

KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA KONSENTRAT PROTEIN IKAN LAYANG (*Decapterus* sp.) DAN APLIKASINYA SEBAGAI FORTIFIKAN PADA CAMILAN KRAKER MPASI

**Raden Hilman Wirayudha^{1*}, Nurani Khoerunnisa², Endah Rochmatika³, Tati Nurhayati⁴,
Muh. Achyar Ardat⁵, Siti Anjani Putri⁴, Wildan Zahrul Faqih¹, Ratu Erin Seftiani⁶**

¹Departemen Gizi Kesehatan, Fakultas Ilmu Kesehatan,

Institut Teknologi Bisnis dan Kesehatan Muhammadiyah Tulungagung

Jalan Pahlawan Gg. III No.27, Tulungagung, Jawa Timur Indonesia 66229

²Departemen Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjajaran

Jalan Cintaratu, Pangandaran, Jawa Barat Indonesia 46393

³Departemen Biokewirausahaan, Fakultas Ekonomi, Bisnis dan Teknologi, Institut Teknologi
Bisnis dan Kesehatan Muhammadiyah

Jalan Pahlawan Gg. III No.27, Tulungagung, Jawa Timur Indonesia 66229

⁴Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB University

Jalan Agatis, Dramaga, Bogor, Jawa Barat Indonesia 16680

⁵Departemen Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Muhammadiyah Enrekang

Jalan Buttu Juppandang, Enrekang, Sulawesi Selatan Indonesia 91711

⁶Program Studi Perikanan Laut Tropis, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,

Universitas Padjajaran

Jalan Cintaratu, Pangandaran, Jawa Barat Indonesia 46393

Dikirim: 12 Desember 2025/Disetujui: 21 Mei 2026

*Korespondensi: hilman.wirayudha@gmail.com

Cara sitasi (APA Style 7th): Wirayudha, R. H., Khoerunnisa, N., Rochmatika, E., Nurhayati, T., Ardat, M. A., Putri, S. A., Faqih, W. Z., & Seftiani, R. E. (2026). Karakteristik fisikokimia konsentrat protein ikan layang (*Decapterus* sp.) dan aplikasinya sebagai fortifikan pada camilan kraker MPASI. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 29(5), 469-490. <http://dx.doi.org/10.17844/228v0303>

Abstrak

Pengembangan kraker tinggi protein berbasis sumber daya laut lokal menjadi langkah penting dalam menghasilkan camilan fungsional bergizi guna mendukung upaya pencegahan stunting. Ikan layang (*Decapterus* sp.) sebagai komoditas pelagis kecil yang melimpah, memiliki kandungan protein tinggi dan rendah lemak berpotensi dijadikan bahan pangan tinggi protein. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi pemanfaatan ikan layang sebagai konsentrat protein ikan (KPI) tinggi protein dan rendah lemak untuk difortifikasikan ke dalam kraker MPASI, serta mengkaji mutu organoleptik dan tingkat pemenuhan angka kecukupan gizi (AKG) pada produk akhir. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan variasi frekuensi ekstraksi KPI dengan taraf, yaitu satu, dua, dan tiga kali ekstraksi. Hasil ekstraksi KPI terbaik dipilih sebagai bahan fortifikan ke dalam kraker MPASI. Pembuatan kraker MPASI menggunakan perlakuan variasi konsentrasi KPI ke dalam kraker dengan taraf 0% (kontrol), 10%, 20%, dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa KPI layang terbaik diperoleh pada frekuensi ekstraksi tiga kali dengan kadar protein 93,50%, kadar lemak 0,42%, aroma netral, serta nilai derajat putih 76,13±1,62. Uji hedonik terhadap kraker menunjukkan bahwa formula dengan penambahan 20% KPI memperoleh tingkat penerimaan tertinggi, dengan skor hedonik untuk warna (6,67±0,74), rasa (7,06±0,86), aroma (7,12±0,99), tekstur (7,21±0,93),

dan ketampakan ($6,48 \pm 0,97$). Analisis kandungan gizi pada formula kraker terbaik menghasilkan nilai energi sebesar $454,44 \pm 0,46$ kkal/100 g, protein 23%, lemak 18,22%, natrium 423,15 mg/100 g, serta gula total 3,96%. Produk kraker MPASI ini telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pangan pendamping ASI terkait energi dan protein, namun kadar natriumnya masih melebihi batas yang direkomendasikan sehingga memerlukan penyesuaian lebih lanjut dalam formulasi.

Kata kunci: angka kecukupan gizi, ekstraksi, konsentrat protein, MPASI, *stunting*

Physicochemical Characteristics of Mackerel Scad (*Decapterus* sp.) Protein Concentrate and Its Application as a Fortifier in Weaning Food Cracker Products

Abstract

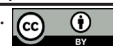
The development of high-protein crackers based on local marine resources is a crucial step in producing nutritious functional snacks to support stunting prevention efforts. Mackerel scads (*Decapterus* sp.), as an abundant small pelagic species with high protein and low-fat content, has the potential to be used as a high-protein food ingredient. Therefore, this study aimed to evaluate the use of flying fish as a high-protein, low-fat fish protein concentrate (FPC) for fortification of weaning food crackers, as well as to assess the organoleptic quality and degree of compliance with the recommended dietary allowances (RDAs) in the final product. This study employed a completely randomized design (CRD) with treatments varying the frequency of FPC extraction at three levels: one, two, and three. The best FPC extraction result was selected as the fortifying ingredient for the weaning food crackers. The weaning food crackers were produced using varying concentrations of FPC in the crackers at levels of 0% (control), 10%, 20%, and 30%. The results showed that the best FPC was obtained through three extractions, with a protein content of 93.50%, fat content of 0.42%, neutral aroma, and whiteness value of 76.13 ± 1.62 . Hedonic testing of the crackers showed that the formulation with 20% FPC received the highest acceptance rating, with hedonic scores for color (6.67 ± 0.74), taste (7.06 ± 0.86), aroma (7.12 ± 0.99), texture (7.21 ± 0.93), and appearance (6.48 ± 0.97). Nutritional analysis of the best cracker formula yielded an energy value of 454.44 ± 0.46 kcal/100 g, protein 23%, fat 18.22%, sodium 423.15 mg/100 g, and total sugar 3.96%. This weaning food cracker product meets the requirements of the Indonesian National Standard (SNI) for weaning food regarding energy and protein; however, its sodium content exceeds the recommended limit, thus requiring further adjustments to its formulation.

Kata kunci: extraction, nutritional adequacy rate, protein concentrate, stunting, weaning food

PENDAHULUAN

Malanutrisi kronis selama periode 1.000 hari pertama kehidupan (HPK) telah dikenal sebagai faktor kunci yang memicu *stunting*, yaitu kondisi kegagalan pertumbuhan yang mencerminkan terganggunya perkembangan fisik akibat ketidakcukupan gizi. Dampak *stunting* berlangsung jangka panjang dan bersifat menetap, mencakup hambatan pertumbuhan linear, penurunan kemampuan kognitif, serta peningkatan risiko penyakit degeneratif ketika dewasa (Wardani *et al.*, 2023). Di Indonesia, persoalan ini semakin menantang karena prevalensi *stunting* masih

tinggi, sehingga diperlukan intervensi komprehensif lintas sektor dengan pendekatan yang terintegrasi (Rahayuwati *et al.*, 2023). Ragam penyebab *stunting* menunjukkan keterhubungan antara faktor langsung dan tidak langsung, mulai dari kondisi gizi ibu, ketidakseimbangan asupan energi-protein, hingga pola pengasuhan yang kurang optimal (Ahmad & Azis, 2021). Dalam menghadapi kompleksitas tersebut, penguatan intervensi gizi berbasis pangan lokal, khususnya sumber protein hewani seperti ikan, menjadi langkah strategis dengan potensi yang memiliki dampak besar (Damayanti *et al.*, 2024).



Indonesia memiliki ketersediaan komoditas pelagis kecil yang sangat besar, termasuk ikan layang (*Decapterus spp.*) yang produksinya mencapai 549.55 ton secara nasional pada tahun 2024 (KKP, 2024). Ikan layang memiliki kandungan gizi meliputi kandungan protein yang tinggi sebesar 25,94-30,73%, kadar lemak 1,37-1,82%, asam amino esensial seperti lisin 2,31% dan asam amino non-esensial contohnya asam glutamat 3,93% (Mardiah *et al.*, 2022). Melimpahnya pasokan, tingginya kandungan protein dan kadar lemak yang rendah menjadikan ikan ini unggul sebagai bahan baku produk pangan berbasis daging lumat (Naimah *et al.*, 2024). Pemanfaatannya juga berkembang dari pengolahan tradisional ke diversifikasi produk bernilai tambah yang menonjolkan peningkatan kualitas gizi dan fungsi pangan. Hasil perikanan kaya protein telah banyak diolah menjadi hidrolisat protein (Nurhayati *et al.*, 2023), kolagen (Wirayudha *et al.*, 2022), dan konsentrat protein ikan (Rieuwpassa *et al.*, 2022), yang umum digunakan sebagai fortifikan pada berbagai produk pangan, terutama konsentrat protein ikan.

Konsentrat protein ikan (KPI) merupakan produk hasil pengolahan ikan melalui proses pemisahan komponen non-protein, seperti lemak dan air untuk meningkatkan kadar protein (Kumoro *et al.*, 2024). Optimasi proses ekstraksi menjadi tahapan kunci untuk menentukan kualitas akhir KPI dari sisi kandungan protein, sifat fisikokimia, dan karakteristik fungsional (Kumoro *et al.*, 2022). Proses ekstraksi juga berperan penting dalam meningkatkan yield, kualitas, dan masa simpan KPI (Devi *et al.*, 2025). Optimasi proses ekstraksi KPI dapat dilakukan dengan melakukan pengulangan proses ekstraksi untuk meningkatkan kemurnian protein secara bertahap (Yuan *et al.*, 2023). Hasil penelitian Muslimin (2023) menunjukkan bahwa KPI dengan perlakuan ekstraksi sebanyak tiga kali menghasilkan KPI dengan kadar protein sebesar 86,51%, kadar lemak 0,55% dan derajat kecerahan mencapai 86,9%. Hasil ini lebih baik dibandingkan KPI yang diperoleh tanpa ekstraksi berulang yaitu kadar protein sebesar 61,13%, kadar lemak

7,11% dan derajat putih 74,77% (Rieuwpassa *et al.*, 2020).

Proses ekstraksi berulang berperan penting untuk meningkatkan kualitas KPI dengan kandungan protein tinggi, rendah lemak, dan warna lebih cerah. Karakteristik KPI ini berpotensi lebih baik digunakan sebagai bahan fortifikan dalam produk pangan untuk meningkatkan nilai gizi dengan tetap mempertahankan mutu sensori produk. Aplikasi KPI banyak digunakan dalam pengembangan berbagai produk pangan, termasuk kraker (Rasdi *et al.*, 2024), biskuit (Setyarini *et al.*, 2024b), dan produk serupa lainnya (Arza *et al.*, 2017). Hal ini membuka peluang pemanfaatan KPI sebagai bahan pangan fungsional pada kelompok dengan sasaran gizi khusus termasuk balita dalam program pencegahan stunting. Pada konteks pencegahan *stunting*, pengembangan kraker sebagai makanan pendamping ASI (MPASI) menjadi alternatif diversifikasi pangan fungsional yang diarahkan untuk memenuhi kebutuhan gizi balita. Upaya ini umumnya dilakukan melalui peningkatan kandungan protein dan mineral, dengan mengombinasikan tepung terigu dan tepung komposit berbahan lokal (Amelia & Hizni, 2021).

Fortifikasi menggunakan tepung ikan patin dan KPI terbukti meningkatkan kadar protein (Ernisti *et al.*, 2018). Fortifikasi ganda tepung daun kelor bersama sumber perikanan seperti ikan sidat mampu meningkatkan kadar protein dan serat (Jamaluddin *et al.*, 2023). Tepung tulang ikan, misalnya dari ikan bandeng, juga sering digunakan sebagai sumber kalsium dan fosfor (Imra *et al.*, 2019). Penambahan berbagai fortifikan tersebut memengaruhi karakteristik fisikokimia adonan dan produk akhir. Hasil penelitian Asmira *et al.* (2019) menunjukkan bahwa fortifikasi alpukat dan tepung ikan lele dapat meningkatkan kadar proksimat protein, lemak, dan mineral, serta berpengaruh pada uji organoleptik seperti warna, aroma, rasa, dan tekstur. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi pemanfaatan ikan layang sebagai konsentrat protein ikan (KPI) tinggi protein dan rendah

lemak untuk difortifikasikan ke dalam kraker MPASI, serta mengkaji mutu organoleptik dan tingkat pemenuhan angka kecukupan gizi (AKG) pada produk akhir.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Konsentrat Protein Ikan Layang

Produksi konsentrat protein ikan (KPI) layang mengacu pada penelitian Soemadi *et al.* (2024) yang telah dimodifikasi. Tahap pembuatan dimulai dengan penyiapan bahan baku ikan layang segar dengan rata-rata berat ikan mencapai 250 g/ekor. Ikan dibersihkan secara menyeluruh dengan proses pembuangan jeroan, kulit, dan tulang untuk mendapatkan daging murni untuk selanjutnya ditimbang. Daging ikan direbus pada suhu 100°C selama 15 menit dan dilakukan pengadukan, selanjutnya ditiriskan dan diperas dengan kain belacu hingga menyisakan lumatan daging. Daging lumat kemudian diekstraksi menggunakan larutan isopropil alkohol (IPA) dengan perbandingan 1:3 (b/v). Ekstraksi dilakukan dengan perlakuan variasi frekuensi ekstraksi melalui pergantian pelarut sebanyak 1, 2 dan 3 kali. Pergantian pelarut dilakukan setiap 30 menit, kemudian disaring untuk memisahkan residu padat dengan filtrat. Residu padat hasil ekstraksi pertama ditambahkan larutan IPA dengan perbandingan 1:3 (b/v) untuk dilakukan proses ekstraksi kembali. Proses ekstraksi ini diulang sesuai perlakuan frekuensi ekstraksi (1, 2, dan 3 kali). Perlakuan pengulangan ekstraksi dengan pergantian larutan IPA berperan untuk menghilangkan komponen non-protein. Residu padat hasil ekstraksi dikeringkan secara termal menggunakan *Cabinet dryer* (Getra) dengan suhu 60°C selama 20 jam. Bubuk KPI kering dihaluskan menggunakan *food processor* (Philips) dan diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 60 mesh.

Serbuk KPI layang yang dihasilkan dilakukan analisis berupa uji organoleptik (aroma) (BSN, 2015), kadar protein (BSN, 2006), kadar lemak (BSN, 2017) dan uji derajat putih (Muslimin, 2023). Penilaian organoleptik aroma konsentrat protein ikan

layang menggunakan uji *scoring* pada skala 1-5. Skor penilaian di antaranya 1 (aroma ikan sangat kuat), 2 (aroma ikan kuat), 3 (aroma ikan lemah), 4 (aroma ikan sangat lemah), dan 5 (tidak beraroma ikan). Kriteria penentuan KPI terbaik berdasarkan pada kombinasi nilai gizi dan penerimaan sensori, yaitu kadar protein tertinggi, kadar lemak tidak melebihi batas 0,75%, intensitas aroma ikan yang rendah dan tingkat kecerahan yang tinggi. KPI ikan layang terbaik dilakukan uji lanjutan meliputi kadar air (BSN, 2006), kadar abu (BSN, 2017), karbohidrat (*by difference*) dan analisis profil asam amino (metode kromatografi cair) serta digunakan sebagai bahan fortifikan dalam produk kraker makanan pendamping air susu ibu (MPASI).

Pembuatan Kraker MPASI dengan Fortifikasi Konsentrat Protein Ikan Layang

Pembuatan kraker MPASI terfortifikasi konsentrat ikan (KPI) layang pada penelitian ini mengacu pada metode Mazidah *et al.* (2018) yang telah dimodifikasi dan disesuaikan dengan kebutuhan formulasi. Formula kraker disusun dengan mempertimbangkan keseimbangan komposisi bahan untuk memenuhi kebutuhan gizi balita. Variasi penambahan KPI dilakukan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap karakteristik fisikokimia, mutu organoleptik, serta kontribusi terhadap nilai gizi produk akhir. Formula kraker MPASI dibuat menjadi empat perlakuan, yaitu P1 (kontrol), P2 (penambahan KPI layang 10%), P3 (penambahan KPI layang 20%), dan P4 (penambahan KPI layang 30%). Formula kraker MPASI dengan fortifikasi konsentrat protein ikan (KPI) dapat dilihat pada *Table 1*.

Proses pembuatan kraker diawali dengan menimbang seluruh bahan baku sesuai komposisi pada formulasi yang telah ditetapkan (*Table 1*). Susu *low fat* yang telah dihangatkan dicampurkan dengan margarin, kemudian ditambahkan ragi ke dalam campuran tersebut dan diaduk hingga larut dan homogen. Setelah campuran cair terbentuk, tepung terigu protein sedang, KPI layang, dan tepung daun kelor ditambahkan secara bertahap sambil dilakukan pengadukan



Table 1 Formula of innovative weaning food cracker product with mackerel scad protein concentrate fortification

Tabel 1 Formula produk inovasi kraker MPASI dengan fortifikasi konsentrat protein ikan layang

Ingredients (g)	P1 (control)	P2	P3	P4
Medium protein flour	75	67.5	60	52.5
Mackerel scad protein concentrate	0	7.5	15	22.5
Moringa leaf flour	2.5	2.5	2.5	2.5
Skim milk (low fat)	25	25	25	25
Water	50	50	50	50
Cheddar cheese	20	20	20	20
Margarine	20	20	20	20
Yeast	1	1	1	1
Baking soda	0.5	0.5	0.5	0.5
Sesame seeds	2	2	2	2
Leek	2	2	2	2
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	198.5	198.5	198.5	198.5

terus-menerus untuk memastikan adonan terbentuk dengan baik. *Baking soda* dan garam dicampurkan ke dalam adonan yang terbentuk sebelum adonan diuleni secara manual sampai mencapai tekstur kalis. Bahan lain berupa biji wijen, keju cheddar parut, dan daun bawang kemudian ditambahkan hingga seluruh komponen tercampur merata.

Adonan yang telah siap diistirahatkan selama 30 menit untuk menstabilkan struktur adonan dan mempermudah pembentukan. Setelah proses istirahat, adonan diratakan menggunakan *rolling pin* hingga mencapai ketebalan yang seragam ± 2 mm kemudian dicetak dengan ukuran 3×3 cm sesuai dengan bentuk produk kraker. Pemanggangan dilakukan dengan menggunakan oven listrik (Rinnai) pada suhu $110-120^{\circ}\text{C}$ selama 40 menit dengan pemanasan atas dan bawah. Selama proses pemanggangan, dilakukan pengecekan visual setiap 10 menit untuk memantau perubahan warna, tekstur, dan tingkat kematangan kraker agar hasilnya konsisten. Kraker MPASI terfortifikasi KPI layang dilakukan uji hedonik oleh 30 panelis dengan parameter warna, aroma, rasa, tekstur dan ketampakan menggunakan uji *scoring* dengan skala 1-9. Skor penilaian meliputi

1 (sangat tidak suka sekali), 2 (sangat tidak suka), 3 (tidak suka), 4 (agak tidak suka), 5 (netral/biasa saja), 6 (agak suka), 7 (suka), 8 (sangat suka), 9 (sangat suka sekali).

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu variasi frekuensi ekstraksi konsentrat protein ikan (KPI) dan tiga taraf perlakuan yaitu 1, 2 dan 3 kali ekstraksi dengan setiap taraf perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Sedangkan, pada produk kraker MPASI terfortifikasi KPI layang menggunakan metode RAL dengan faktor variasi konsentrasi KPI dalam pembuatan kraker MPASI dan 4 taraf perlakuan yaitu 0% (kontrol), 10%, 20%, dan 30% dengan setiap taraf perlakuan dilakukan tiga kali ulangan. Data hasil pengujian yang bersifat parametrik dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Analisis dilanjutkan menggunakan Duncan's Multiple Range Test jika menunjukkan hasil signifikan ($p<0,05$). Sementara itu, hasil uji sensori pada produk kraker MPASI dan KPI dianalisis menggunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis dengan selang kepercayaan

95% ($\alpha=0,05$). Hasil uji yang menunjukkan perbedaan signifikan ($p<0,05$), dilanjutkan dengan uji lanjut Dunn. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan IBM SPSS Statistic 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Protein dan Lemak KPI Layang

Kadar protein dan lemak konsentrat protein ikan (KPI) layang menentukan kualitas KPI yang dihasilkan. Hasil analisis kadar protein dan lemak menunjukkan bahwa variasi frekuensi ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein dan lemak KPI layang ($p<0,05$). Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi ekstraksi menghasilkan kadar protein yang lebih tinggi dan kadar lemak yang semakin rendah. Pengaruh variasi frekuensi ekstraksi terhadap kadar protein dan lemak KPI layang dapat dilihat pada *Table 2*.

Peningkatan kadar protein pada konsentrat protein ikan (KPI) layang seiring dengan bertambahnya frekuensi ekstraksi menunjukkan bahwa proses ekstraksi berperan penting meningkatkan kemurnian protein. Perlakuan frekuensi ekstraksi satu kali (KPI 1) menghasilkan kadar protein $91,22\pm0,08\%$ yang tidak berbeda signifikan dengan perlakuan ekstraksi sebanyak dua kali (KPI 2) yang memperoleh kadar protein $91,70\pm0,10\%$. Kadar protein paling tinggi dihasilkan oleh perlakuan frekuensi ekstraksi tiga kali (KPI 3) yaitu sebesar $93,50\pm0,40\%$. Hasil ini menunjukkan bahwa frekuensi ekstraksi yang tinggi mampu menghilangkan komponen non-protein seperti lemak dan abu dalam jumlah lebih besar. Meskipun secara statistik KPI 1 dan KPI 2 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, namun terjadi

peningkatan kadar protein pada KPI 2 yang mengindikasikan terjadi penghilangan komponen non-protein.

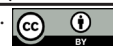
KPI berkualitas tinggi dihasilkan dari penghilangan lemak dan air dari jaringan daging ikan (Kumoro *et al.*, 2022). Hasil analisis kadar lemak pada KPI layang memperlihatkan bahwa variasi frekuensi ekstraksi memberikan pengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap kadar lemak yang tersisa pada KPI (*Table 2*). Perlakuan frekuensi ekstraksi satu kali (KPI 1) menghasilkan kadar lemak tertinggi, yaitu sebesar $1,13\pm0,04\%$, yang menunjukkan bahwa frekuensi ekstraksi satu kali belum mampu menghilangkan fraksi lemak secara optimal. Frekuensi ekstraksi meningkat menjadi dua kali menurunkan kadar lemak menjadi $0,60\pm0,02\%$. Nilai kadar lemak terendah diperoleh pada perlakuan frekuensi ekstraksi tiga kali (KPI 3), yaitu $0,42\pm0,02\%$ yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi frekuensi ekstraksi lebih efektif dalam melarutkan komponen lipid. Kadar protein dan lemak dalam KPI menentukan kualitas KPI yang di hasilkan. KPI digolongkan menjadi tiga jenis berdasarkan kadar protein dan kadar lemak yang dihasilkan. KPI tipe A mengandung kadar protein $>67,5\%$ dan lemak $\leq 0,75\%$. KPI tipe B mengandung kadar protein $\geq 65\%$ lemak $\leq 3\%$. KPI tipe C mengandung kadar protein $\geq 60\%$ lemak $\leq 10\%$ (FAO (1986).

Peningkatan kadar protein dan penurunan kadar lemak pada KPI layang dipengaruhi oleh frekuensi ekstraksi. Peningkatan frekuensi ekstraksi menyebabkan kontak antar permukaan daging lumat ikan dan pelarut semakin banyak, sehingga lemak dan komponen non-protein lainnya dapat dihilangkan dengan lebih baik (Rieuwpassa *et al.*, 2018). Hasil ini sejalan dengan penelitian

Table 2 Protein and fat content of mackerel scad protein concentrate with variations in extraction frequency

Tabel 2 Kadar protein dan lemak konsentrat protein ikan layang dengan variasi frekuensi

Concentrate extraction (times)	Protein	Fat
Once (KPI 1)	91.22 ± 0.08^a	1.13 ± 0.04^c
Twice (KPI 2)	91.70 ± 0.10^a	0.60 ± 0.02^b
Thrice (KPI 3)	93.50 ± 0.40^b	0.42 ± 0.02^a



Setyarini *et al.* (2024a), pada ekstraksi KPI menggunakan pelarut isopropil alkohol dan frekuensi ekstraksi sebanyak tiga kali menghasilkan kadar protein paling tinggi (83,10%) dan lemak terendah (0,20%). Hal serupa terjadi pada penelitian Muslimin (2023) yang menunjukkan bahwa KPI dengan perlakuan ekstraksi sebanyak tiga kali menghasilkan KPI dengan kadar protein sebesar 86,51%, lemak 0,55% dan derajat putih mencapai 86,9%. Hasil penelitian KPI layang menunjukkan bahwa perlakuan ekstraksi berulang efektif dalam meningkatkan kualitas KPI yang dihasilkan.

Nilai Organoleptik Aroma Konsentrat Protein Ikan Layang

Nilai organoleptik aroma konsentrat protein ikan (KPI) layang menunjukkan terjadi peningkatan tingkat penerimaan panelis seiring bertambahnya frekuensi ekstraksi. KPI dengan perlakuan ekstraksi satu kali (KPI 1) dan ekstraksi dua kali (KPI 2) masing-masing mendapatkan skor $2,15 \pm 0,71$ dan $2,52 \pm 0,76$. Kedua perlakuan tersebut secara statistik tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Berdasarkan skala penilaian, kedua nilai tersebut masih berada pada kategori KPI beraroma ikan kuat. Penurunan intensitas aroma ikan yang signifikan terlihat pada perlakuan ekstraksi dengan frekuensi tiga kali, yang menghasilkan

skor $3,21 \pm 1,05$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa aroma ikan lebih lemah dibandingkan perlakuan ekstraksi dengan frekuensi satu dan dua kali (Figure 1). Peningkatan skor aroma KPI mengindikasikan bahwa frekuensi ekstraksi yang tinggi akan menurunkan aroma khas ikan dalam KPI. Hal ini mengindikasikan bahwa proses ekstraksi berulang mampu menurunkan atau mengurangi kandungan senyawa volatil penyebab bau amis ikan dalam KPI.

Intensitas aroma ikan yang menurun seiring bertambahnya frekuensi ekstraksi karena proses ekstraksi dapat menghilangkan senyawa volatil penyebab bau amis ikan, contohnya aldehida, keton, dan amina yang umumnya berasal dari oksidasi lipid. Proses ekstraksi berulang menghilangkan fraksi lemak secara lebih efektif, sehingga secara tidak langsung dapat menurunkan pembentukan senyawa penyebab aroma amis (Liu *et al.*, 2023). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian KPI pada perlakuan ekstraksi tiga kali (KPI 3) memiliki nilai organoleptik aroma tertinggi $3,21 \pm 1,05$ (aroma ikan lemah) (Figure 1) dan pada perlakuan yang sama juga menghasilkan kadar lemak terendah $0,42 \pm 0,02\%$ (Table 2). Kandungan lemak yang rendah akan mengurangi proses oksidasi lipid, sehingga pembentukan senyawa volatil akan semakin rendah (Rieuwpassa *et al.*, 2022).

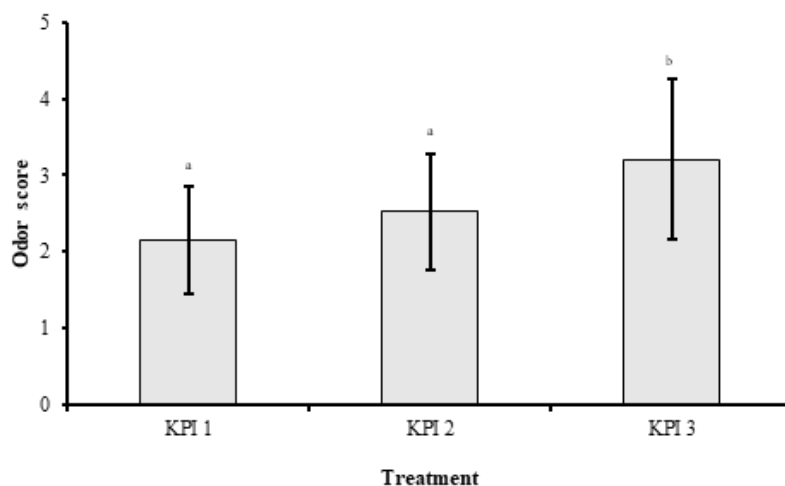


Figure 1 Hedonic value of mackerel scad protein concentrate for odor attributes; KPI 1: 1-time extraction; KPI 2: 2-time extraction; KPI 3: 3-time extraction; Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 1 Nilai hedonik konsentrat protein ikan layang untuk atribut aroma; KPI 1: ekstraksi 1 kali; KPI 2: ekstraksi 2 kali; KPI : ekstraksi 3 kali; Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)

Hasil organoleptik aroma KPI layang ini sejalan dengan Setyarini *et al.* (2024a) yang menyatakan bahwa nilai aroma KPI terbaik dihasilkan oleh proses ekstraksi KPI sebanyak tiga kali menggunakan pelarut isopropil alkohol dan mendapatkan KPI dengan aroma ikan yang sangat lemah.

Proses ekstraksi berulang mampu menurunkan atau mengurangi kandungan senyawa volatil penyebab bau amis melalui mekanisme pelarutan dan pemisahan yang lebih efektif. Pelarutan terjadi ketika senyawa volatil penyebab bau amis, seperti amina dan senyawa hasil oksidasi lipid, larut ke dalam pelarut selama proses ekstraksi. Proses pemisahan fase antara pelarut dan bahan padat menyebabkan senyawa-senyawa tersebut terbangun bersama pelarut dan tidak tertinggal dalam KPI (Liu *et al.*, 2023; Wahyudi *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil tersebut, perlakuan ekstraksi sebanyak tiga kali (KPI 3) menjadi metode paling optimal untuk memperoleh KPI layang dengan intensitas aroma amis yang lemah.

Derajat Putih Konsentrat Protein Ikan Layang

Nilai derajat putih menjadi parameter karakteristik fisik produk konsentrat protein ikan (KPI) karena berpengaruh terhadap tingkat penerimaan konsumen

pada suatu produk pangan. Nilai derajat putih menggambarkan kemampuan suatu bahan dalam memantulkan cahaya, sehingga semakin tinggi nilainya menandakan semakin cerah atau putih suatu produk yang dihasilkan. Nilai derajat putih pada KPI layang dapat dilihat pada *Figure 2*.

Analisis terhadap derajat putih (*whiteness*) KPI layang menunjukkan bahwa frekuensi ekstraksi memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap tingkat kecerahan produk. Frekuensi ekstraksi KPI layang yang meningkat berbanding lurus dengan peningkatan nilai derajat putih. Nilai derajat putih KPI juga berkaitan dengan kadar lemak yang terkandung didalamnya. Kadar lemak yang rendah cenderung menghasilkan nilai derajat putih yang semakin tinggi (Rieuwpassa *et al.*, 2020). Cassol *et al.* (2024b) menyatakan bahwa proses penghilangan lemak pada proses ekstraksi KPI berkontribusi terhadap warna yang dihasilkan karena lemak atau lipid menjadi komponen yang memengaruhi warna kusam atau kekuningan. Penurunan komponen tersebut berpotensi menghambat reaksi pencokelatan termasuk oksidasi lipid yang menghasilkan senyawa karbonil maupun reaksi Maillard antara gugus karbonil dan amino yang membentuk warna gelap pada produk (Cao *et al.*, 2023; Geng *et al.*, 2023).

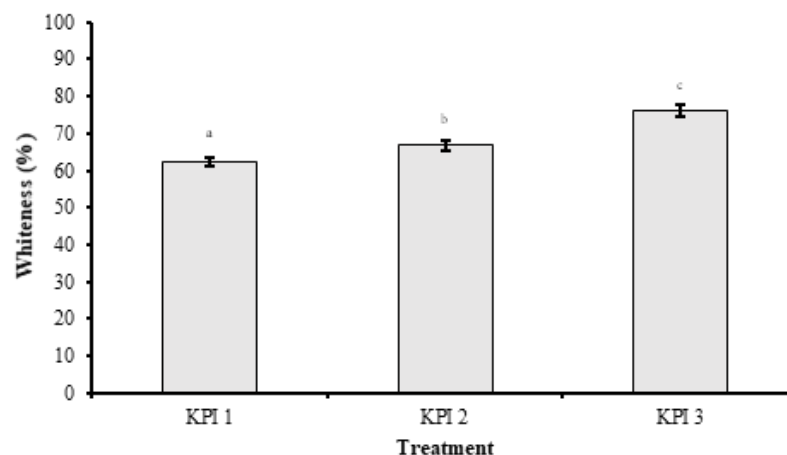


Figure 2 Whiteness value of mackerel scad protein concentrate; KPI 1: 1-time extraction; KPI 2: 2-time extraction; KPI 3: 3-time extraction; Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 2 Nilai derajat putih konsentrat protein ikan layang; KPI 1: ekstraksi 1 kali; KPI 2: ekstraksi 2 kali; KPI : ekstraksi 3 kali); Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)



Nilai derajat putih pada perlakuan frekuensi ekstraksi satu kali (KPI 1) menghasilkan nilai terendah, yaitu $62,41 \pm 1,03\%$, yang menandakan masih terdapat pigmen yang belum terpisahkan secara optimal. Nilai derajat putih KPI layang tertinggi dihasilkan melalui proses ekstraksi tiga kali (KPI 3) sebesar $76,13 \pm 1,62\%$. Hasil ini sejalan dengan penelitian Setyarini *et al.* (2024a), bahwa KPI dengan nilai derajat putih tertinggi dihasilkan oleh perlakuan ekstraksi sebanyak tiga kali dan menggunakan pelarut isopropil alkohol. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses pencucian berulang lebih efektif dalam menghilangkan lemak, pigmen, dan senyawa lain yang dapat menyebabkan perubahan warna pada KPI. Proses ekstraksi sebanyak tiga kali menjadi perlakuan yang paling baik untuk meningkatkan derajat putih KPI layang, sehingga menghasilkan produk yang lebih cerah dan lebih menarik dari sisi ketampakan.

Komposisi Proksimat Konsentrat Protein Ikan Layang Terpilih

Pengujian proksimat konsentrat protein ikan (KPI) layang dilakukan pada KPI layang terbaik. KPI layang terbaik ditentukan berdasarkan kadar lemak $\leq 0,75\%$, kadar protein tertinggi dan skor organoleptik aroma maupun nilai derajat putih tertinggi. Kadar protein tertinggi dan kadar lemak terendah pada KPI layang diperoleh melalui perlakuan ekstraksi sebanyak tiga kali (KPI 3), yaitu $93,50\%$ dan $0,42\%$ (Table 2). Nilai organoleptik aroma dan derajat putih KPI layang tertinggi juga dihasilkan pada perlakuan ekstraksi sebanyak tiga kali (KPI 3) (Figure 1 dan 2).

Hasil analisis proksimat KPI layang terbaik dengan perlakuan ekstraksi tiga kali disajikan pada Table 3.

Analisis proksimat KPI layang terdiri dari kadar protein, lemak, air, abu dan karbohidrat (Table 3). Konsentrat protein ikan layang memiliki kadar protein yang tinggi yaitu $93,50 \pm 0,40\%$ dan lebih tinggi dari penelitian Soemadi *et al.* (2024), sebesar $83,10\%$ dengan metode yang sama. Kadar protein KPI layang telah memenuhi standar minimum kandungan protein dari KPI tipe A yaitu sebesar $\geq 67,50\%$. Kadar protein yang tinggi ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi protein pada ikan layang efektif menghilangkan komponen non-protein, sehingga dapat digunakan sebagai bahan fortifikasi pangan dan sumber protein alternatif (Kumoro *et al.*, 2022). Perbedaan kadar protein juga dipengaruhi oleh jenis ikan, umumnya ikan laut menghasilkan konsentrat dengan kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan ikan air tawar (Junianto *et al.*, 2021).

Kadar lemak KPI layang dengan perlakuan frekuensi ekstraksi tiga kali tergolong sangat rendah ($0,42 \pm 0,02\%$) dan telah memenuhi standar KPI tipe A dengan kadar lemak $\leq 0,75\%$. Kadar lemak yang rendah ini disebabkan oleh proses ekstraksi yang berulang, sehingga mampu menarik lemak dalam daging ikan. Penghilangan lemak menjadi tahap pending dalam produksi KPI karena kandungan lemak yang tinggi dapat menyebabkan oksidasi dan menurunkan kualitas sensoris produk (Cassol *et al.*, 2024a). Kadar abu pada KPI layang sebesar $1,32 \pm 0,13\%$ dan lebih tinggi dibandingkan KPI lele pada penelitian Soemadi *et al.* (2024)

Table 3 Proximate composition of selected mackerel scad protein concentrate

Tabel 3 Komposisi proksimat konsentrat protein ikan layang terpilih

Parameters (%)	Mackerel scad protein concentrate	Catfish protein concentrate ^a
Ash	1.32 ± 0.13	0.67
Moisture	3.69 ± 0.27	5.34
Protein	93.50 ± 0.40	83.10
Fat	0.42 ± 0.02	0.20
Carbohydrate (<i>by difference</i>)	1.08 ± 0.27	10.69

^aSoemadi *et al.* (2024)

yaitu 0,67%. Kadar abu pada suatu bahan pangan menandakan kandungan mineral, yaitu sulfur (S), fosfor (P), kalsium (Ca) (Asriani *et al.*, 2018). Nilai ini menunjukkan bahwa konsentrat protein ikan layang memiliki potensi nilai gizi dari segi mineral, namun kandungan abu yang tinggi juga dapat memengaruhi sifat fisik produk seperti warna dan rasa (Soemadi *et al.*, 2024).

Kadar air KPI layang ($3,69 \pm 0,27\%$) lebih rendah dibandingkan ikan lele ($5,34\%$). Kadar air dalam produk pangan berperan penting dalam menentukan umur simpan produk pangan. Kadar air yang rendah akan memperpanjang umur simpannya (Asriani *et al.*, 2018). FAO (1986), menyatakan kadar air maksimum KPI yaitu 10%. Kadar karbohidrat (*by difference*) pada KPI layang sebesar $1,08 \pm 0,27\%$, jauh lebih rendah dibandingkan KPI lele 10,69% pada penelitian Soemadi *et al.* (2024) (Table 3). Kandungan karbohidrat dalam daging ikan berupa polisakarida dalam bentuk glikogen yang tersimpan di dalam sarkoplasma diantara miofibril (Asriani *et al.*, 2018). Kandungan karbohidrat yang rendah menunjukkan bahwa proses pemurnian

KPI layang efektif dalam menghilangkan komponen non-protein (Junianto *et al.*, 2021). Hasil analisis secara keseluruhan, menunjukkan bahwa KPI layang memiliki kualitas baik dan termasuk KPI tipe A.

Profil Asam Amino Konsentrat Protein Ikan layang Terpilih

Hasil analisis profil asam amino KPI layang mencapai 91,29%. Nilai tersebut sejalan dengan karakteristik KPI yang umumnya memiliki kandungan asam amino tinggi akibat proses pemurnian protein, sehingga menghilangkan komponen nonprotein seperti lemak dan air di dalam daging ikan (Ryu *et al.*, 2021). Komposisi asam amino KPI layang terpilih disajikan pada Table 4.

Kandungan asam amino yang tinggi (91,29%), mencerminkan tingginya kemurnian protein dalam KPI layang. Komposisi ini menjadi sangat penting dalam pengembangan produk makanan pendamping air susu ibu (MPASI). Produk MPASI membutuhkan sumber protein yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan anak. Kelompok asam amino esensial yang

Table 4 Amino acid composition of selected mackerel scad protein concentrate

Tabel 4 Komposisi asam amino konsentrat protein ikan layang terpilih

Amino acids types	Research results (%) (b/b)
L-Phenylalanine	3.70
L-Isoleucine	4.59
L-Valine	5.08
L-Arginine	4.60
L-Lysine	8.72
L-Leucine	8.27
L-Threonine	4.23
L-Histidine	2.98
L-Serine	3.57
L-Glutamic Acid	17.82
L-Alanine	6.55
L-Glycine	4.12
L-Aspartic acid	10.56
L-Tyrosine	3.44
L-Methionine	3.07
Total	91.29



teridentifikasi di antaranya komponen lisin (8,72%), leusin (8,7%), dan valin (5,08%) menjadi jenis asam amino yang dominan. Tingginya kadar lisina menjadi keunggulan karena dapat mengatasi keterbatasan asam amino pada serelia yang umum digunakan dalam pembuatan MPASI (Kumoro *et al.*, 2022). Asam amino leusina dan valina juga berperan dalam mendukung sintesis protein dan pertumbuhan jaringan otot (Partanen *et al.*, 2023).

Jenis asam amino esensial lainnya, misalnya metionina sebesar 3,07% (b/b) dan fenilalanina 3,70%, tercatat dalam kadar yang cukup, sementara histidina menunjukkan nilai yang paling rendah yaitu 2,98%, jika dibandingkan dengan komponen lain. Kelompok asam amino non-esensial menjadi fraksi dominan pada KPI layang, dengan asam glutamat yang muncul sebagai komponen tertinggi mencapai 17,82 %, diikuti asam aspartat 10,56%. Kedua asam amino tersebut berperan penting dalam proses metabolisme nitrogen dan biosintesis senyawa rasa (umami), serta berkontribusi terhadap kualitas nutrisi dan sensori produk berbasis protein ikan. Kandungan asam glutamat yang tinggi merupakan karakteristik umum protein ikan dan berkontribusi terhadap peningkatan palatabilitas produk (Cassol *et al.*, 2024a). Hasil ini menegaskan bahwa KPI ikan layang merupakan sumber protein hewani berkualitas tinggi dan dapat dipertimbangkan untuk pengembangan produk pangan fungsional.

Karakteristik Visual Kraker MPASI dengan Fortifikasi Konsentrat Protein Ikan Layang

Karakteristik fisik produk kraker MPASI yang dihasilkan (Figure 3)

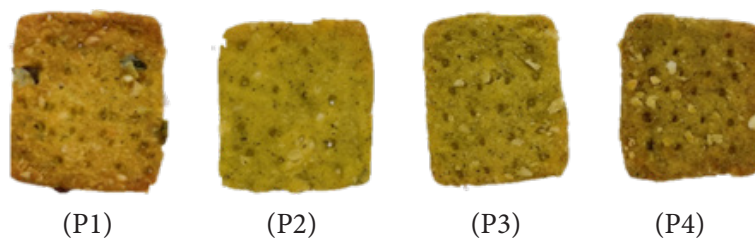


Figure 3 Weaning food cracker product; P1 (control) (0% KPI); P2(10% KPI); P3 (20% KP); P4 (30% KPI)

Gambar 3 Produk kraker MPASI hasil formulasi; P1 (kontrol) (0% KPI); P2(10% KPI); P3 (20% KP); P4 (30% KPI)

menunjukkan terdapat variasi visual seiring dengan peningkatan konsentrasi konsentrat protein ikan (KPI) layang pada masing-masing perlakuan yaitu P1 (kontrol), P2 (penambahan KPI layang 10%), P3 (penambahan KPI layang 20%), dan P4 (penambahan KPI layang 30%).

Kraker MPASI tanpa penambahan KPI layang memiliki warna lebih cerah dengan permukaan yang relatif lebih berpori. Peningkatan konsentrasi KPI dalam kraker (P2-P4) memberikan perubahan warna menjadi lebih gelap. Perubahan warna ini mengindikasikan terjadinya reaksi Mailard selama proses pemanggangan akibat peningkatan kandungan protein dari KPI layang, sehingga menghasilkan pigmen melanoid berwarna cokelat (Nawaz *et al.*, 2021; Cassol *et al.*, 2024a). Perubahan visual juga terlihat pada tingkat keseragaman warna permukaan produk. Perlakuan kontrol (P1) memiliki warna yang lebih seragam, sedangkan pada penambahan KPI (P2-P4) terlihat adanya variasi intensitas warna yang lebih kompleks. Kandungan protein seringkali memengaruhi reaksi pencokelatan selama pemanggangan sehingga reaksi berlangsung tidak homogen pada pangan yang berbasis campuran protein dan karbohidrat (Qiu *et al.*, 2024).

Nilai Hedonik Atribut Warna Kraker MPASI

Nilai hedonik untuk parameter warna kraker MPASI menunjukkan rentang skor panelis di 5,48 hingga 6,67 pada skala 1-9. Hasil analisis uji hedonik warna kraker MPASI dapat dilihat pada Figure 4.

Hasil uji hedonik warna tertinggi diperoleh pada perlakuan penambahan 20% KPI layang (P3) dengan skor sebesar

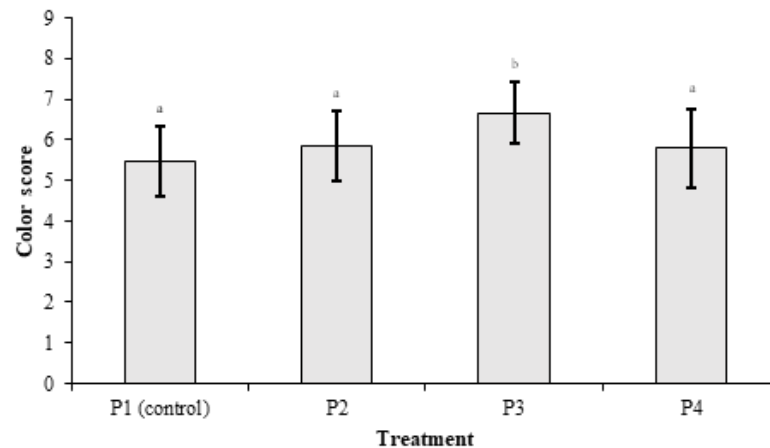


Figure 4 Hedonic value of weaning food cracker for color attributes; P1 (control) (0% KPI); P2 (10% KPI); P3 (20% KPI); P4 (30% KPI); Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 4 Nilai hedonik kraker MPASI untuk atribut warna; P1 (kontrol) (0% KPI); P2 (10% KPI); P3 (20% KP); P4 (30% KPI); ; Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)

6,67±0,74 yang menunjukkan bahwa panelis cukup menyukai hingga mendekati suka pada warna kraker yang dihasilkan. Nilai rata-rata uji hedonik terendah diperoleh pada perlakuan P1 (kontrol) sebesar 5,48±0,87 yang masuk dalam kategori netral. Perlakuan P2 (10% KPI) dan P4 (30% KPI) masing-masing memperoleh nilai rata-rata 5,85±0,87 dan 5,79±0,96 dan keduanya dapat dikategorikan netral hingga mendekati agak disukai oleh panelis. Kraker pada perlakuan P3 menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) terhadap hasil uji hedonik warna, sedangkan P1 (kontrol), P2 (10% KPI), dan P4 (30% KPI) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Hasil uji hedonik ini mengindikasikan bahwa penambahan konsentrat protein ikan layang pada konsentrasi 20% mampu menghasilkan karakteristik warna yang paling diterima dan disukai oleh panelis, karena menghasilkan warna cokelat keemasan sehingga lebih menarik dibandingkan dengan warna pada perlakuan lain.

Peningkatan kandungan protein dalam formulasi produk pangan dapat meningkatkan intensitas warna cokelat dan memperbaiki persepsi visual hingga titik optimum tertentu (Nawaz *et al.*, 2021; Cassol *et al.*, 2024a). Hasil ini juga sejalan dengan penelitian lain yang menambahkan tepung ikan teri sebagai bahan

tambahan pada kraker yang mengakibatkan perubahan warna cokelat pada hasil produk akhir (Simaremare *et al.*, 2024). Warna cokelat pada produk pangan seperti kraker juga dapat terjadi akibat reaksi Maillard dan menghasilkan senyawa melanoidin akibat interaksi asam amino lisin dari protein ikan dan gugus hidroksil dari gula yang didukung dengan adanya suhu panas proses pemanggangan (Khasanah *et al.*, 2020).

Nilai Hedonik Atribut Rasa Kraker MPASI

Hasil analisis uji hedonik terhadap atribut rasa menunjukkan nilai rata-rata kesukaan panelis berkisar antara 5,12 hingga 7,06 pada skala 1-9 (Figure 5). Perlakuan penambahan KPI sebesar 20% (P3) menunjukkan nilai rata-rata tertinggi yaitu 7,06±0,86 yang menunjukkan kraker memiliki rasa yang disukai oleh panelis. Nilai ini secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol (P1) maupun perlakuan lainnya. Perlakuan P2 (10% KPI) memperoleh nilai rata-rata hidonik rasa terenda, yaitu 5,12±0,96 yang mengindikasikan bahwa panelis cenderung netral atau biasanya saja terhadap rasa kraker.

Penambahan konsentrat protein ikan layang hingga konsentrasi 20% (P3) terbukti mampu meningkatkan akseptabilitas rasa

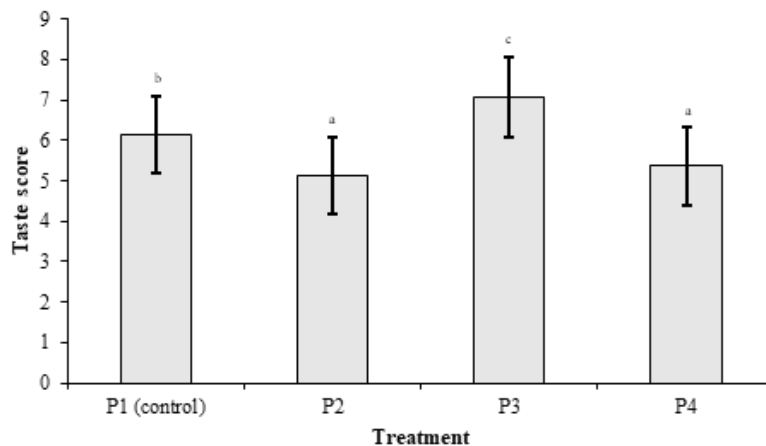


Figure 5 Hedonic value of weaning food cracker for taste attributes; P1 (control) (0% KPI); P2 (10% KPI); P3 (20% KPI); P4 (30% KPI); Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 5 Nilai hedonik kraker MPASI untuk atribut rasa; P1 (kontrol) (0% KPI); P2(10% KPI); P3 (20% KP); P4 (30% KPI); ; Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)

kraker MPASI dibandingkan dengan produk kontrol (P1) yang memiliki nilai $6,15 \pm 0,94$ (agak suka). Peningkatan konsentrasi KPI layang lebih lanjut hingga 30% (P4) justru menyebabkan penurunan tingkat kesukaan panelis menjadi $5,36 \pm 0,99$ (netral). Secara statistik, tidak terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan P2 (10% KPI) dan P4 (30% KPI). Hal ini diduga karena penambahan konsentrasi KPI yang terlalu tinggi dapat memunculkan rasa amis khas ikan yang lebih kuat, sehingga mengurangi tingkat penerimaan panelis. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nawaz *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa peningkatan fortifikasi protein ikan secara berlebihan dapat menyebabkan penurunan penerimaan sensoris akibat ketidakseimbangan flavor. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Muslihudin *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi protein ikan pada produk biskuit menyebabkan penurunan skor rasa pada tingkat fortifikasi tinggi karena munculnya rasa amis yang lebih kuat.

Nilai tertinggi pada P3 mengindikasikan bahwa fortifikasi konsentrat protein ikan (KPI) layang pada konsentrasi 20% menghasilkan profil rasa yang paling optimal yang disukai oleh panelis. Produk kraker MPASI dengan fortifikasi KPI layang memiliki rasa cenderung gurih yang

dipengaruhi oleh kandungan asam glutamat. Reaksi Maillard selama proses pemanggangan juga berkontribusi dalam pembentukan senyawa flavor yang memperkaya cita rasa produk ikan (Pratiwi *et al.*, 2021).

Hedonik Atribut Aroma Kraker MPASI

Hasil uji hedonik atribut aroma dapat diketahui bahwa perlakuan fortifikasi KPI layang memberikan pengaruh berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kesukaan panelis untuk atribut aroma kraker MPASI (Figure 6). Nilai rata-rata hedonik aroma produk berkisar antara 5,39-7,12 pada skala 1-9. Nilai hedonik aroma kraker tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (20% KPI) dengan skor $7,12 \pm 0,99$ (aroma disukai), sedangkan nilai kesukaan terendah terdapat pada perlakuan P2 (10% KPI) dengan skor $5,39 \pm 0,97$ (aroma netral).

Penambahan KPI pada konsentrasi tertentu dapat memengaruhi tingkat penerimaan panelis pada produk kraker yang dihasilkan. Nilai tertinggi pada P3 menunjukkan bahwa fortifikasi konsentrat protein ikan (KPI) layang pada konsentrasi 20% menghasilkan aroma yang paling optimal. Hal ini mengindikasikan bahwa fortifikasi KPI layang sebanyak 20% mampu menghasilkan aroma yang paling dapat

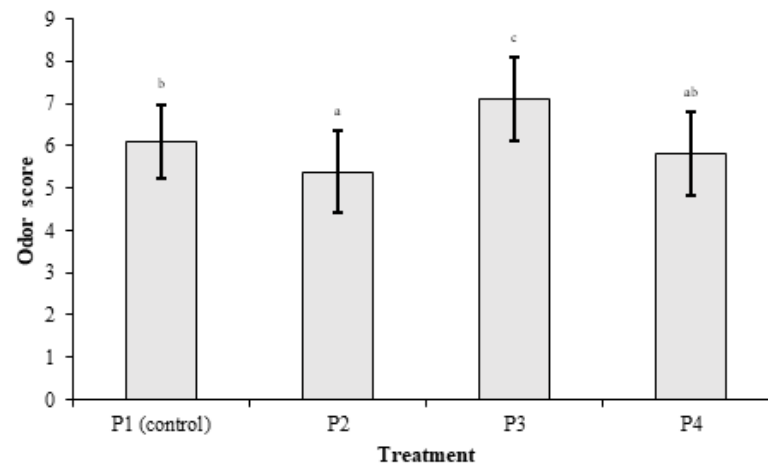


Figure 6 Hedonic value of weaning food cracker for aroma attributes; P1 (control) (0% KPI); P2 (10% KPI); P3 (20% KPI); P4 (30% KPI); Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 6 Nilai hedonik kraker MPASI untuk atribut aroma; P1 (kontrol) (0% KPI); P2 (10% KPI); P3 (20% KPI); P4 (30% KPI); Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)

diterima dan disukai oleh panelis, sedangkan kraker dengan penambahan konsentrasi KPI layang yang lebih tinggi (P4, 30% KPI) menghasilkan tingkat kesukaan aroma yang lebih rendah yaitu $5,82 \pm 0,98$.

Aroma kraker dengan penambahan 20% KPI (P3) sudah tidak memiliki aroma khas ikan, melainkan telah bertransformasi menjadi aroma gurih yang menyatu dengan karakteristik dasar kraker. Hal ini berkaitan dengan pembentukan senyawa volatil selama proses pemanggangan, khususnya melalui reaksi Maillard dan degradasi termal asam amino yang menghasilkan senyawa aroma kompleks seperti aldehid, keton, dan senyawa sulfur yang berkontribusi terhadap aroma gurih (Partanen *et al.*, 2023; Qiu *et al.*, 2024). Penambahan protein ikan pada konsentrasi tinggi dapat meningkatkan intensitas aroma yang kurang diinginkan, sehingga menurunkan tingkat kesukaan panelis (Muslihudin *et al.*, 2021).

Hedonik Atribut Tekstur Kraker MPASI

Hasil analisis uji hedonik atribut tekstur menunjukkan bahwa perlakuan fortifikasi KPI layang memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap tingkat kesukaan panelis pada parameter tekstur kraker MPASI (Figure 7). Nilai kesukaan

panelis terhadap atribut tekstur kraker MPASI berada pada rentang 5,82–7,21. Kraker dengan penambahan 20% KPI layang (P3) memperoleh nilai rata-rata tertinggi yaitu $7,21 \pm 0,93$ dan termasuk kategori disukai oleh panelis.

Nilai uji hedonik yang tinggi pada perlakuan P3 mengindikasikan bahwa fortifikasi konsentrat protein ikan (KPI) layang pada konsentrasi 20% ke dalam produk *cracker* menghasilkan karakteristik tekstur yang paling sesuai dengan preferensi panelis. Penambahan protein dapat memperbaiki struktur produk pangan berbasis tepung melalui pembentukan matriks yang lebih stabil, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih disukai saat digigit, dan menciptakan sensasi tekstur renyah yang diharapkan dari produk kraker (Nawaz *et al.*, 2021). Penurunan tingkat kesukaan pada perlakuan P4 (30% KPI) dapat disebabkan oleh penambahan konsentrasi protein yang terlalu tinggi dapat meningkatkan kemampuan adonan dalam mengikat air. Hal ini dapat menyebabkan produk akhir memiliki tekstur yang lebih padat, keras, dan alot, sehingga kurang disukai (Qiu *et al.*, 2024).

Nilai hedonik tekstur kraker terendah diperoleh pada perlakuan P2 (10% KPI). Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan protein pada konsentrasi tersebut belum

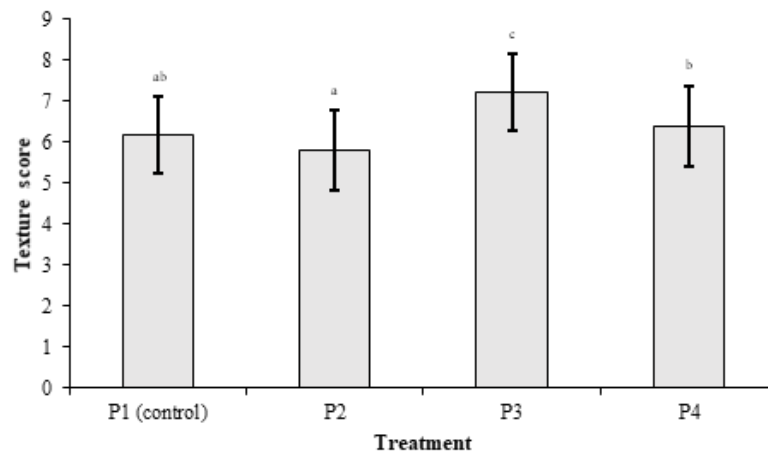


Figure 7 Hedonic value of weaning food cracker for texture attributes; P1 (control) (0% KPI); P2 (10% KPI); P3 (20% KPI); P4 (30% KPI); Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 7 Nilai hedonik kraker MPASI untuk atribut tekstur; P1 (kontrol) (0% KPI); P2(10% KPI); P3 (20% KP); P4 (30% KPI); ; Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)

cukup untuk memberikan perbaikan tekstur yang signifikan dibandingkan dengan kontrol. Tekstur pada kraker MPASI dapat dipengaruhi oleh penambahan KPI. Penelitian Sari *et al.* (2014), menghasilkan penurunan keremahan tekstur biskuit setelah ditambahkan tepung ikan dengan konsentrasi tinggi. Hasil ini sejalan dengan pernyataan Siswanti *et al.* (2024), bahwa konsentrasi tepung ikan yang optimal pada biskuit bayi dapat memengaruhi penerimaan panelis dalam pengujian hedonik.

Hedonik Atribut Ketampakan Kraker MPASI

Hasil analisis uji hedonik terhadap atribut ketampakan kraker MPASI dengan fortifikasi KPI layang memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap tingkat kesukaan panelis (*Figure 8*). Nilai rata-rata kesukaan panelis terhadap atribut ketampakan kraker berkisar antara 5,27 hingga 6,48 yang masuk dalam kategori netral hingga agak suka. Kraker dengan perlakuan P3 (20% KPI)

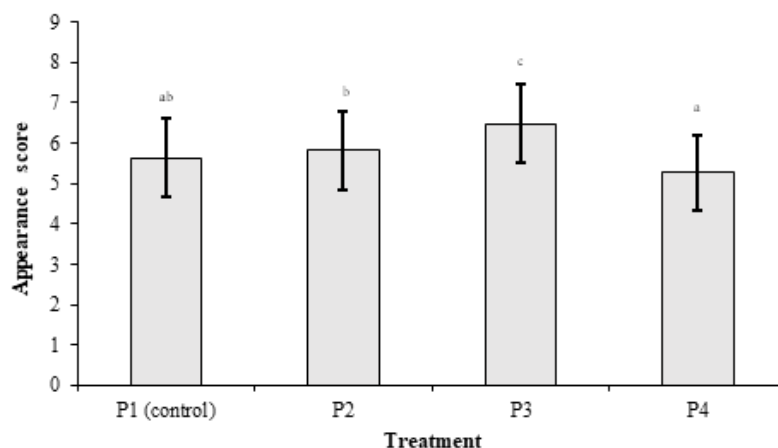


Figure 8 Hedonic value of weaning food cracker for appearance attributes; P1 (control) (0% KPI); P2(10% KPI); P3 (20% KPI); P4 (30% KPI); Different superscript letters indicate significantly different values ($p < 0.05$)

Gambar 8 Nilai hedonik kraker MPASI untuk atribut ketampakan; P1 (kontrol) (0% KPI); P2(10% KPI); P3 (20% KP); P4 (30% KPI); ; Huruf superskrip berbeda menunjukkan nilai berbeda nyata ($p < 0.05$)

menunjukkan nilai rata-rata tertinggi yaitu $6,48 \pm 0,97$ yang berarti memiliki ketampakan yang disukai oleh panelis. Kraker dengan perlakuan P4 (30% KPI) menunjukkan terjadi penurunan tingkat kesukaan panelis dari segi ketampakan kraker dan memperoleh nilai rata-rata terendah yaitu $5,27 \pm 0,94$. Sementara itu, kraker tanpa penambahan KPI layang (P1) maupun dengan penambahan KPI layang 10% (P2) menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan P3, yang mengindikasikan bahwa ketampakan produk belum cukup disukai secara visual.

Bahan berprotein yang ditambahkan ke dalam produk pangan dapat memengaruhi tingkat penerimaan konsumen, sehingga fortifikasi protein pada tingkat optimum dapat meningkatkan daya tarik visual, namun jika berlebihan dapat menurunkan penerimaan akibat perubahan warna yang terlalu intens (Qiu *et al.*, 2024). Tingkat kesukaan terhadap parameter ketampakan produk pangan dipengaruhi oleh warna dan bentuk produk. Penurunan tingkat kesukaan ketampakan kraker pada perlakuan P4 (30% KPI) dapat disebabkan oleh warna produk yang menjadi terlalu gelap akibat konsentrasi KPI yang lebih tinggi. Ketampakan produk dapat mengalami penurunan penerimaan panelis yang diakibatkan oleh perubahan warna produk menjadi lebih gelap (Norton *et al.*, 2020). Hal ini sejalan dengan penelitian Astiana *et al.* (2023), yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi tepung ikan yang ditambahkan pada produk biskuit akan mengakibatkan warna produk semakin cokelat dan mengalami penurunan penerimaan oleh panelis.

Penentuan Formula Kraker MPASI Terpilih

Penentuan formula kraker MPASI terpilih didasarkan pada nilai tertinggi hasil uji hedonik meliputi atribut warna, rasa, aroma, tekstur dan ketampakan kraker setiap perlakuan. Berdasarkan hasil uji hedonik, kraker dengan penambahan KPI layang 20% (P3) secara konsisten menunjukkan nilai tertinggi pada hampir seluruh atribut, yaitu warna (6,67), aroma (7,12), rasa (7,12), tekstur (7,21), dan ketampakan (6,48). Nilai

tersebut berada pada kategori “agak suka” dan “suka”. Hasil analisis statistik data uji hedonik kraker MPASI dengan penambahan 20% KPI layang (P3) menunjukkan bahwa perlakuan P3 memiliki perbedaan signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan dengan perlakuan lainnya (kontrol, 10% KPI, dan 30% KPI) pada semua parameter. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan P3 memiliki tingkat penerimaan sensoris paling baik dibandingkan perlakuan lainnya dan menjadi perlakuan kraker MPASI terpilih. Kraker MPASI terpilih dilakukan analisis angka kecukupan gizi (AKG).

Analisis Angka Kecukupan Gizi (AKG) Kraker MPASI Formula Terpilih

Analisis angka kecukupan gizi (AKG) dilakukan untuk mengevaluasi kontribusi nutrisi dari kraker dengan penambahan konsentrat protein ikan (KPI) layang terhadap kebutuhan gizi balita sebagai makanan pendamping air susu ibu (MPASI). Hasil analisis AKG produk kraker MPASI dengan fortifikasi 20% KPI layang disajikan pada Table 5.

Kraker dengan fortifikasi 20% konsentrat protein ikan (KPI) layang mengandung energi total sebesar 454,44 kkal/100 g, yang sebagian besar disumbangkan oleh karbohidrat (49,6%) dan lemak total (18,22%). Angka kecukupan gizi kraker MPASI formulasi terbaik disajikan pada Table 5. Kadar air produk yang relatif rendah (6,06%) mengindikasikan potensi umur simpan yang baik karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Tingginya kadar abu (3,11%) mencerminkan kandungan mineral yang signifikan, yang berasal dari ikan layang sebagai bahan fortifikasi dalam kraker. Berdasarkan data komposisi pangan dan studi nutrisi ikan pelagis kecil, kandungan mineral ikan layang segar per 100 g meliputi fosfor sebesar 200–250 mg, kalium 300–400 mg, kalsium 20–50 mg, magnesium 25–40 mg, natrium 50–90 mg, zat besi 1,0–2,5 mg, dan seng 0,5–1,5 mg (FAO, 2021).

Kontribusi gizi makro produk ini sangat relevan untuk pemenuhan angka kecukupan gizi (AKG) balita. Kadar protein yang mencapai 23% (23 g/100 g) merupakan



Table 5 Dietary reference intake (DRI) for the best formulation of weaning food cracker

Tabel 5 Angka kecukupan gizi (AKG) kraker MPASI formulasi terbaik

Dietary reference intake (DRI)	Value
Ash content (%)	3.11±0.04
Energy from fat (kcal/100g)	163±0.94
Fat content (%)	18.22±0.15
Water content (%)	6.06±0.04
Total energy (kcal/100 g)	454.44±0.46
Carbohydrate (by difference) (%)	49.6±0.45
Protein content (%)	23±0.23
Natrium (Na) (mg/100 g)	423.15±1.84
Total sugar (%)	3.96±0.11
Saturated fat (%)	8.07±0.01

nilai yang sangat tinggi dan mampu memberikan kontribusi substansial terhadap kebutuhan protein harian balita usia 1-3 tahun yang direkomendasikan sebesar 20 g/hari (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019). Konsumsi pada tingkat asupan yang direkomendasikan, dapat berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan asupan protein yang diperoleh dari konsumsi makanan selingan, dan diperkirakan akan berperan mendukung upaya pencegahan stunting (Astuti *et al.*, 2025). Kandungan lemak total sebesar 18,22 g/100 g juga berperan penting sebagai sumber energi dan asam lemak esensial yang dibutuhkan untuk tumbuh kembang balita (Abdullah *et al.*, 2023).

Kandungan natrium tercatat sebesar 423,15 mg/100 g. Nilai ini tergolong relatif tinggi untuk produk MPASI, mengingat asupan natrium harian yang direkomendasikan untuk balita 1-3 tahun adalah 1000 mg/hari (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019). Tingginya kadar natrium ini dapat berasal dari kombinasi beberapa sumber yaitu kandungan alami ikan layang segar (50-100 mg/100 g), penambahan garam dan kerju yang mengandung natrium, serta proses pemanggangan yang menyebabkan konsentrasi natrium meningkat dalam produk akhir (Condină *et al.*, 2021; Ferrari *et al.*, 2022; Rybicka *et al.*, 2022). Konsumsi dalam jumlah besar berpotensi menyumbang hampir

separuh dari batas asupan harian, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam formulasi selanjutnya.

Kadar gula total untuk produk ini memiliki kandungan yang relatif rendah (3,96%) dan dapat menunjang aspek positif yang sejalan dengan anjuran pembatasan gula pada produk untuk anak-anak. World Health Organization (2015) merekomendasikan konsumsi gula <10% dari total energi harian, dan lebih disarankan di bawah 5%, yang setara dengan 12-25 g per hari tergantung kebutuhan energi anak. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2019) membatasi konsumsi gula total maksimum 10% dari energi total harian. Produk kraker ini menunjukkan potensi besar sebagai pangan fungsional MPASI yang padat gizi, namun diperlukan optimalisasi formula untuk menyeimbangkan kadar natrium.

Analisis mutu produk kraker MPASI dengan fortifikasi konsentrat protein ikan layang yang diperkaya dengan tepung daun kelor mengacu pada Standar Nasional Indonesia (BSN, 2005) terkait makanan pendamping air susu ibu (MPASI) pada kategori biskuit. Parameter mutu yang dianalisis meliputi kadar air, abu, energi total, protein, dan natrium. Berdasarkan hasil pengujian, sebagian besar parameter telah memenuhi standar yang ditetapkan. Kadar air produk sebesar 6% belum memenuhi batas maksimum SNI (<5 g/100 g), sedangkan kadar abu sebesar 3,11% telah sesuai dengan standar

(<3,5 g/100 g). Nilai energi total sebesar 454 kkal/100 g telah memenuhi kebutuhan energi dari batas minimum yang ditetapkan (≥ 400 kkal/100 g), demikian pula dengan kadar protein yang mencapai 23%, telah memenuhi kebutuhan protein minimum (>6 g/100 g). Kadar natrium sebesar 423,15 mg/100 g masih melebihi batas yang direkomendasikan dalam SNI (≤ 200 mg/100 g) (BSN, 2005).

KESIMPULAN

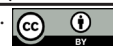
Pembuatan konsentrat protein ikan (KPI) layang dengan menggunakan metode frekuensi ekstraksi tiga kali (KPI 3) menghasilkan kadar protein (93,50%), nilai hedonik aroma (3,21), dan nilai derajat putih (76,13%) paling tinggi, serta kadar lemak paling rendah (0,42%). Fortifikasi KPI layang ke dalam produk kraker sebagai makanan pendamping air susu ibu (MPASI) pada konsentrasi KPI 20% menunjukkan tingkat penerimaan konsumen terbaik pada atribut warna, aroma, rasa, tekstur dan ketampakan. Kraker dengan fortifikasi 20% KPI layang juga telah memenuhi kandungan energi dan protein harian sesuai dengan SNI terkait MPASI pada kategori biskuit, serta berkontribusi dalam pemenuhan angka kecukupan gizi (AKG) balita, khususnya sebagai sumber protein.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui pendanaan Program Riset Keilmuan skema Hibah Riset Penelitian Dosen Pemula (PDP) dengan judul: Inovasi Produk Kraker Berbasis MPASI dengan Fortifikasi Konsentrat Protein Ikan Layang dan Tepung Daun Kelor Untuk Pencegahan *Stunting* Pada Balita, sesuai Surat Perjanjian Penugasan Nomor: 128/C3/DT.05.00/PL/2025 nama R. Hilman Wirayudha, S.Pi., M.Si. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor atas bantuan, dukungan, dan fasilitas yang telah diberikan sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik

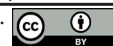
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, R. P. I. (2023). Literature review: pengaruh asupan karbohidrat, protein dan lemak terhadap resiko *stunting* anak usia 2-5 tahun. *Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 3(3), 155-163. <https://doi.org/10.33096/fmj.v3i3.217>
- Ahmad, A. S., & Azis, A. (2021). Analysis of risk factors for the incidence of *stunting* in toddlers. *Journal of Health Science and Prevention*, 5(1), 10-14. <https://doi.org/10.29080/JHSP.V5I1.415>
- Amelia, R., & Hizni, A. (2021). Formulasi baby rice kraker bekatul rasa pisang ambon (*Musa paradisiaca*) sebagai pangan fungsional. *Medimuh: Jurnal Kesehatan Muhammadiyah*, 1(2), 125-134. <http://ojs.ummada.ac.id/index.php/mh/article/view/246/196>
- Arza, P. A., & Tirtavani, M. (2017). Pengembangan kraker dengan penambahan tepung ikan patin dan tepung wortel. *Nutrition and Food Research*, 40(2), 55-62. <https://doi.org/10.22435/pgm.v40i2.7579.55-62>
- Asmira, S., Nova, M., & Hanum, D. (2019). Pengaruh substitusi alpukat dan tepung ikan lele terhadap mutu biskuit MPASI. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1), 8-13. <https://doi.org/10.32520/jtp.v8i1.536>
- Asriani., Santoso, J., & Listyarini, S. (2018). Nilai gizi konsentrat protein ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) ukuran jumbo. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 1(2), 77-86. <http://dx.doi.org/10.15578/jkpt.v1i2.7257>
- Astiana, I., Lahay, A. F., Utari, S. P. S. D., Farida, I., Samanta, P. N., Budiadnyani, I. G. A., & Febrianti, D. (2023). Karakteristik organoleptik dan nilai gizi biskuit dengan fortifikasi tepung surimi ikan swanggi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1), 107-116. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.44286>
- Astuti, M. S., Ratnawati, L. Y., & Rachmawati, S. N. (2025). Analysis of protein content, iron content, and acceptability of crackers substituted



- with edamame (*Glycine max* L. Merrill) flour and mackereltuna (*Euthynnus affinis*) protein hydrolysate. *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, 8(4), 518-529. <https://doi.org/10.33096/woh.vi.1598>
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2005). SNI 01-7111.2-2005. Makanan pendamping air susu ibu (MPASI) – bagian 2: Biskuit. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 01-2354.4:2006. 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. (2015). SNI 01-2346:2015. Pedoman pengujian sensori 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.
- Cao, J., Yan, H., Ye, B., Shen, Y., & Liu, L. (2023). Effects of Maillard reaction products on myoglobin-mediated lipid oxidation during refrigerated storage of carp. *Food Chemistry*, 434(2), 137465. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137465>
- Cassol, G. Z., Rezende-De-Souza, J. H., Fogaca, F. H. D. S., Silva, C. M., Pacheco, S., Pérez, F. H. D. S. (2024a). Influence of delipidification on protein concentrate extracted from fish by-products: technical process, nutritional value, and amino acid bioaccessibility. *Journal of Aquatic Food Technology*, 33(2), 111-126. <https://doi.org/10.1080/10498850.2024.2305966>
- Cassol, G. Z., Rezende-De-Souza, J. H., & Savay-Da-Silva, L. K. (2024b). Fish byproducts as a protein source: a critical review of fish protein concentrate. *Food Reviews International*, 41(1), 201–217. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2392154>
- Condină, G. G., Voinea, A., & Dabija, A. (2021). Strategies for reducing sodium intake in bakery products, a review. *Journal Applied Sciences*, 11(7), 3093. <https://doi.org/10.3390/app11073093>
- Damayanti, K. E., Dewi, Y. L. R., Wiboworini, B., & Widyaningsih, V. (2024). Animal protein on *stunting* prevention: a narrative review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1292(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1292/1/012027>
- Devi, H. M., Singh, B. K., Nath, P. C., Pandey, V. K., Rustagi, S., & Chettri, S. (2025). Optimizing extraction process of fish protein concentrate from katley fish (*Copper mahseer*) using response surface methodology. *Bioresource Technology Reports*, 31(10), 102259. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102259>
- Ernisti, W., Riyadi, S., & Jaya, F. M. (2018). Karakteristik biskuit yang difortifikasi tepung ikan patin siam. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan*, 13(2), 1-13. <https://doi.org/10.31851/jipbp.v13i2.2855>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (1986). Fish protein concentrate. Food and Agriculture Organization.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2021). Fish composition database. Food and Agriculture Organization.
- Ferrari, G. T., Proserpio, C., Staragliotto, L. K., Boff, J. M., Pagliarini, E., & de Oliveira, V. R. (2022). Salt reduction in bakery products: a critical review on the worldwide scenario, its impacts and different strategies. *Trends in Food Science & Technology*, 129(10), 440-448. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.10.013>
- Geng, L., Liu, K., & Zhang, H. (2023). Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. *Frontiers in Nutrition*, 15(10), 1192199. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1192199>
- Imra, I., Akhmadi, M. F., & Maulianawati, D.

- (2019). Fortifikasi kalsium dan fosfor pada kraker dengan penambahan tepung tulang ikan bandeng. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 49-54. <https://doi.org/10.20473/jipk.v11i1.11911>
- Jamaluddin, J., Hajra, H., Lisnawati, N. M. Y., Putri, G. N., Pitriani, P., & Bohari, B. (2023). Formulasi biskuit kraker berbasis tepung ikan sidat dan daun kelor. *Ghidza: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 7(2), 260–272. <https://doi.org/10.22487/ghidza.v7i2.918>
- Junianto., Rinaldi, A. M., Yulianti, T., Riandi, S. Z. (2021). Characteristics of fish protein concentrate (FPC) of marine fish. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 13(1), 1-11. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v13i130253>
- Khasanah, M. M., Ujianti, R. M. D., Nurdyansyah, F., & Ferdiansyah, M. K. (2020). Karakteristik kerupuk ikan bandeng dari variasi jenis pengolahan tepung ikan dan pati. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 15(2), 143-149. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v15i2.634>
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). Statistik perikanan tangkap berdasarkan jenis ikan. Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kumoro, A. C., Wardhani, D. H., Kusworo, T. D., Djaeni, M., Ping, T. C., & Azis, Y. M. F. (2022). Fish protein concentrate for human consumption: a review of its preparation by solvent extraction methods and potential for food applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 67(1), 42–59. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2022.04.003>
- Kumoro, A. C., Wardhani, D. H., Kusworo, T. D., Djaeni, M., Azis, Y. M. R. F., Alhanif, M., & Ping, T. C. (2024). Manufacturing of protein concentrate from the flesh of snakehead fish (*Channa striata*) through consecutive ultrasound-assisted organic solvent extraction and vacuum drying. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2293331. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2293331>
- Liu, L., Zhao, Y., Zeng, M., & Xu, X. (2023). Research progress of fishy odor in aquatic products: from substance identification, formation mechanism, to elimination pathway. *Food Research International*, 178 (2), 113914. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113914>
- Mardiah, A., Karina, I., & Fitria, E. A. (2022). Uji organoleptik kesegaran ikan layang (*Decapterus* sp.) selama penanganan suhu dingin. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya*, 6(2), 97–111. <https://doi.org/10.36355/semahjpsp.v6i2.946>
- Mazidah, Y. F., Kusumaningrum, I., & Safitri, D. E. (2018). Penggunaan tepung daun kelor pada pembuatan kraker sumber kalsium. *ARGIPA*, 3(2), 67–79. <https://doi.org/10.22236/argipa.v3i2.2462>
- Muslihudin, U. S., Liviawaty, E., Rochima, E., & Junianto. (2021). Study of preferred level of biscuits fortified with Nile tilapia fish egg protein concentrate. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 13(4), 10-17. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v13i430270>
- Muslimin, I. (2023). Physico-chemical characteristics of fish protein concentrate wild tilapia (*Oreochromis niloticus*) using 90% ethanol solvent. *Int. J. Sci. Res. Publications*, 13(2), 94–100. <http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.13.02.2023.p13411>
- Naimah, Muhdar, F., Said, D. R., Sartika, D., & Darminto, A. O. (2024). Diversifikasi olahan ikan layang menjadi produk bernilai ekonomis. *PROFICIO*, 5(1), 64–68. <https://doi.org/10.36728/jpf.v5i1.2910>
- Nawaz, A., Khalifa, I., Walayat, N., Lorenzo, J. M., Irshad, S., Abdullah., Ahmed, S., Simirgiotis, M. J., Ali, M., & Li, E. (2021). Whole fish powder snacks: evaluation of structural, textural, pasting, and water distribution properties. *Journals Sustainability*, 13(11), 1-12. <https://doi.org/10.3390/su13116010>
- Norton, V., Lignou, S., Bull, S. P., Gosney, M. A., & Methven, L. (2020). Consistent



- effects of whey protein fortification on consumer perception and liking of solid food matrices (cakes and biscuits) regardless of age and saliva flow. *Foods*, 9(9), 1-28. <https://doi.org/10.3390/foods9091328>
- Nurhayati, T., Wirayudha, R. H., & Suptijah, P. (2023). Karakteristik pepton dari limbah jeroan ikan sidat (*Anguilla bicolor*) sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(1), 1-12. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v26i1.43326>
- Partanen, M., Honkapää, K., Hiidenhovi, J., Kakko, T., Mäkinen, S., Kivinen, S., Aitta, A., Väkeväinen, K., & Aisala, H. (2023). Comparison of commercial fish proteins' chemical and sensory properties for human consumption. *Foods*, 12(5), 966. <https://doi.org/10.3390/foods12050966>
- [PERMENKES] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2019). Angka kecukupan gizi yang dianjurkan untuk masyarakat Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Pratiwi, A. R., Fadlilah, I., Ananingsih, V. K., & Meiliana, M. (2021). Protein dan asam amino pada edible *Sargassum aquifolium*, *Ulva lactuca*, dan *Gracilariopsis longissima*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(3), 337-346. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i3.37085>
- Qiu, D., Gan, R., Feng, Q., Shang, W., He, Y., Li, C., Shen, X., & Li, Y. (2024). Flavor formation of tilapia byproduct hydrolysates in Maillard reaction. *Journal of Food Science*, 89(3), 1554-1566. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16956>
- Rahayuwati, L., Yani, D. I., Setiawan, A. S., & Oruga, M. D. (2023). Transdisciplinary approach to prevent stunting in Indonesia. *Jurnal Keperawatan Padjadjaran*, 11(2), 77-80. <https://doi.org/10.24198/jkp.v11i2.2295>
- Rasdi, R., & Askar, H. (2024). Analisis kandungan protein opak singkong dengan formulasi konsentrat protein ikan mujair. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 14(1), 86-97. <https://doi.org/10.33512/jpk.v14i1.27937>
- Rieuwpassa, F. J., Karimela, E. J., & Lasaru, D. C. (2018). Karakterisasi sifat fungsional konsentrat protein ikan sunglir (*Elagatis bipinnulatus*). *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 9(2), 177-183. <https://doi.org/10.24319/jtpk.9.177-183>
- Rieuwpassa, F. J., Karimela, E. J., & Karaeng, M. C. (2020). Analisis fisika kimia konsentrat protein ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diekstrak menggunakan pelarut etanol. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 11(1), 45-52. <https://doi.org/10.24319/jtpk.11.45-52>
- Rieuwpassa, F. J., Karimela, E. J., Cahyono, E., Tomaso, A. M., Ansar, N. M. S., Tanod, W. A., Nadia, L. M. H., Ramadhan, W., Ilhamdy, A. F., & Rieuwpassa, F. (2022). Extraction and characterization of fish protein concentrate from Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Food Research*, 6(4), 92-99. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).528](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).528)
- Rybicka, I., Goncalves, A., Oliveira, H., Marques, A., & Nunes, M. L. (2022). Salt reduction in seafood-a review. *Food Control*, 135 (108809), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108809>
- Ryu, B., Shin, K., & Kim, S. (2021). Muscle protein hydrolysates and amino acid composition in fish. *Marine Drugs*, 19(7), 1-12. <https://doi.org/10.3390/md19070377>
- Sari, D. K., Marliyati, S. A., Kustiyah, L., Khomsan, A., & Gantohe, T. M. (2014). Uji organoleptik formulasi biskuit fungsional berbasis tepung ikan gabus. *Agritech*, 34(2), 120-125. <https://doi.org/10.22146/agritech.9501>
- Setyarini, D., Bustami, & Santoso, J. (2024a). karakteristik kimia dan sifat fungsional konsentrat protein ikan (KPI) dan tepung tulang dari ikan lele. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(6), 459-473. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i6.50064>
- Setyarini, D., Ibrahim, B., & Santoso, J. (2024b).

- Karakteristik biskuit bagiak dengan substitusi konsentrat protein ikan dan tepung tulang ikan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(10), 944–954. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i10.53054>
- Simaremare, P., Ratnaningsih, N., & Lastarawati, B. (2024). Karakteristik kraker hasil fortifikasi tepung ikan teri dan rumput laut. *JPB Kelautan dan Perikanan*, 19(1), 1–16. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v19i1.940>
- 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>
- Soemadi, D. S., Bustami, B., & Santoso, J. (2024). Karakteristik kimia dan sifat fungsional konsentrat protein ikan dan tepung tulang ikan lele. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(6), 459–473. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i6.50064>
- Wahyudi, V. A., Hidayanti, R., Manshur, H. A., Harini, N., & Wedyan, M. A. (2024). Assessment of defatted protein concentrate from flying fish roe filament and its amino acid profile. *BIO Web of Conferences*, 104, 00047. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410400047>
- Wardani, L. K., Aulia, V., Hadhikul, M., & Kardila, M. (2023). Risks of *stunting* and interventions to prevent *stunting*. *Journal of Community Engagement in Health*, 6(2), 241–245. <https://doi.org/10.30994/jceh.v6i2.528>
- Wirayudha, R. H., Herawati, D., Kusnandar, F., & Nurhayati, T. (2022). Kapasitas antioksidan dan sifat fisikokimia hidrolisat kolagen dari kulit ikan tuna sirip kuning dengan metode ultrasound assisted enzymatic reaction. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(3), 393–404. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i3.43325>
- [WHO] World Health Organization. (2015). Guideline: sugar intake for adults and children. World Health Organization.
- Yuan, Z., Ye, X., Hou, Z., & Chen, S. (2023). Sustainable utilization of proteins from fish processing by-products: extraction, biological activities and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 143(10), 104276. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104276>