan basah dan pengeringan berperan penting dalam menentukan kandungan air, mineral, lemak, dan protein, serta menunjukkan potensi TINS sebagai bahan baku tinggi protein dengan stabilitas penyimpanan yang baik.

Gugus Fungsi TINS

Hasil FTIR tepung ikan nila salin menunjukkan spektrum dengan puncak karakteristik protein, lipid, dan karbohidrat. Pita serapan pada gelombang 3.271 cm^{-1} dikaitkan dengan regangan N-H dan/atau O-H yang menandakan keberadaan gugus

amina protein serta air terikat (Angriani *et al.*, 2025). Serapan pada 2.923 dan 2.854 cm^{-1} menunjukkan regangan C-H alifatik (CH_2/CH_3) yang mengindikasikan adanya asam lemak atau trigliserida (Angriani *et al.*, 2025).

Puncak serapan 1.741 cm^{-1} berkaitan dengan regangan C=O ester yang merupakan karakteristik trigliserida dan fosfolipid. Pada *Figure 4*, pita amida I (1.620 cm^{-1}) dan amida II (1.526 cm^{-1}) pada TINS menegaskan keberadaan protein, sejalan dengan laporan Alrosan (2024). Pita amida III terdeteksi pada 1.235 cm^{-1} , terkait regangan C-N dan distorsi ikatan N-H (Nawaz *et al.*, 2020). Selain itu, pita pada 1.162 dan 1.081 cm^{-1} menunjukkan regangan C-O/C-O-C dari kerangka gliserol serta regangan simetris gugus fosfat (PO_2^-). Studi lain pada jaringan ikan dan tepung ikan menegaskan bahwa pitaamida tetap jelas menandakan integritas protein terjaga, yang berimplikasi pada potensi fungsionalnya dalam aplikasi pangan (Alamprese *et al.*, 2015).

Profil FTIR TINS menunjukkan protein yang relatif stabil dengan pita amida jelas, menandakan bahwa protein tetap menjadi komponen dominan dibanding lipid maupun karbohidrat. Hasil ini mendukung potensi fungsional tepung ikan nila salin dalam aplikasi pangan, sekaligus memberikan dasar perbandingan yang kuat dengan literatur terkait protein ikan dan tepung ikan lainnya.

Komposisi Asam Amino TINS

Profil asam amino tepung ikan nila salin dapat dilihat pada *Table 3*. Tepung ikan nila salin mengandung asam amino tertinggi glutamat, aspartat, lisina dan leusina. Lisina menjadi asam amino penentu mutu protein karena lisina sangat rentan pada proses pengolahan dengan suhu yang tinggi (Arsil & Asih, 2023). Hal ini menegaskan bahwa TINS memiliki kualitas protein yang baik dengan kontribusi penting terhadap nilai gizi, terutama dalam mendukung pertumbuhan, kesehatan, dan fungsi fisiologis tubuh.

Asam amino dalam tepung ikan tidak hanya berperan sebagai penyusun protein, tetapi juga memengaruhi karakteristik sensori produk olahan. Rasa umami ditimbulkan oleh kandungan asam glutamat, sedangkan rasa

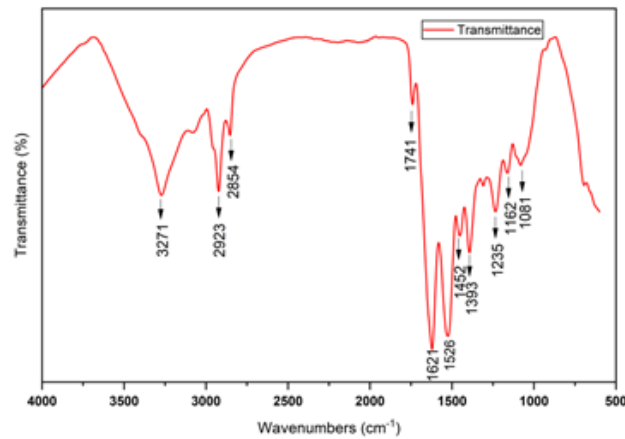


Figure 4 FTIR spectrum of tilapia fish flour

Gambar 4 Hasil FTIR tepung ikan nila salin

Table 3 Amino acid profile of Nile tilapia fish flour

Tabel 3 Profil asam amino tepung ikan nila salin

Amino acid (mg/g)	Tilapia fish flour	Commercial fish flour*
Aspartic Acid	78.8±0.40	9.31±0.04
Glutamic acid	123.5±0.20	13.36±0.05
Serine	34.1±0.40	5.17±0.05
Histidine	15.2±0.20	3.28±0.00
Glycine	36.1±0.20	9.93±0.04
Threonine	34.9±0.40	5.63±0.01
Arginine	48.4±0.40	7.95±0.02
Alanine	43.5±0.40	6.62±0.03
Tyrosine	30.4±0.30	2.46±0.00
Methionine	23.9±0.20	0.31±0.00
Valine	40.2±0.20	5.04±0.00
Phenylalanine	35.9±0.20	5.89±0.02
Isoleucine	37.3±0.30	4.46±0.01
Leucine	64.5±0.40	7.63±0.02
Lysine	71.0±0.20	6.18±0.00

*Suryaningrum *et al.* (2023)

manis dapat berasal dari asam amino yaitu serina, glisina, dan alanina (Pratiwi, 2024). Asam amino dengan rantai samping hidrofobik yaitu valina, leusina, isoleusina, fenilalanina, triptofana, metionina, dan histidina cenderung menimbulkan rasa pahit (Kato *et al.*, 1989). Asam amino yang menimbulkan rasa manis pada manusia termasuk L-glisina, L-alanina, dan L-treonina (Delompré *et al.*, 2019). Tujuh asam amino dengan konfigurasi

D (D-triptofan, D-fenilalanina, D-leusina, D-histidina, D-isoleusina, dan D-valina) juga menimbulkan rasa manis (Bassoli *et al.*, 2016). Huruf L menunjukkan bentuk bagian struktur asam amino sebagai bentuk alami penyusun protein, sedangkan huruf D terbentuk akibat pemanasan atau reaksi Maillard sehingga mengubah rasa asam amino tersebut sebagai cerminannya (Delompré *et al.*, 2019).

Karakteristik Organoleptik *Snack Bar* Ketampakan

Nilai rerata tingkat kesukaan ketampakan *snack bar* dengan berbagai tingkat penambahan tepung ikan nila salin tersaji pada *Figure 6*, dengan rerata nilai 6,68–7,88 yang menunjukkan bahwa seluruh perlakuan termasuk kategori masih disukai. Hasil uji *Friedman* menunjukkan bahwa penambahan tepung ikan nila salin tidak memberikan pengaruh nyata terhadap ketampakan *snack bar* ($p>0,05$).

Hasil ini sejalan dengan Falah *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa variasi intensitas warna coklat akibat penambahan tepung ikan pada *snack bar* tidak selalu menghasilkan perbedaan visual yang signifikan. Tepung ikan yang ditambahkan tidak terlalu dominan karena berperan sebagai bahan tambahan sehingga warna coklat yang ditimbulkan tidak terlalu berpengaruh. Perlakuan B (2,5%) dinilai paling menarik

secara visual yang ditandai dengan warna coklat merata dan tampilan seragam. Warna ini dihasilkan dari perpaduan reaksi Maillard antara gula pereduksi dan asam amino yang membentuk melanoidin berwarna coklat (Wang *et al.*, 2011; Arsa, 2016). Perlakuan A (0%) disukai karena tampilannya menyerupai produk komersial yang familiar bagi panelis (Spence, 2015).

Perlakuan D (7,5%) masih dapat diterima meskipun warna produk lebih pekat. Peningkatan kandungan protein dan mineral akibat penambahan tepung ikan dapat mempercepat reaksi pencokelatan non-enzimatis melalui peningkatan transfer panas dalam matriks produk, sehingga warna menjadi lebih gelap dan kurang seragam (Martins & Boekel, 2003). Hal ini memengaruhi variasi persepsi visual antarpanelis yang tercermin dari nilai standar deviasi yang relatif tinggi. Perlakuan B (2,5%) menghasilkan ketampakan yang paling disukai.

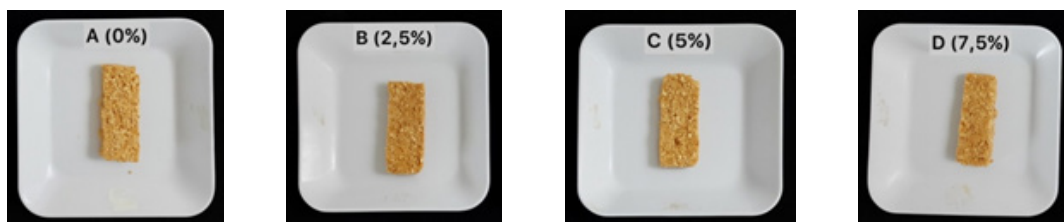


Figure 5 Appearance of snack bar with addition tilapia fish flour

Gambar 5 Ketampakan snack bar dengan penambahn tepung ikan nila salin

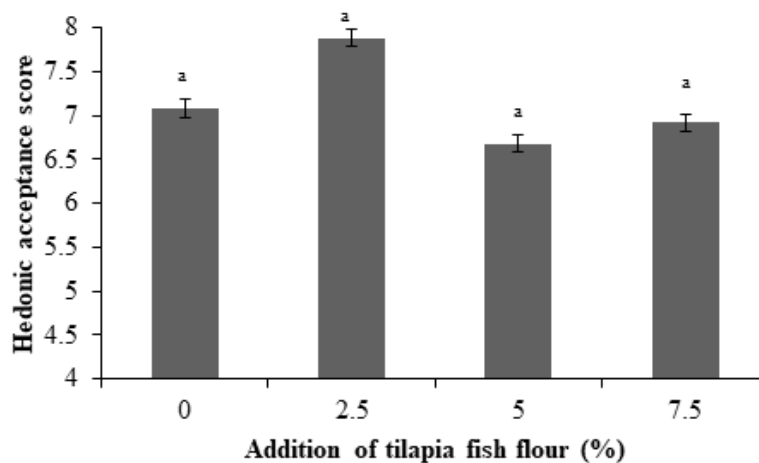


Figure 6 Average preference level for the appearance of snack bars with added tilapia fish flour

Gambar 6 Rerata tingkat kesukaan ketampakan *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin



Aroma

Hasil uji Friedman terhadap parameter aroma menunjukkan nilai $p < 0,05$, sehingga H_0 ditolak. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan nyata tingkat kesukaan aroma antarperlakuan *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin pada berbagai konsentrasi. Perbedaan tingkat kesukaan aroma antarperlakuan selanjutnya dianalisis menggunakan uji lanjut *multiple comparison* yang menunjukkan bahwa perlakuan D (7,5%) berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan A (0%), B (2,5%), dan C (5%), sejalan dengan Mardiyah *et al.* (2022) aroma *snack bar* kontrol dengan *snack bar* yang disubstitusi ikan teri memiliki perbedaan aroma yang sangat signifikan berdasarkan uji lanjut Duncan.

Berdasarkan *Figure 7*, tingkat kesukaan aroma *snack bar* berada pada nilai rerata 5,64–7,48. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan A (0%), sedangkan nilai terendah terdapat pada perlakuan D (7,5%). Tingginya tingkat kesukaan aroma pada perlakuan A disebabkan oleh tidak adanya penambahan tepung ikan, sehingga produk tidak menghasilkan aroma amis. Aroma yang terbentuk didominasi oleh aroma manis-karamel akibat proses karamelisasi selama pemanggangan. Proses ini menghasilkan senyawa volatil yaitu 5-hidroksimetilfurfural (HMF) yang memberikan aroma manis dan familiar bagi konsumen produk *snack bar* (Kroh, 1994). Aroma yang bersifat familiar tersebut diketahui dapat meningkatkan persepsi positif

dan preferensi panelis (Spence, 2015).

Perlakuan C (5%) memperoleh tingkat kesukaan aroma yang relatif tinggi karena penambahan tepung ikan pada konsentrasi ini belum menimbulkan aroma amis yang signifikan. Rumapar (2015) menyatakan bahwa tingginya tingkat kesukaan panelis terhadap aroma produk disebabkan proporsi tepung ikan yang rendah. Kandungan protein yang lebih tinggi pada perlakuan ini memungkinkan reaksi Maillard berlangsung lebih intens, sehingga terbentuk senyawa volatil beraroma panggang yaitu pirazina, furfural, dan senyawa nitrogen lainnya. Beberapa asam amino ikan, khususnya leusina dan metionina, juga berkontribusi dalam pembentukan aroma panggang khas melalui degradasi termal.

Perlakuan D (7,5%) memperoleh skor kesukaan aroma terendah. Hal ini disebabkan oleh tingginya proporsi tepung ikan yang meningkatkan pembentukan senyawa volatil penyebab aroma amis khas ikan, terutama trimetilamina (TMA) dan dimetilsulfida (DMS). Hal ini sesuai dengan Salampessy *et al.* (2023) bahwa semakin tinggi penambahan tepung ikan tongkol akan semakin memengaruhi aroma *snack bar* dan akhirnya memengaruhi tingkat kesukaan panelis. Panelis belum terbiasa dengan aroma tepung ikan teri pada kukis dalam jumlah dominan (Haq *et al.*, 2021). Secara keseluruhan, penambahan tepung ikan nila salin berpengaruh terhadap pembentukan karakter aroma *snack bar* dan perlakuan C

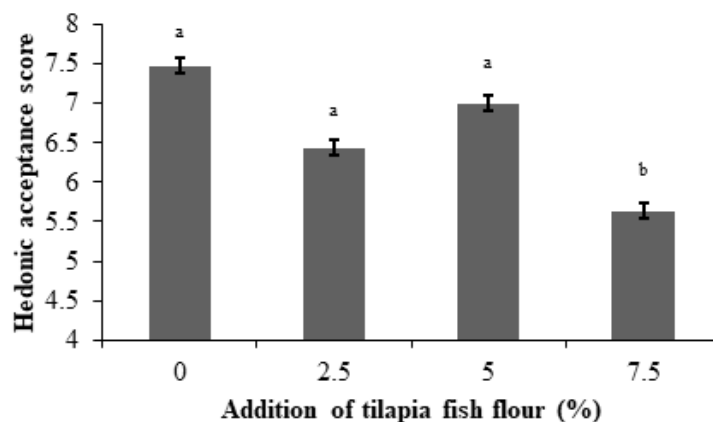


Figure 7 Average preference level for the aroma of snack bars with added tilapia fish flour

Gambar 7 Rerata tingkat kesukaan aroma *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin

(5%) menunjukkan keseimbangan terbaik antara pembentukan aroma panggang hasil reaksi Maillard dan rendahnya senyawa volatil penyebab aroma amis.

Rasa

Figure 8 menunjukkan rerata tingkat kesukaan rasa *snack bar* dengan penambahan tepung ikan berkisar antara 6,68-7,88. Perlakuan C (5%) memperoleh tingkat kesukaan rasa tertinggi, diikuti B (2,5%), sementara nilai terendah terdapat pada A (0%). Hasil uji Friedman terhadap parameter rasa menunjukkan nilai $p < 0,05$, sehingga H_0 ditolak. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan nyata tingkat kesukaan rasa antarperlakuan *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin pada berbagai konsentrasi. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan A (0%) berbeda nyata dengan perlakuan B (2,5%), C (5%), dan D (7,5%).

Perlakuan C (5%) paling disukai karena proporsi tepung ikan yang moderat menghasilkan asam amino glutamat, glisina, leusina, dan serina yang berperan dalam pembentukan rasa umami dan manis. Selama pemanggangan, asam amino tersebut bereaksi dengan gula pereduksi melalui reaksi Maillard, menghasilkan senyawa *strecker aldehyde* dan komponen cita rasa panggang yang memperkaya cita rasa produk (Lohinova & Petrusha, 2023). Selain itu, keberadaan

madu, gula aren, dan susu menyediakan glukosa, fruktosa, dan laktosa yang berperan dalam pembentukan produk Amadori melalui reaksi Maillard serta senyawa karamel melalui karamelisasi, sehingga memperkuat karakter rasa manis-gurih pada produk (Lawless *et al.*, 2010)

Perlakuan B (2,5%) juga disukai, namun belum menghasilkan kompleksitas rasa setinggi perlakuan C (5%). Penambahan tepung ikan nila salin pada konsentrasi ini tidak secara langsung menurunkan rasa manis, tetapi menyebabkan rasa manis menjadi kurang dominan. Hal ini terjadi karena sebagian gula berinteraksi dengan asam amino selama proses pemanggangan melalui reaksi Maillard, sehingga berkontribusi pada pembentukan rasa gurih dan panggang. Munculnya rasa gurih dari protein ikan tersebut dapat mengurangi dominasi rasa manis dan menghasilkan profil rasa yang kurang seimbang dibandingkan perlakuan C (5%). Ketidakseimbangan antara gula pereduksi dan asam amino dapat menghambat pembentukan senyawa cita rasa umami dan kokumi yang memberikan kedalaman rasa (Fu *et al.*, 2020).

Perlakuan D (7,5%) menghasilkan *aftertaste* ikan yang lebih kuat. Tingginya kandungan protein memungkinkan terbentuknya peptida dan senyawa degradasi protein selama pemanasan yang dapat memicu rasa pahit dan *off-flavor*, meskipun

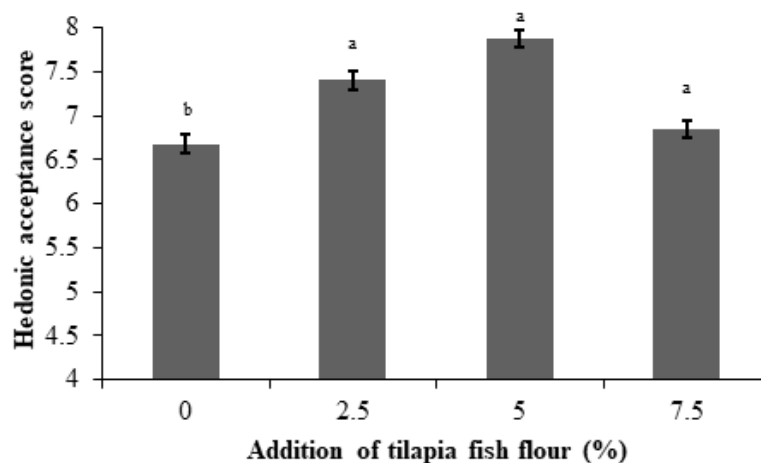


Figure 8 Average preference level for the taste of snack bars with added tilapia fish flour

Gambar 8 Rerata tingkat kesukaan rasa *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin



masih pada kategori disukai (Fu *et al.*, 2020). Perlakuan A (0%) tanpa penambahan tepung ikan menghasilkan rasa yang lebih sederhana karena hanya didominasi oleh pemanis dasar. Rasa yang kurang kompleks cenderung memberikan pengalaman sensoris yang lebih rendah, sehingga preferensinya menjadi yang terendah (Hildebrand *et al.*, 2021).

Tekstur

Parameter tekstur berdasarkan hasil uji Friedman, menunjukkan nilai $p < 0,05$, yang menandakan adanya perbedaan signifikan tingkat kesukaan tekstur *snack bar* antar perlakuan. Analisis lanjutan menunjukkan bahwa perlakuan A (0%) berbeda nyata dengan perlakuan B (2,5%), C (5%), dan D (7,5%). Berdasarkan *Figure 9*, perlakuan C (5%) menunjukkan tingkat kesukaan tertinggi, sedangkan A (0%) terendah.

Perlakuan C (5%) menghasilkan tekstur yang dinilai lebih kompak dan renyah serta nyaman saat digigit. Kondisi ini berkaitan dengan peran protein ikan dalam memperbaiki struktur matriks produk selama pemanggangan. Interaksi antara protein dan gula pereduksi berkontribusi terhadap terbentuknya jaringan adonan yang lebih menyatu dan mampu mempertahankan kelembapan, sehingga tekstur produk menjadi lebih stabil dan tidak mudah rapuh (Zhao *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2023).

Perlakuan B (2,5%) menghasilkan tekstur yang renyah namun kurang padat. Hal

ini disebabkan oleh rendahnya kandungan protein ikan yang membatasi pembentukan struktur jaringan selama pemanggangan. Mineral dari tepung ikan nila salin, yaitu kalsium dan fosfor berperan dalam memperkuat struktur namun belum cukup signifikan untuk meningkatkan kekompakan produk. Hal ini serupa dengan temuan Dietrich *et al.* (2025) pada *snack bar* berbasis protein beras, yaitu rendahnya kandungan lisina membatasi pembentukan jaringan protein sehingga menghasilkan tekstur yang kurang padat.

Peningkatan proporsi tepung ikan pada perlakuan D (7,5%) menghasilkan tekstur yang lebih keras. Pembentukan struktur yang terlalu padat berkaitan dengan meningkatnya interaksi antar komponen protein dan karbohidrat selama pemanggangan sehingga menurunkan kenyamanan saat dikunyah (Banach *et al.*, 2016; Heinonen *et al.*, 2021). Perlakuan A (0%) menghasilkan tekstur ringan dan netral, namun kurang kompak karena tidak adanya kontribusi protein ikan dalam pembentukan struktur produk (Mawarno & Putri, 2022). Formulasi C (5%) memberikan keseimbangan tekstur yang paling baik, ditandai oleh kombinasi kerapuhan yang terkendali, kelembapan yang cukup, serta kenyamanan saat dikunyah yang berperan penting dalam meningkatkan penerimaan tekstur oleh panelis (Baingana, 2024; Kamei *et al.*, 2024).

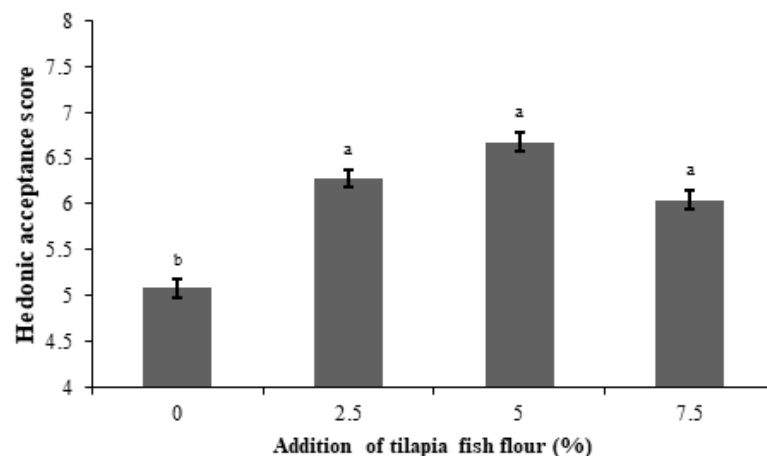


Figure 9 Average preference level for the texture of snack bars with added tilapia fish flour
Gambar 9 Rerata tingkat kesukaan tekstur *snack bar* dengan penambahan tepung ikan nila salin

Penentuan perlakuan *snack bar* terbaik

Bobot setiap kriteria ditentukan berdasarkan nilai prioritas hasil penilaian panelis yaitu rasa 0,946; aroma 0,023; tekstur 0,020; dan ketampakan 0,011. Kriteria rasa memiliki bobot paling tinggi mengindikasikan panelis lebih mengutamakan atribut rasa dasar dalam menentukan penerimaan *snack bar* dibandingkan atribut sensori lainnya. Produk makanan yang mempunyai warna, aroma, tekstur dan nilai gizi yang baik akan ditolak jika rasa tidak enak (Rahmadita, 2020). Dominannya peran rasa dalam preferensi panelis juga dilaporkan pada berbagai penelitian *snack bar* yang menunjukkan bahwa karakter rasa menjadi faktor penentu utama dalam uji hedonik, meskipun atribut lain yaitu aroma dan tekstur tetap berkontribusi terhadap persepsi produk secara keseluruhan (Haş *et al.*, 2023).

Setelah bobot kriteria ditetapkan, nilai sensori tiap perlakuan dimasukkan ke dalam matriks keputusan. Skor rata-rata masing-masing atribut sensori dikalikan dengan bobot kriteria terkait untuk memperoleh nilai alternatif yang merepresentasikan kontribusi tiap atribut terhadap penilaian keseluruhan. Seluruh nilai alternatif dijumlahkan untuk menghasilkan nilai prioritas total yang digunakan sebagai dasar penentuan perlakuan *snack bar* terbaik. Hasil perhitungan metode Bayes disajikan pada *Table 4*.

Berdasarkan nilai prioritas total, perlakuan C (5%) memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,27, diikuti oleh perlakuan B (2,5%), D (7,5%), dan A (0%). Nilai ini menunjukkan bahwa perlakuan C (5%) merupakan formulasi yang paling disukai panelis berdasarkan uji hedonik. Penambahan tepung ikan nila salin sebesar 5% menghasilkan keseimbangan atribut sensori yang paling baik, terutama pada aspek rasa yang memiliki bobot dominan dalam penilaian panelis.

Karakteristik Fisik *Snack Bar* Hardness (Kekerasan)

Table 5 menunjukkan adanya peningkatan nilai *hardness* dari perlakuan A (0%) sebesar 2.152,95 gForce menjadi 4.277,16 gForce pada perlakuan C (5%). Pada umumnya, *snack bar* berprotein tinggi memiliki nilai kekerasan yang relatif tinggi dan cenderung meningkat seiring dengan penambahan kadar protein dalam formulasi (Li *et al.*, 2008). Peningkatan ini menunjukkan bahwa tambahan tepung ikan nila salin berkontribusi terhadap pembentukan struktur *snack bar* yang lebih padat dan kaku. Secara struktural, peningkatan kandungan protein memperkuat interaksi protein–karbohidrat–gula sehingga matriks produk menjadi lebih tahan terhadap gaya tekan. Temuan ini sejalan dengan peran protein dalam pembentukan jaringan dan sifat fungsionalnya yaitu gelasi dan kemampuan mengikat air (Sharma *et al.*, 2026).

Table 4 Decision matrix based on the Bayes method
Tabel 4 Matriks penentuan keputusan berdasarkan metode Bayes

Addition of tilapia fish flour	Average score				Alternative value	Priority value
	Appearance	Aroma	Taste	Texture		
A (0)	7.08	7.48	6.68	5.08	6.67	0.23
B (2.5)	7.88	6.44	7.40	6.28	7.36	0.26
C (5)	6.68	7.00	7.88	6.68	7.82	0.27
D (7.5)	6.92	5.64	6.84	6.04	6.80	0.24
Criterion weight	0.011	0.023	0.946	0.020	28.65	1.00

The average score represents the mean rating given by panelists for each criterion;

The alternative value is calculated by multiplying the average score by its weight;

The priority value is determined by dividing the sum of alternative values by the total of all treatments;

This value indicates the relative preference for each treatment, with a higher number signifying a greater overall preference.



Table 5 Physical characteristic of snack bars for treatment A (0%) and C (5%)

Tabel 5 Karakteristik fisik *snack bar* perlakuan A (0%) dan C (5%)

Physical properties	Addition of tilapia fish flour	
	A (0%)	C (5%)
Hardness (gForce)	2,152.95	4,277.16
Fracturability (gForce)	2,163.79	3,547.42
Adhesiveness (gForce)	0.28	10.20
Cohesiveness (%)	0.10	0.21

Hasil ini sejalan dengan penelitian Małeck *et al.* (2022) dan Kaur *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa *snack bar* berkadar protein lebih tinggi umumnya memiliki nilai *hardness* yang lebih besar. Selama proses pemanggangan, peningkatan suhu menyebabkan penguapan air, pembentukan kerak permukaan, serta pengisian pori-pori adonan, sehingga produk lebih padat dan menunjukkan peningkatan kekerasan (Zulaikha *et al.*, 2021). Selain itu, reaksi *Maillard*, agregasi protein, migrasi air, dan kristalisasi gula turut berperan dalam meningkatkan kekompakan dan kekerasan struktur *snack bar* (Röttger-Wirtz & Boer, 2020; Małeck *et al.*, 2022).

Fracturability (Kerapuhan)

Nilai *fracturability* pada perlakuan C (5%) lebih tinggi (3.547,42 gForce) dibandingkan perlakuan A (0%) (2.163,79 gForce), yang menunjukkan bahwa *snack bar* dengan penambahan tepung ikan memerlukan gaya yang lebih besar untuk mengalami patahan. Peningkatan *fracturability* ini konsisten dengan meningkatnya *hardness*, menandakan bahwa struktur internal produk menjadi lebih padat dan lebih tahan terhadap keretakan awal.

Małeck *et al.* (2022) menyatakan bahwa *snack bar* dengan matriks protein yang lebih padat cenderung memiliki nilai *fracturability* yang lebih tinggi karena deformasi plastis menjadi terbatas. Struktur yang lebih kaku tidak mudah retak, namun ketika batas kekuatannya terlampaui, fraktur terjadi secara lebih jelas dan membutuhkan gaya yang lebih besar. Oleh karena itu, peningkatan *fracturability* pada perlakuan C mencerminkan terbentuknya jaringan

internal yang lebih kuat akibat penambahan protein dari tepung ikan nila salin.

Adhesiveness (daya lekat)

Nilai *adhesiveness* meningkat dari 0,28 gForce pada perlakuan A (0%) menjadi 10,20 gForce pada perlakuan C (5%). Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan tepung ikan meningkatkan daya lekat *snack bar* terhadap permukaan kontak akibat meningkatnya interaksi antara protein, air, dan komponen gula.

Protein ikan memiliki gugus polar yaitu NH_2 dan $-\text{COOH}$ yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air dan gula, khususnya dari madu sebagai bahan pengikat. Interaksi ini menghasilkan struktur semipadat yang lebih lembap dan lengket. Hal ini sejalan dengan Małeck *et al.* (2022) yang melaporkan bahwa *snack bar* dengan nilai *hardness* yang relatif lebih rendah berkaitan dengan *adhesiveness* yang lebih tinggi, namun pada sistem dengan kadar protein meningkat, *adhesiveness* dapat meningkat akibat kemampuan protein mengikat air. Peningkatan *adhesiveness* secara sensoris tercermin sebagai sensasi lengket pada gigi selama proses pengunyahan (Banach *et al.*, 2016; Allai *et al.*, 2022).

Cohesiveness (kekompakan)

Nilai *cohesiveness* meningkat dari 0,10 pada perlakuan A (0%) menjadi 0,21 pada perlakuan C (5%). *Snack bar* dengan penambahan tepung ikan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan integritas struktur selama pengunyahan dan kompresi berulang. Peningkatan *cohesiveness* terjadi akibat

interaksi yang lebih kuat antara protein, karbohidrat, dan gula, sehingga menghasilkan jaringan matriks yang lebih stabil.

Allai *et al.* (2022) menyatakan bahwa peningkatan heterogenitas bahan dan kandungan protein dapat memperkuat kohesi matriks pada *snack bar*. Proses pemanggangan mendorong karamelisasi gula dan pembentukan matriks viskoelastis yang diperkuat oleh kemampuan protein dalam mengikat air, sehingga struktur produk menjadi lebih menyatu dan tidak mudah terurai (Sukkar *et al.*, 2018; Zulaikha *et al.*, 2021).

Karakteristik Kimia

Kadar air

Table 6 menunjukkan kadar air *snack bar* pada perlakuan A (0%) adalah 2,65% dan pada perlakuan C (5%) sebesar 2,39%. Kedua nilai memenuhi batas maksimum SNI (6,10%). Nilai kadar air ini lebih rendah dibandingkan penelitian *snack bar* berbasis tepung ikan lainnya, yaitu tongkol 12,27% (Salampessy *et al.*, 2023), teri 8,27% (Mardiyah *et al.*, 2022), sidat 3,82% (Rasulu *et al.*, 2021), dan gabus 10,75% (Lusiana *et al.*, 2023).

Perbedaan ini dipengaruhi oleh kadar air bahan penyusun formulasi. Kadar air perlakuan C yang lebih rendah dibandingkan perlakuan A menunjukkan bahwa penambahan tepung ikan menurunkan kadar air produk. Tepung ikan nila salin memiliki kadar air rendah (11,50%) dan protein tinggi (72,89%). Shaviklo (2015) menyatakan bahwa

protein mengikat air melalui ikatan hidrogen, sehingga kadar air bebas yang terukur secara proksimat menurun.

Kadar abu

Kadar abu perlakuan C (1,59%) lebih rendah dibandingkan perlakuan A (1,90%). Nilai ini lebih rendah dari kadar abu *snack bar* dengan penambahan tepung ikan teri 1,98% (Lusiana *et al.*, 2023) dan 2,06% (Mardiyah *et al.*, 2022). Hasil tersebut hampir serupa dengan kadar abu *snack bar* pada penelitian Sarifudin *et al.* (2015) dan Ardiansyah (2020), yaitu berkisar 1-2%.

Penurunan kadar abu pada perlakuan C menunjukkan adanya kecenderungan efek pengenceran relatif dalam sistem pangan berbasis *snack bar*. Penurunan kadar abu pada produk disebabkan oleh pengenceran relatif dalam sistem pangan berbasis karbohidrat (Kaur *et al.*, 2024; Jindal *et al.*, 2023). Dominasi bahan berbasis karbohidrat dari tepung gandum menyebabkan mineral dari tepung ikan nila salin terdistribusi dalam matriks pangan yang besar, sehingga kontribusinya terhadap kadar abu terukur menjadi relatif lebih kecil.

Kadar lemak

Kadar lemak *snack bar* pada perlakuan A 1,26%, sedangkan perlakuan C 0,67% (menurun). Hal ini sejalan dengan Salampessy *et al.* (2023) pada *snack bar* dengan penambahan tepung ikan tongkol memiliki kadar lemak 1-2%, berbeda dengan Rasulu *et al.* (2021) yaitu 17-18%.

Table 6 Chemical characteristic of snack bars for treatment A (0%) and C (5%)

Tabel 6 Karakteristik kimia *snack bar* perlakuan A (0%) dan C (5%)

Chemical properties	Addition of tilapia fish flour		Standard*	Commercial
	A (0%)	C (5%)		
Moisture (%)	2.65	2.39	Max 6.10	-
Ash (%)	1.90	1.59	-	-
Fat (%)	1.26	0.67	Min 1.4	45
Protein (%)	10.61	12.98	25-50	4
Carbohydrate (%)	80.80	77.91	-	51
Energy (kcal/100 g)	432.1	445.6	Min 120	250

*SNI 01-4216-1996, Commercial (PT Interfood Sukses Jasindo)



Penurunan kadar lemak pada perlakuan C menunjukkan bahwa penambahan tepung ikan nila salin tidak meningkatkan kadar lemak *snack bar* secara langsung. Hal ini disebabkan oleh sifat bahan baku, yaitu rendahnya lemak ikan nila. Tepung ikan nila salin yang digunakan memiliki kadar lemak 5%, jauh di bawah batas tepung ikan berlemak tinggi (>10%) yang umumnya berasal dari ikan pelagis laut (Rustad *et al.*, 2011; FAO, 2012).

Keberadaan tepung ikan nila salin sebagai sumber protein turut memengaruhi perilaku lipid selama proses pemanggangan. Tepung ikan nila salin berasal dari ikan rendah lemak, sehingga kontribusi lipid yang ditambahkan ke dalam sistem *snack bar* relatif kecil. Kandungan protein yang tinggi berperan dalam membentuk interaksi protein–lipid selama perlakuan panas. Interaksi protein–lipid merupakan fenomena penting dalam sistem pangan karena jenis protein, komposisi lipid, dan kondisi pemrosesan menentukan pembentukan kompleks yang stabil dan memengaruhi sifat fisikokimia produk (Aruchunan *et al.*, 2025).

Kadar lemak yang lebih rendah pada perlakuan C mencerminkan karakteristik komposisi tepung ikan nila salin yang diperkuat oleh perilaku protein–lipid selama proses pemanggangan, khususnya melalui mekanisme oksidasi lipid yang menghasilkan senyawa reaktif dan selanjutnya memicu oksidasi serta agregasi protein (Geng *et al.*, 2023).

Kadar protein

Kadar protein perlakuan A 10,61% meningkat menjadi 12,98% pada perlakuan C. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan *snack bar* dengan penambahan tepung ikan tongkol 8% (Salampessy *et al.*, 2023), dan penelitian Ardiansyah (2020) 9,3%. Zulaikha *et al.* (2021) melaporkan bahwa penambahan *Tilapia dry powder* (TDP) meningkatkan kadar protein produk akhir secara linear. Karakteristik protein sangat penting bagi *snack bar* karena berpengaruh terhadap nilai gizi, mutu, dan sifat fungsional produk.

Kadar karbohidrat

Kadar karbohidrat perlakuan A (80,80%) lebih tinggi dibandingkan perlakuan C (77,91%). Nilai ini sejalan dengan Salampessy *et al.* (2023) pada *snack bar* yang menghasilkan kadar karbohidrat sebesar 72%, lebih tinggi dari Mardiyah *et al.* (2022) 60% dan Kaur *et al.* (2024) 62%. Tingginya kadar karbohidrat dipengaruhi oleh bahan utama yaitu gula, madu, dan gandum (Rasulu *et al.*, 2021). Penurunan karbohidrat pada perlakuan C terjadi karena substitusi tepung ikan yang memiliki karbohidrat lebih rendah dibandingkan bahan nabati sehingga mempengaruhi nilai karbohidrat produk akhir (Zulaikha *et al.*, 2021).

Kadar kalori

Total energi perlakuan A 432,1 kkal/100 g dan meningkat menjadi 445,6 kkal/100 g pada perlakuan C. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan *snack bar* berbasis tepung ikan gabus 409 kkal/100 g (Lusiana *et al.*, 2023); dan nila 427 kkal/100 g (Zulaikha *et al.*, 2021). Jika disesuaikan dengan ukuran sajian 20–30 g, maka energi perlakuan C berkisar 91–136 kkal/sajian.

Penelitian ini menghasilkan *snack bar* dengan kandungan energi sebesar 90 kkal per sajian 20 g, lebih tinggi dibandingkan produk komersial sejenis yang rata-rata mengandung 50 kkal. Peningkatan nilai energi ini berkaitan dengan tingginya kadar protein akibat penambahan tepung ikan nila salin. Temuan ini sejalan dengan Lusiana *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa peningkatan penambahan tepung ikan berkontribusi terhadap kenaikan nilai energi produk.

KESIMPULAN

Penambahan tepung ikan nila salin (TINS) pada perlakuan C (5%) memengaruhi karakteristik fisikokimia dan sensori *snack bar* serta menghasilkan tingkat penerimaan sensori tertinggi. Perubahan yang terjadi berada dalam kisaran mutu yang dapat diterima, sehingga menunjukkan potensi TINS sebagai sumber protein hewani dalam pengembangan *snack bar* berbasis perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, M., Rezaei, M., Farzi, G., & Undeland, I. (2018). Effect of chitosan gelatin film incorporated with oregano essential oil on the shelf life of refrigerated rainbow trout fillets. *Food Hydrocolloids*, 83, 19–28. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2138-x>
- Alamprese, C., & Casiraghi, E. (2015). Application of FT-NIR and FT-IR spectroscopy to fish fillet authentication. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 720-725. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.021>
- Aliah, R. S. (2017). Rekayasa produksi ikan nila salin untuk perairan payau di wilayah pesisir. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 10(1), 1-8 <https://doi.org/10.29122/jrl.v10i1.2117>
- Allai, F. M., Dar, B. N., Gul, K., Adnan, M., Ashraf, S. A., Hassan, M. I., Pasupuleti, V. R., & Azad, Z. R. A. A. (2022). Development of protein rich pregelatinized whole grain cereal bar enriched with nontraditional ingredient: nutritional, phytochemical, textural, and sensory characterization. *Frontiers in Nutrition*, 9(1), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.870819>.
- Alrosan, M., Almajwal, A. M., Al-Qaisi, A., Gammoh, S., H. Alu'datt, M., Al Qudsi, F., Tan, T. C., Mahmood, A., & Maghaydah, S. (2024). Molecular forces driving protein complexation of lentil and whey proteins: structure-function relationships of trehalose-conjugated protein complexes on protein digestibility and solubility. *Current Research in Structural Biology*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.crstbi.2024.100135>.
- Ambarwati, L. (2025). Karakteristik fisikokimia tepung ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*), lele (*Clarias sp.*) dan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai sumber protein. In *Proceedings of The Vocational Seminar on Marine & Inland Fisheries*, 2(1), 77-86. https://doi.org/10.15578/voc_seminar.v2i1.15349
- Andriani, B. K., & Nurhartadi, E. (2013). Pengaruh suhu pengeringan terhadap karakteristik fisik dan sensoris tepung tempe “bosok”. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 6(2), 95–102. <https://doi.org/10.20961/jthp.v0i0.13522>
- Anggraeni, N., Dewi, E. N., Susanto, A. B., & Riyadi, P. H. (2024). Karakterisasi nanokalsium tulang ikan kakap merah (*Lutjanus malabaricus*) dengan variasi waktu ekstraksi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(3), 197-207. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.50268>
- Angriani, L., Bastian, F., & Tawali, A. B. (2025). Pengaruh penambahan ekstrak bunga telang (*Clitoria ternatea*) pada tepung premiks surabi ikan gabus (*Channa striata*) sebagai pangan fungsional, 10(4), 8704-8716. <https://doi.org/10.63071/avh2bq14>
- [AOAC] Association Official Analytical Chemistry. (2005). Official method of analysis. Association Official Analytical Chemistry.
- Ardiansyah, M. I. (2020). Optimasi pembuatan *snack bar* ikan tongkol dengan metode *central composite design*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Arsa, M. (2016). Proses pencoklatan (*browning process*) pada bahan pangan. [Skripsi]. Universitas Udayana
- Arsil, Y., & Asih, E. R. (2023). Sifat fungsional *choux pastry* kering dengan substitusi konsentrat protein ikan gabus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*, 26(2), 260-270. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i2.43088>
- Aruchunan, U., Henry, C. J., & Sim, S. Y. J. (2025). Role of protein-lipid interactions for food and food-based applications. *Food Hydrocolloids*, 160(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110715>.
- Aryadi, H. T., & Intansari, D. W. A. (2025). Perawatan sampel beton dengan membran pengering dan air pengering mempengaruhi kekuatan tekan beton di Lab. KAK Kebumen. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 7(01), 393-403. <https://doi.org/10.53863/kst.v7i01.1586>
- Asefa, B. G. (2021). Nutritional and techno-functional properties of fish protein powder (FPP) from underutilized small fish (*Barbus paludinosus*) species.



- Journal Food Nutrition Science*, 9(3), 84-88. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20210903.13>
- Asfar, M., Maksum, F., Laga, A., Tawali, A. B., Mahendradatta, M., Akil, A.W., Paena, M., & Lestari, D. (2025). Nutritional characterization and functional properties of milkfish (*Chanos chanos*) protein concentrate and whole fish powder as protein and calcium ingredient products. *Food Chemistry Advances*, 9(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.101114>
- Baingana, M. (2024). Food texture perception and its influence on consumer preferences. *Journal Food Science*, 5(2), 43-55. <https://doi.org/10.47941/jfs.1847>
- Banach, J. C., Clark, S., & Lamsal, B. P. (2016). Texture and other changes during storage in model high-protein nutrition bars formulated with modified milk protein concentrates. *LWT-Food Science and Technology*, 56(1), 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.008>
- Bassoli, A., Borgonovo, G., Caremoli, F., & Mancuso, G. (2016). The taste of D and L-amino acids: in vitro binding assays with cloned human bitter (TAS2Rs) and sweet (TAS1R2/TAS1R3) receptors. *Food Chemistry*, 201(150), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.106>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (1996). SNI 4216:1996. Makanan formula sebagai makanan diet kontrol berat badan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 2354.4:2006. Cara uji kimia – bagian 4: penentuan kadar protein dengan metode total nitrogen pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2010). SNI 2354.1:2010. Cara uji kimia – bagian 1: penentuan kadar abu dan abu tak larut dalam asam pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2715:2013. Tepung ikan – bahan baku pakan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2354.2:2015. Cara uji kimia – bagian 2: penentuan kadar air pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2354.3:2017. Cara uji kimia – bagian 3: penentuan kadar lemak total pada produk perikanan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Coulibaly, A., Kouakou, B., & Chen, J. (2012). Extruded adult breakfast based on millet and soybean: nutritional and functional qualities, source of low glucemic food. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2(7), 1-9. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000151>
- Delompré, T., Guichard, E., Briand, L., & Salles, C. (2019). Taste perception of nutrients found in nutritional supplements: a review. *Nutrients*, 11(9), 1-16. <https://doi.org/10.3390/nu11092050>
- Dietrich, R. B., Lincoln, L., Momen, S., Minkoff, B. B., Sussman, M. R., & Girard, A. L. (2025). Role of protein and lipid oxidation in hardening of high-protein bars during storage. *Journal of Food Science*, 90(1), 1-17. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17663>
- Entegris. (2019). Particle size analysis overview, Billerica
- Falah, M. S., Priyono, S., & Fadly, D. (2022). Formulasi *snack bar* tepung beras merah (*Oryza nivara*) dan edamame (*Glycine max Lmerrill*): karakteristik fisikokimia dan sensori. *FoodTech: Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 25-32. <https://doi.org/10.26418/jft.v5i1.57341>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2012). The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization.
- Fatmawati, F., & Mardiana, M. (2014). Tepung ikan gabus sebagai sumber protein (*food supplement*). *Bionature*, 15, 54-60.
- Fu, Y., Zhang, Y., Soladoye, O. P., & Aluko, R. E. (2020). Maillard reaction products derived from food protein-derived peptides: insights into flavor and bioactivity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3429-

3442. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1691500>.
- Geng, L., Liu, K., & Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*, 1(1), 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>
- Giovani, S. (2025). Derajat keasaman, densitas kamba, dan warna tepung komposit termodifikasi dengan variasi suhu dan waktu autoklaf. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 20(1), 34-42. <https://doi.org/10.26623/jtphp.v20i1.10772>.
- Gulati, T., & Datta, A. K. (2015). Mechanistic understanding of case-hardening and texture development during drying of food materials. *Journal of Food Engineering*, 166(1), 119-138. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.05.03>
- Gunzler, D. D., & Morris, N. (2015). A tutorial on structural equation modeling for analysis of overlapping symptoms in co-occurring conditions using MPlus. *Statistics in Medicine*, 34(24), 3246-3280. <https://doi.org/10.1002/sim.6521>.
- Hakim, L. A. (2014). Kualitas fisik tepung sukun (*Artocarpus communis*) hasil pengeringan dengan oven *microwave*. [Skripsi]. Universitas Jember.
- Handoyo, W., & Assadad, L. (2016). Karakterisasi proses produksi dan kualitas tepung ikan di beberapa pengolah skala kecil. [Seminar Nasional Tahunan XIII Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan], Yogyakarta.
- Haq, A. D., Ratnaningsih, N., & Lastariwati, B. (2021). Substitusi tepung ikan teri (*Stolephorus* sp.) dalam pembuatan kue semprong sebagai sumber kalsium untuk anak sekolah. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(3), 292-300. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i3.36099>
- Hariyanto, A., Fahmi, A. S., & Anggo, A. D. (2022). Optimasi suhu dan waktu pengeringan kaldu bubuk kepala ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menggunakan *response surface methodology*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 4(2), 68-76. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2022.13094>
- Haş, I. M., Vodnar, D.-C., Bungau, A. F., Tarce, A. G., Tit, D. M., & Teleky, B.-E. (2023). Enhanced elderberry snack bars: a sensory, nutritional, and rheological evaluation. *Foods*, 12(19), 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods12193544>
- Heinonen, M., Gurbuz, G., & Ertbjerg, P. (2021). Oxidation of proteins. In D. B. Rodriguez-Amaya & J. Amaya-Farfan (Eds.), *Chemical Changes During Processing and Storage of Foods*, 85-123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817380-0.00003-8>
- Hildebrand, D., Rubin, D., Hadi, R., & Kramer, T. (2021). Flavor fatigue: cognitive depletion influences consumer enjoyment of complex flavors. *Journal of Consumer Psychology*, 31, 103-111. <https://doi.org/10.1002/jcpy.1167>.
- Honrado, C. A., Loureiro, I. M., Mendes, A. M., Pereira, A. G., Silva, R. M., & Trindade, M. A. (2024). Fish protein isolates from undervalued species: functional and physicochemical properties for food applications. *Foods*, 13(19), 3120. <https://doi.org/10.3390/foods13193120>.
- Hosseini, S. F., Rezaei, M., Zandi, M., & Ghavi, F. F. (2016). Effect of fish gelatin coating enriched with oregano essential oil on the quality of refrigerated rainbow trout fillet. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(6), 835-842. <https://doi.org/10.1080/10498850.2014.943917>
- Ikawati, Hasanah, R., & Mismawati, A. (2024). Pengaruh perendaman jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) terhadap karakteristik fisik dan organoleptik dari tepung kepala udang windu (*Penaeus monodon*): effect of lime (*Citrus aurantifolia*) soaking on the physical and sensory characteristics of tiger shrimp (*Panaeus monodon*) head meal. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 12(2), 101-112. <https://doi.org/10.35800/mthp.12.2.2024.53029>.
- Islam, S., Bhowmik, S., Majumdar, P. R., Srzednicki, G., Rahman, M., & Hossain, M. A. (2021). Nutritional profile of wild, pond-, gher-and cage-cultured tilapia in Bangladesh. *Heliyon*, 7(5), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06968>
- Jiang, H., Zhang, N., Xie, L., Li, G., Chen, L., &



- Liao, Z. (2025). A comprehensive review of the rehydration of instant powders: mechanisms, influencing factors, and improvement strategies. *Foods*, 14(16), 1-23. <https://doi.org/10.3390/foods1416288>
- Jindal, A., Patil, N., Bains, A., Sridhar, K., Inbaraj, S. B., Tripathi, M., Chawla, P., & Sharma, M. (2023). Recent trends in cereal and legume-based protein-mineral complexes: formulation methods, toxicity, and food applications. *Foods*, 12(21), 1-24. <https://doi.org/10.3390/foods12213898>.
- Kamei, M., Nishibe, M., Araki, R., Kohyama, K., & Kusakabe, Y. (2024). Effect of texture preference on food texture perception: exploring the role of matching food texture and preference. *Appetite*, 192, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.107078>
- Karoui, R., Hentati, F., Romdhana, H., & Mezdour, S. (2025). Physicochemical, nutritional and structural properties of mealworm powders manufactured by using different technological processes. *Food Research International*, 214, 116565. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116565>
- Kato, H., Rhue, M. R., & Nishimura, T. (1989). *Role of Free Amino Acids and Peptides in Food Taste*. In: Teranishi R., Buttery R.G., Shahidi F., editors. *Flavor chemistry trends and developments*. American Chemical Society.
- Kaur, M., Singh, B., & Kaur, A. (2024). Dry-air roasting impact on physicochemical, functional, antioxidant properties, phenolic profile and Maillard reaction products of flaxseed flour and cake flour. *Food Chemistry*, 442, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138571>
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2023). Laporan kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2022/2023. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). Data statistik kelautan dan perikanan Indonesia tahun 2024. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2025). Rencana strategis dan target produksi perikanan budidaya tahun 2025. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kondolele, S. L., Asikin, A. N., Kusumaningrum, I., Diachanty, S., & Zuraida, I. (2022). Pengaruh suhu perebusan terhadap karakteristik fisikokimia tepung tulang ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 10(3), 177-184.
- Kristiningsih, A., Witriansyah, K., Sodikin, J., & Fadlilah, I. (2024). Karakteristik fisikokimia serbuk tinta cumi yang dikeringkan dengan oven. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 18(2), 29-36. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v18i2.942>
- Kusumaningrum, I., Sutono, D., & Pamungkas, B. F. (2016). Pemanfaatan tulang ikan belida sebagai tepung sumber kalsium dengan metode alkali. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(2), 148-155. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2016.19.2.148>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food. In Food Science Text Series. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Lee, H., & Yoo, B. (2023). Particle agglomeration and properties of pregelatinized potato starch powder. *Gels*, 9(2), 1-14. <https://doi.org/10.3390/gels9020093>
- Li, C., Chen, J., Jiang, D., Feng, Y., Deng, L., Li, T., & Dai, T. (2025). Drying-resistant pea protein powders: decoding structural determinants of redispersibility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 323(2), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.147100>.
- Li, P., Li, T., Xing, S., Liu, L., & Li, Z. H. (2024). Physiological function disturbances and adaptive responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under different salinity stresses. *Fishes*, 9(12), 1-14. <https://doi.org/10.3390/fishes9120498>.
- Li, W., Jiao, B., Li, S., Faisal, S., Shi, A., Fu, W., Chen, Y., & Wang, Q. (2022). Recent advances on pickering emulsions stabilized by diverse edible particles:

- stability mechanism and applications. *Frontiers in Nutrition*, 9(1), 1-17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.864943>
- Li, Y., Szlachetka, K., Chen, P., Lin, X., & Ruan, R. (2008). Ingredient characterization and hardening of high-protein food bars: an NMR state diagram approach. *Cereal Chemical*, 85(6), 780-786. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-6-0780>.
- Lusiana, S. A., Sumule, M. U., & Raya, M. K. (2023). Uji laboratorium kandungan zat gizi makro dan zat besi *snack bar* tepung ikan gabus dengan penambahan kacang tanah. *Jurnal Penelitian*, 15(1), 78-87. <https://doi.org/10.36990/hijp.v15i1.782>
- Ma'rifah, A., Ratnani, R. D., & Riwayati, I. (2016). Pengaruh modifikasi secara enzimatis menggunakan enzim α -amylase dari kecambah kacang hijau terhadap karakteristik tepung biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 1(2), 65-70. <https://doi.org/10.31942/inteka.v1i2.1650>.
- Małeck, J., Terpiłowski, K., Nastaj, M., & Sołowiej, B. G. (2022). Physicochemical, nutritional, microstructural, surface and sensory properties of a model high-protein bars intended for athletes depending on the type of protein and syrup used. *International Journal of Environment Research Public Health*, 19(7), 1-15. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073923>
- Manteu, S. H., Yusuf, N., & Mile, L. (2019). Formulation of longgi flour-based brownies substituted with tilapia flour. *Nike: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 7(3), 55-59. <https://doi.org/10.37905/.v7i3.5029>
- Mardiyah, U., Jamil, S. N. A., Muqsith, A., & Rodiyah, S. (2022). Analisis sensori dan nilai gizi *snack bar* substitusi tepung ikan teri (*Stolephorus* sp.) sebagai alternatif makanan selingan. *Samakia*, 13(2), 155-161. <https://doi.org/10.35316/jsapi.v13i2.2225>
- Martins, S. I. F. S., & van Boekel, M. A. J. S. (2003). Melanoidins extinction coefficient in the glucose/glycine maillard reaction. *Food Chemistry*, 83(1), 135-142. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(03\)00219-x](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(03)00219-x)
- Maulidah, R., Istyadji, M., & Sauqina, S. (2022). Pengaruh lama pemasakan yang berbeda terhadap kadar protein dan lemak tepung ikan papuyu (*Anabas testudineus*). *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*, 1(3), 171-179. <https://doi.org/10.57218/juster.v1i3.370>
- Mawarno, B. A. S., & Putri, A. S. (2022). Karakteristik fisikokimia dan sensoris *snack bar* tinggi protein bebas gluten dengan variasi tepung beras, tepung kedelai dan tepung tempe. *AgriHealth*, 3(1), 47-64. <https://doi.org/10.20961/agrihealth.v3i1.60632>
- Medhyna, V. (2022). Aspek laboratorium tepung ikan bilih (*M-Padangensis*) sebagai inovasi pengolahan MP-ASI. *Human Care Journal*, 7(2), 482-486. <https://doi.org/10.32883/hcj.v7i2.1760>
- Mshayisa, V. V., Wyk, J., & Zozo, B. (2022). Nutritional, techno-functional and structural properties of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae flours and protein concentrates. *Foods*, 11(5), 1-120. <https://doi.org/10.3390/foods11050724>
- Nopianti, R., Widiastuti, I., Supriadi, A., Nugroho, G. D., Lestari, S., & Andini, J. (2025). Karakteristik fisikokimia dan sensori pempek ikan tenggiri (*Scomberomorus commerson*) kombinasi dengan ikan kakap putih (*Lates calcarifer*). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(9), 815-827. <https://doi.org/10.17844/5qedt427>
- Nurfaidah, N., Metusalach, M., Mahendradatta, M., Sukarno, S., Sufardin, S., Fahrizal, A., & Sulfiana, S. (2024). Profil proksimat, asam amino, dan asam lemak mpasi dengan bahan baku tepung ikan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(5), 431-445. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i5.5009>
- 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), 1-18. <https://doi.org/10.3390/foods13050698>



- Pratiwi, C. A. (2024). Daya simpan *snack bar* dengan formulasi tempe (*Rhizopus oryzae*) dan kurma (*Phoenix dactylifera*) untuk air crew sebagai alternatif makanan selingan. [Skripsi]. Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto.
- Putra, W. P., Nopianti, R., & Herpandi, H. (2018). Kandungan gizi dan profil asam amino tepung ikan sepat siam (*Trichigaster pectoralis*). *Fishtech*, 6(1), 174–185. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v6i2.5849>
- Rahma, A. A., Nurlaela, R. S., Meilani, A., Saryono, Z. P., & Pajrin, A. D. (2024). Ikan sebagai sumber protein dan gizi berkualitas tinggi bagi kesehatan tubuh manusia. *Karimah Tauhid*, 3(3), 3.132–3.142. <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i3.12341>.
- Rahmadita. (2020). Pengaruh penambahan tepung kecambah kacang hijau (*Phaseolus radiates* L.) terhadap mutu organoleptik dan kadar protein pada kue semprong sebagai pmt ibu hamil. [Skripsi]. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Perintis Padang
- Rasulu, H., Rodianawati, I., Hasbullah, A. N., Umalekhoa, I., & Kamaluddin, A. K. (2021). Physicochemical properties of sago flour food bars fortified with white sweet potato flour and sidat fish flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 709(1), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/709/1/012053>.
- Riyanto, B., Sinulingga, F., Trilaksani, W., Fauziah, S., Krisnawan, W. V., & Rahmat, M. Z. (2021). Formulasi pangan darurat cookies dengan pengkayaan tepung ikan lele dan minyak ikan mata tuna. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 12(2), 175–181. <https://doi.org/10.24127/ajpt.v12i2.175-181>.
- Röttger-wirtz, s., & De Boer, A. (2020). Personalised nutrition: The EU's fragmented legal landscape and the overlooked implications of EU food law. *European Journal of Risk Regulation*, 12(1), 212–235. <https://doi.org/10.1017/err.2020.79>
- Rustad, T., Storror, I., & Slizyte, R. (2011). Possibilities for the utilisation of marine by-products. *International Journal of Food Science*, 46(10), 2001–2014. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02736.x>
- Safitri, E., Anggo, A. D., & Rianingsih, L. (2023). Pengaruh penambahan tepung ikan nila (*Oreochromis niloticus*) terhadap kualitas dan daya terima fish flakes. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 5(1), 10-27. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2023.15698>
- Saklani, P., Prabhakar, P., Kumar, S., & Siddhnath. (2024). Drying-induced changes in fish and fishery products. in dry fish: a global perspective on nutritional security and economic sustainability (pp. 95-114). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62462-9_7.
- Salampessy, R. B. S., Irianto, H. E., & Alifah, R. N. (2023). Aplikasi *mixture design* pada pengembangan produk *snack bar* ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) sebagai camilan sehat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(3), 400–413. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i3.43748>
- Sarifudin, A., Ekafitri, R., Surahman, D. N., & Putri, S. K. D. F. A. (2015). Pengaruh penambahan telur pada kandungan proksimat, karakteristik aktivitas air bebas (aw) dan tekstural *snack bar* berbasis pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Agritech*, 35(1), 1-8. <https://doi.org/10.22146/agritech.9413>
- Saputra, F., Rochima, E., Apriliani, I. M., & Rostini, I. (2024). Pengaruh fortifikasi tepung tulang ikan patin (*Pangasius* sp.) terhadap peningkatan kalsium dan preferensi donat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(12), 1211-1218. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i12.57118>.
- Setyarini, D., Bustami, B., & Santoso, J. (2024). Karakteristik kimia dan sifat fungsional konsentrat protein ikan (KPI) dan tepung tulang dari ikan lele: chemical characteristics and functional properties of fish protein concentrate (FPC) and catfish bone meal. *Jurnal Pengolahan*

- Hasil Perikanan Indonesia*, 27(6), 459–473. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i6.50064>
- Sharma, M., Nasser, M., & Kashyap, P. (2026). Functional, structural, thermal, and nutritional properties of food waste proteins. *Food Waste Proteins*, 1(1), 51–70. <https://doi.org/10.1201/9781003565987-3>
- Shaviklo, A. R. (2015). Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. *Journal Food Science Technology*, 52(2), 648–661. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1042-7>.
- Siregar, N. S. (2014). Karbohidrat. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 13(2), 38–44. <https://doi.org/10.24114/jik.v13i2.6094>.
- Siswanti, S., Delinda, M. V., Parnanto, N. H. R., & Widowati, D. (2024). Karakteristik biskuit bayi dengan penambahan tepung jagung manis, tepung kacang merah, dan tepung ikan gabus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(4), 266–281. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i4.47665>.
- Spence, C. (2015). Multisensory flavor perception. *Cell*, 16(1), 24–35. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007>
- Suhag, R., Kellil, A., & Razem, M. (2024). Factors influencing food powder flowability. *Powders*, 3(1), 65–76. <https://doi.org/10.3390/powders3010006>.
- Sukkar, S. G., Maggi, N., Cupillo, B., & Ruggiero, C. (2018). Optimizing texture modified foods for oro-pharyngeal dysphagia: a difficult but possible target?. *Frontier in Nutrition*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00068>
- Tiwari, M., Bordoloi, P. L., & Barooah, M. S. (2023). Quality evaluation of fish powder developed from *Labeo bata*. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 42(1), 1–6. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-2057>
- Wang, H. Y., Qian, H., and Yao, W.R. (2011). Melanoidins produced by the Maillard reaction: structure and biological activity. *Food Chemistry*, 128(3), 573–584. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.075>.
- Wang, W., Yang, P., Rao, L., Zhao, L., Wu, X., Wang, Y., & Liao, X. (2022). Effect of high hydrostatic pressure processing on the structure, functionality, and nutritional properties of food proteins: a review. *comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(6), 4640–4682. *Portico*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13033>
- Widowati, S., Asni, N., & Nuraeni, F. (2020). Formulasi, karakterisasi, dan optimasi waktu rehidrasi produk nasi kuning instan. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(2), 95–107. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n2.2020.95-107>
- Wirawan, W., Alaydrus, S., & Nobertson, R. (2018). Analisis karakteristik kimia dan sifat organoleptik tepung ikan gabus sebagai bahan dasar olahan pangan. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(9), 479–483. <https://doi.org/10.25026/jsk.v1i9.84>
- Yurinatari, E., dan Sukmiwati, M. (2020). Studi komperatif dengan pemanasan yang berbeda terhadap kandungan gizi tepung ikan tembakul (*Periophthalmus minutus*). [Skripsi]. Pekanbaru. Universitas Riau.
- Zhang, S., Wang, K., Qin, Y., Zhu, S., Gao, Q., & Liu, D. (2023). The synthesis, biological activities and applications of protein-polysaccharide conjugates in food system: a review. *Food Quality and Safety*. 7(1), 1–17. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyad006>
- Zhao, X., Meng, A., Zhang, X., Liu, H., Guo, D., & Zhu, Y. (2020). Effects of ultrafine grinding on physicochemical, functional and surface properties of ginger stem powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5.558–5.568. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10608>
- Zhu, W., He, W., Wang, W., Bu, Y., Li, X., Li, J., & Zhang, Y. (2021). Effects of thermoultrasonic treatment on characteristics of micro-nano particles and flavor in greenland halibut bone soup. *Ultrasonics Sonochemistry*, 79(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105785>
- Zuhri, N. M., Swastawati, F., & Wijayanti, I. (2014). Pengkayaan kualitas mi kering



dengan penambahan tepung daging ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) sebagai sumber protein. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 3(4), 119–126. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>

Zulaikha, Y., Yao, S. -H., and Chang, Y. W. (2021). Physicochemical and functional properties of *Snack bars* enriched with tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product powders. *Foods*, 10(10), 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods10081908>