

EVALUASI PERLAKUAN PEMASAKAN BERTEKANAN DAN PENGUKUSAN PADA KARAKTERISTIK ORGANOLEPTIK, PERUBAHAN NILAI GIZI, DAN LOGAM BERAT PADA IKAN TINDARUNG PERAIRAN SULAWESI UTARA

Evaluation of Pressure Cooking and Steaming on the Sensory Characteristics, Changes in Nutritional Value, and Heavy Metal Content of Tindarung Fish in North Sulawesi Waters

Aprilia Eka Pratiwi^{1*}, Inneke Fenny Melke Rumengan², Deiske Adeline Sumilat²,
Netty Salindeho², Rosita Anggreiny Lintang², Leonardus Ricky Rengkung³.

¹Program Studi Ilmu Perairan, Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi

³Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi

*pratiwihuspani17@gmail.com

(Diterima 15-04-2026; Direvisi 11-05-2026; Dipublikasi 19-05-2026)

ABSTRACT

North Sulawesi is one of Indonesia's major fisheries regions, where large pelagic tuna-like species are widely consumed and commonly marketed in minimally processed forms. However, fish quality can deteriorate rapidly when post-harvest handling and thermal processing are not properly controlled. This study evaluated the effects of steam cooking and pressure-based cooking (presto) on the sensory quality, proximate composition, selected minerals, and heavy-metal levels of tindarung fish muscle collected from the Bitung Fishing Port, North Sulawesi. Fresh fish were subjected to steam cooking (15–20 min at approximately 60–100 °C) or pressure-based cooking (15 min at approximately 115 °C) and compared with fresh, untreated samples. Sensory attributes (appearance, odor, taste, and texture) were assessed in accordance with Indonesian National Standards, while proximate composition, mineral content (Ca and P), and heavy metals (Cd and Hg) were determined using standardized laboratory methods. All treatments exhibited acceptable sensory quality, with scores exceeding 6. Steam-cooked fish showed lower moisture content (63.31%) and higher protein content (27.32%) than pressure-based cooked fish (65.41% moisture; 18.65% protein). In contrast, fat content was slightly higher in pressure-based cooked fish (8.48%) than in steam-cooked fish (7.66%). Cadmium concentrations were low (0.005–0.008 mg/kg), and calcium levels in muscle were below the detection limit (<1.19 mg/kg). Total mercury concentrations ranged from 0.55 to 0.76 mg/kg, indicating that product-safety assessment should consider regulatory limits applicable to large predatory fish species. Overall, steam cooking better preserved the nutritional profile of tindarung fish and is recommended as a practical processing method, accompanied by routine mercury monitoring to ensure consumer safety.

Kata kunci: *tindarung fish, organoleptics, steam and pressure-based cooking, proximate composition, mineral and heavy metal level*

Sulawesi Utara adalah salah satu wilayah penting perikanan tangkap di Indonesia, dengan bahan pelagis besar bertipe tuna (tuna-like species) yang banyak dikonsumsi, termasuk ikan tindarung. Mutu ikan mudah menurun apabila penanganan pascapanen dan proses perlakuan termal tidak dilakukan secara tepat. Studi ini mengevaluasi pengaruh pendekatan proses pengukusan dan pemasakan bertekanan (pemasakan bertekanan) pada mutu sensori, komposisi proksimat, mineral terpilih, dan juga kadar logam berat pada daging ikan tindarung yang diperoleh dari Pelabuhan Perikanan Bitung, Sulawesi Utara. Ikan segar diproses dengan proses pengukusan (15–20 menit; ~60–100 °C) atau pemasakan bertekanan (15 menit; ~115 °C), lalu dibandingkan dengan kontrol segar. Uji organoleptik (kenampakan, bau, rasa, tekstur) mengacu pada SNI, sedangkan analisis proksimat, mineral (Ca dan P), dan logam berat (Cd dan Hg) dilakukan menggunakan pendekatan uji laboratorium terstandar. Seluruh perlakuan memperlihatkan mutu organoleptik yang baik (skor >6). Ikan kukus memiliki kadar air 63,31%, abu 1,35%, lemak 7,66%, protein 27,32%, karbohidrat 0,37%, dan serat kasar 0,12%, sedangkan ikan pemasakan bertekanan memiliki kadar air 65,41%, abu 0,91%, lemak 8,48%, protein 18,65%, karbohidrat 6,55%, dan serat kasar 0,11%. Kadar Cd rendah (0,005–0,008 mg/kg), kalsium pada jaringan otot berada di bawah batas deteksi (<1,19 mg/kg), dan fosfor meningkat secara relatif sesudah pemasakan. Kadar Hg total berada pada rentang 0,55–0,76 mg/kg, dengan demikian interpretasi keamanan produk perlu mempertimbangkan kategori regulasi guna ikan predator besar dan juga kebutuhan pemantauan berkala. Pada umumnya, proses pengukusan memberikan profil gizi yang lebih menguntungkan dibandingkan pemasakan bertekanan dan direkomendasikan sebagai pendekatan perlakuan yang lebih optimal dengan tetap memperhatikan aspek keamanan, khususnya merkuri.

Kata kunci: *ikan tindarung, logam berat, kukus, organoleptik, pemasakan bertekanan, komposisi proksimat, kadar mineral*

PENDAHULUAN

Ikan adalah salah satu bahan baku makanan yang memerlukan penanganan yang lebih baik sebab termasuk salah satu komoditi yang mudah sekali busuk; Proses penanganan tentunya sangatlah diperlukan ketika ikan ini dipindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya hingga sampai ke pendistribusiannya. Hal ini diperlukan guna menjaga mutu dari kesegaran ikan supaya tetap terjaga hingga sampai ke tangan konsumen (Andhikawati et al., 2023). Mutu ikan harus memenuhi standar meliputi kesegaran, rasa, tekstur, dan kadar nutrisi yang diinginkan oleh konsumen. Sebagai sumber protein hewani yang sangat bergizi, mutu ikan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor baik cara penangkapan maupun penanganan dan perlakuan sesudah panen. (Sarwar et al., 2019; Arefin et al., 2024).

Sebuah daerah yang berpotensi tinggi dalam sektor perikanan dan kelautan adalah Sulawesi Utara. Sulawesi Utara berada pada posisi geografis yang menguntungkan sebab memiliki kondisi alam yang unik dan keanekaragaman hayati laut yang tinggi, dengan demikian berpotensi besar dalam sektor perikanan dan kelautan yang adalah prioritas dari pembangunan daerah (Sengkey et al., 2020). Pada tahun 2022, Sulawesi Utara menyumbang ikan tuna sebanyak 36.726 ton dari 660.479 ton ikan tuna di Indonesia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2024). Jenis tuna yang paling banyak ditemukan di Perairan Sulawesi Utara adalah tuna-like species seperti ikan tendarung. Ikan tendarung (Blue Marlin) adalah ikan yang memiliki tekstur daging dan manfaat yang sama dengan ikan tuna (Megasanti et al., 2020).

Daging ikan tendarung umumnya diproses dan dipasarkan dalam bentuk sederhana guna konsumsi harian (Apituley et al., 2020); Kesegarannya mudah menurun apabila penanganan pascapanen tidak dilakukan dengan tepat. Penurunan mutu ikan dipengaruhi oleh faktor internal yang bersifat biologis dan juga faktor eksternal seperti proses pembusukan, waktu, dan pendekatan perlakuan yang berlangsung sejak penangkapan hingga sampai konsumen (Metusalach et al., 2014). Perlakuan berperan penting dalam memperpanjang daya simpan dan meningkatkan nilai tambah ikan. Saat ini, perlakuan ikan tendarung masih didominasi oleh penggorengan dan pembakaran sebab dianggap lebih praktis. Sebaliknya, pendekatan proses pengukusan dan pemasakan bertekanan belum banyak diterapkan, meskipun keduanya berpotensi meningkatkan mutu produk, khususnya dari sisi gizi dan tekstur daging (Uran and Gokoglu, 2014; Siswanto and Mulasari, 2015; Nurilmala et al., 2017).

Pendekatan perlakuan ikan berperan penting dalam memperpanjang masa simpan, menaikkan keamanan produk, dan juga menjaga mutu sensori dan gizi produk; proses pengukusan dan pemasakan bertekanan adalah pendekatan berbasis panas yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba sekaligus memengaruhi tekstur, mempertahankan nilai gizi, dan juga menaikkan retensi protein dan mineral pada berbagai produk ikan. Sementara itu, pemasakan bertekanan efektif melunakkan tulang ikan tanpa menurunkan mutu sensori, dan juga mampu mempertahankan gizi pada produk olahan ikan (Yunarto et al., 2019; Barbosa et al., 2021).

Meskipun demikian, evaluasi mengenai dampak perlakuan proses pengukusan dan pemasakan bertekanan pada karakteristik organoleptik, perubahan nilai gizi, dan juga kadar mineral pada ikan tendarung masih terbatas, khususnya yang berasal dari lingkungan Sulawesi Utara; studi ini ditujukan guna mengevaluasi pengaruh pemasakan bertekanan dan proses pengukusan pada karakteristik organoleptik, perubahan nilai gizi, dan juga kadar mineral dan logam berat pada ikan tendarung dari Sulawesi Utara, sebagai dasar penilaian mutu dan keamanan produk ikan tendarung hasil perlakuan.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama satu bulan, yaitu pada November hingga Desember 2025; Sampel ikan tendarung diperoleh dari Pelabuhan Bitung, Sulawesi Utara, pada Tanggal 03 Desember 2025. Ikan tendarung dipilih mengacu pada kriteria ikan Segar grade A, meliputi Tingkat kesegaran yang ditunjukkan oleh tekstur daging yang elastis, dan juga kondisi daging ikan yang utuh dan tidak mengalami kerusakan (Nuzul, 2009). Sampel ikan yang diperoleh berikutnya dievaluasi melalui pengujian organoleptik yang dilakukan di Pelabuhan Samudera Bitung dan Pasar Ikan Girian. Analisis kadar gizi dan logam berat dilakukan di Laboratorium Pengujian, Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Manado.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang dipakai dalam studi ini adalah: ikan tendarung, dan juga beberapa pelarut kimia yang dipakai dalam analisis kadar gizi, seperti SeO_2 , K_2SO_4 , $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, NaOH , 0,025 M potassium chloride buffer dan 0,4 M sodium acetate buffer; Alat penelitian yang dipakai dalam studi ini, antara lain: cawan porselin, desikator, wadah, pisau, pinset, timbangan analitik, termometer, oven, dan alat gelas laboratorium seperti labu ukur, gelas ukur, Erlenmeyer, dan labu Kjeldahl.

Preparasi Sampel dan Pengolahannya

Daging ikan tendarung dipilih dalam kondisi grade A yang memiliki kondisi fisik tidak busuk, tidak rusak, tidak berbau; Kemudian ikan dicuci dengan air bersih guna menghilangkan lendir dan kotoran, kemudian buang bagian sisik, insang, isi perut dan ambil filet bagian daging, timbang daging (filet) tendarung, masing-masing $\pm 100 - 200$ gram yang dibagi dalam 3 (tiga) wadah sampel yang akan dipakai sebagai sampel utama yang disimpan ke wadah tertutup dengan suhu dingin ($\pm 4^\circ\text{C}$). Sampel ikan yang sudah disiapkan untuk analisis proksimat, mineral dan asam lemak tidak jenuh berupa daging ikan tendarung segar dan ikan tendarung olahan (kukus dan pemasakan bertekanan).

Proses pengukusan ikan dilakukan mengacu pada Huque et al., (2014) dengan penyesuaian yaitu memasukkan ikan tendarung segar pada panci kukus yang telah diberi air sebanyak 1 liter dan dipanaskan sampai mencapai suhu $60-100^\circ\text{C}$. Ikan tendarung segar dikukus selama 15-20 menit lalu sesudah itu segera angkat, biarkan dingin pada suhu ruang kurang lebih $20-25^\circ\text{C}$, kemudian sampel ikan kukus disimpan dalam plastik ziplock atau vial, di beri label dengan kode sampel dan bekukan pada suhu -20°C .

Proses pemasakan bertekanan dilakukan mengacu pada Sihag et al; (2015) menggunakan panci pemasakan bertekanan. Pemasakan bertekanan dilakukan pada suhu $\pm 115^\circ\text{C}$ dengan tekanan uap (setelan panci pemasakan bertekanan) selama 15 menit. sesudah perlakuan, sampel daging ikan pemasakan bertekanan dan kukus didinginkan pada suhu ruang ($\pm 20-25^\circ\text{C}$), dikemas dalam plastik ziplock/vial berlabel, lalu disimpan beku pada suhu -20°C hingga analisis.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental satu faktor, yaitu pendekatan perlakuan (segar, kukus, dan pemasakan bertekanan); Pengujian proksimat dilakukan mengikuti pendekatan SNI yang relevan, dengan ulangan analitik minimal duplo guna setiap peubah sesuai prosedur laboratorium. Data organoleptik dilaporkan sebagai rerata \pm simpangan baku dari lima panelis karena sebagian hasil kimia dan cemaran berasal dari laporan uji laboratorium dan tidak seluruhnya menyediakan replikasi biologis, perbandingan antar perlakuan dipaparkan terutama secara deskriptif; klaim perbedaan bermakna statistik hanya dapat ditarik apabila replikasi dan uji statistik (misalnya ANOVA atau uji non-parametrik) tersedia.

Analisis Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan pada ikan segar (sebelum fillet) untuk menilai mutu sensori dasar, meliputi kenampakan, bau, rasa (untuk produk matang), dan tekstur. Penilaian mengikuti score sheet uji sensori ikan segar (SNI 2729:2021) serta uji organoleptik (SNI 01-2346-2006) dengan skala 1–9 (1 = sangat tidak disukai/tidak layak; 9 = sangat disukai/sangat segar). Penilaian melibatkan lima panelis; panelis diberi penjelasan singkat mengenai parameter penilaian dan memberikan persetujuan untuk berpartisipasi.

Analisis Kadar Air

Analisis dilakukan berdasarkan SNI 2354.2:2015 yaitu Pengujian kadar air pada produk perikanan. Sekitar 2g ikan tendarung segar, dan pengolahan kukus dan pemasakan bertekanan dimasukkan ke dalam cawan porselen kering dengan berat konstan, kemudian dikeringkan pada suhu 100°C selama 5 jam. Kemudian cawan dipindahkan ke dalam desikator selama ± 30 menit kemudian ditimbang. Pengujian ini dilakukan duplo, dan dihitung dengan Persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

A: berat cawan kosong dinyatakan dalam g;

B: berat cawan + contoh awal, dinyatakan dalam g;

C: berat cawan + contoh kering, dinyatakan dalam g.

Analisis Kadar Abu

Penentuan kadar abu dilakukan mengacu pada prinsip bahwa senyawa organik akan terdekomposisi menjadi air dan karbon dioksida (CO₂) yang menggunakan SNI 01-2891-1992; kurang lebih 2 g daging ikan ditimbang, dimasukkan ke dalam cawan porselen kering dengan berat konstan, kemudian diarakkan di atas nyala pembakar. berikutnya, cawan dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 550 °C dan dipanaskan selama 3–4 jam hingga pembakaran sempurna. sesudah itu, cawan didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar abu daging ikan dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{W}{V} \times 100\%$$

keterangan:

W : bobot contoh sebelum diabukan dalam gram

W1: bobot contoh + cawan sesudah diabukan, dalam gram

W2 : bobot cawan kosong, dalam gram

Analisis Kadar Protein

Kadar protein ditentukan menggunakan metode Kjeldahl semi-mikro yang menggunakan metode analisis SNI ISO 1871:2015. Sebanyak 2 g daging ikan tinarung ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl, kemudian ditambahkan 0,5 g campuran selenium (SeO₂:K₂SO₄:CuSO₄·5H₂O dengan perbandingan 1:40:8). Campuran didestruksi di atas nyala pembakar selama kurang lebih 2 jam hingga larutan mendidih dan berubah warna menjadi hijau. Isi labu kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas. Sebanyak 5 mL larutan tersebut dipipet ke dalam alat destilasi, kemudian ditambahkan 5 mL NaOH 30% dan beberapa tetes indikator fenoltalein. Proses destilasi dilakukan selama 10 menit, dengan larutan penerima berupa 10 mL asam borat 2% yang dicampur indikator bromokresol hijau–metil merah. Destilat kemudian dititrasi menggunakan HCl 0,01 N hingga terjadi perubahan warna. Kadar protein daging ikan dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$Kadar\ Protein\ (\%) = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 0.014 \times Cf \times Df}{W} \times 100\%$$

Keterangan:

W : bobot cuplikan

V₁ : volume HCl 0,01 N yang dipergunakan penitaran contoh

V₂ : volume HCl yang dipergunakan penitaran blanko

N : normalitas HCl

fk : faktor konversi guna protein dari makanan

fp : faktor pengenceran

Analisis Kadar Lemak

Kadar lemak ditentukan menggunakan pendekatan Soxhlet; Analisis ini dilakukan mengacu pada SNI 01-2354.3-2006, dengan prinsip pendekatan yaitu mengekstraksi lemak dari sampel menggunakan pelarut, kemudian menentukan berat lemak yang diperoleh. kurang lebih 1 g daging ikan tinarung dibungkus dengan kertas saring dan dimasukkan ke dalam labu Soxhlet yang telah ditimbang sebelumnya. Heksana ditambahkan sebagai pelarut, dan proses ekstraksi dilakukan selama 6 jam. sesudah ekstraksi, labu Soxhlet dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C guna menguapkan pelarut, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang untuk menentukan kadar lemak. Kadar lemak dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$Kadar\ Lemak\ (\%) = \frac{W - W_1}{W_2} \times 100\%$$

Keterangan :

W : bobot contoh, dalam gram

W1 : bobot lemak sebelum ekstraksi, dalam gram

W2 : bobot labu lemak sesudah ekstraksi

Analisis Kadar Karbohidrat

Kadar karbohidrat ditentukan dengan pendekatan penghitungan selisih atau carbohydrate by difference; Analisis ini dilakukan mengacu pada SNI 01-2891-1992 yaitu dengan mengurangkan persentase kadar air, kadar abu, dan kadar protein kasar dari 100%. Kadar karbohidrat daging ikan tendarung dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$\text{Kadar Karbohidrat (\%)} = 100\% - (\%K.\text{air} + \%K.\text{abu} + \%K.\text{Protein} + \%K.\text{lemak})$$

Analisis Kadar Serat Kasar

Kadar serat kasar ditentukan dengan ekstraksi dengan asam dan basa guna memisahkan serat kasar dari bahan lain; Analisis ini dilakukan mengacu pada pendekatan SNI 01-2891-1992 yaitu Sebanyak 2–4 g daging ikan ditimbang, kemudian lemaknya dihilangkan melalui ekstraksi menggunakan pendekatan Soxhlet atau pelarut organik sebanyak tiga kali. Sampel yang telah bebas lemak dikeringkan dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 500 mL. berikutnya ditambahkan 50 mL larutan H₂SO₄ 1,25% dan dipanaskan selama 30 menit menggunakan pendingin tegak, kemudian ditambahkan 50 mL larutan NaOH 3,25% dan dipanaskan kembali selama 30 menit. Dalam keadaan panas, larutan disaring menggunakan corong Büchner dengan kertas saring *Whatman* No. 54 atau 541 yang telah diketahui bobotnya Kadar serat kasar daging ikan tendarung, kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Serat Kasar} = \frac{W}{W_2} \times 100\%$$

keterangan:

W = bobot cuplikan, dalam gram

W₂ = bobot endapan pada kertas saring, dalam gram

Analisis Kadar Mineral

Kadar mineral pada ikan dianalisis menggunakan AAS, prinsip kerjanya yaitu menganalisis sampel yang mengandung unsur atom dengan membandingkan jumlah energi yang dihasilkan oleh sumber energi radiasi dengan jumlah energi yang diserap dengan panjang gelombang tertentu; Adapun tahapan analisisnya yaitu preparasi sampel, preparasi larutan standar, tahap berikutnya yaitu proses dioptimasi dan membaca nilai absorbansi larutan standar dan larutan sampel.

Air demineral dipakai sebagai pelarut. Larutan baku kalsium 1 g/L disiapkan dari Ca(NO₃)₂·4H₂O dalam HNO₃ 0,5 M, kemudian diencerkan guna memperoleh larutan kalsium 100 mg/L. Larutan lantanum 25 g/L dibuat dari LaCl₃·6H₂O dengan penambahan HCl pekat. Larutan kalibrasi kalsium dengan konsentrasi 0–8 mg/L disiapkan dari larutan kalsium 100 mg/L dengan penambahan larutan lantanum, kemudian diencerkan menggunakan air demineral. Untuk sampel cair, larutan sampel dicampurkan dengan larutan lantanum dan diencerkan hingga volume tertentu dengan demikian konsentrasi kalsium berada di bawah 8 mg/L. Sampel padat terlebih dahulu dimineralisasi secara kering, kemudian abu dilarutkan dengan HCl pekat, ditambahkan larutan lantanum, dan diencerkan dengan air demineral. Uji blanko dilakukan dengan prosedur yang sama. Pengukuran dilakukan menggunakan larutan kalibrasi secara berurutan dari konsentrasi terendah hingga tertinggi. Setiap larutan dan sampel diukur dua kali sesudah sinyal stabil, kemudian kadar kalsium dihitung mengacu pada hasil absorbansi.

Sedangkan guna pengujian fosfor, daging ikan ditimbang sebanyak 2 g, kemudian dilarutkan dalam air deionisasi dan dipanaskan selama ±5 menit hingga fosfor terlarut sempurna; Larutan disaring, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dan diencerkan hingga volume akhir. Sebagai alternatif, sampel dapat dicerna menggunakan larutan asam dengan hasil yang setara. Penentuan fosfor dilakukan menggunakan spektrofotometri serapan atom pada panjang gelombang 213,6 nm. Rentang linearitas pendekatan ditentukan menggunakan larutan standar fosfor, dengan kisaran linier diperoleh pada konsentrasi 5000–30.000 µg/mL. Kurva kalibrasi dibuat dari larutan standar 5000–10.000 µg/mL, dan konsentrasi fosfor dalam sampel ditentukan melalui interpolasi. Persentase P₂O₅ dihitung mengacu pada konsentrasi fosfor dan berat sampel, dengan setiap pupuk dianalisis dalam empat hingga enam ulangan.

Analisis Kadar Logam Berat

Prinsip dari analisis ini adalah sama dengan mengukur mineral; Logam berat timbal dan kadmium dengan persiapan sampel dengan cara pengabuan basah. berikutnya dianalisis logam beratnya dengan menggunakan Atomic Absorbance Spectrophotometry (AAS). Setiap sampel ditimbang 5–10 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 125 mL kemudian ditambahkan 10 mL H₂SO₄ dan 10 mL HNO₃, berikutnya dipanaskan secara perlahan-lahan sampai larutan berwarna gelap. Sampel ditambahkan kembali HNO₃ dan dipanaskan 5–10 menit sampai larutan menjadi tidak gelap lagi. Kemudian ditambahkan 10 mL akuades dan dipanaskan sampai berasap. Larutan didiamkan sampai dingin, kemudian ditambahkan 5 mL akuades dan dididihkan sampai berasap. berikutnya larutan didinginkan dan diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer. kadar cemaran logam berat pada ikan demersal dianalisis dengan menggunakan AAS. sebelumnya dilakukan analisis terlebih dahulu dibuat larutan blanko yang berisi semua pereaksi guna mengetahui cemaran logam berat yaitu H₂SO₄ pekat dan HNO₃ pekat. Sampel dibaca absorbansinya dengan AAS pada panjang gelombang 253,7 nm untuk timbal; 228,8 nm untuk kadmium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Organoleptik Ikan Tindarung

Uji organoleptik merupakan metode penilaian mutu produk berbasis indera manusia untuk mengevaluasi atribut sensori seperti kenampakan, bau, rasa, dan konsistensi/tekstur. Penilaian mengacu pada SNI 01-2346-2006 serta score sheet ikan segar (SNI 2729:2021) dengan skala 1–9 (1 = mutu terendah; 9 = mutu tertinggi). Penilaian dilakukan oleh lima panelis. Hasil uji organoleptik daging ikan tindarung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Organoleptik Daging Ikan Tindarung

No.	Parameter	Pengamatan Organoleptik		
		Ikan Segar	Pengolahan Pemasakan bertekanan	Pengolahan Kukusan
1.	Kenampakan	7,4 ± 0,84	7,4 ± 0,69	7,5 ± 0,52
2.	Bau	6,4 ± 0,96	7,5 ± 0,70	7,4 ± 0,84
3.	Rasa	N.D.	7,0 ± 0,82	7,7 ± 0,48
4.	Konsistensi/Tekstur	6,8 ± 0,63	7,0 ± 0,82	7,2 ± 0,78

Karakteristik organoleptik ikan tindarung meliputi kenampakan, bau, rasa dan tekstur adalah indikator penting mutu produk dan tingkat kesukaan konsumen; peubah ini sangat dipengaruhi oleh pendekatan perlakuan yang dipakai, khususnya proses pengukusan dan pemasakan bertekanan, yang menyebabkan perubahan kimia dan fisik pada daging ikan dengan cara yang berbeda.

Kenampakan ikan sangat dipengaruhi oleh Tingkat kesegaran dan perubahan pigmen selama pemasakan ikan. Ikan tindarung segar memiliki permukaan yang cerah, daging yang putih mengilap sebab serabut otot masih menyimpan air dan juga mata ikan yang jernih dan cembung yang adalah indikator dari kesegaran ikan. Proses pengukusan pada temperatur (55–60°C) secara perlahan mendenaturasi protein otot, mengubah daging ikan menjadi putih keruh sambil mempertahankan kilau permukaan. Kehadiran uap lembap mencegah dehidrasi, memberikan ikan kukus penampilan alami dan menggugah selera (Saputro et al., 2023a). Sebaliknya, ikan yang dimasak dengan pemasakan bertekanan cenderung lebih pucat dan kurang berkilau akibat koagulasi protein yang cepat dan oksidasi myoglobin menjadi metmyoglobin pada suhu dan tekanan tinggi. Proses ini juga menyebabkan struktur otot melunak berlebihan, mengurangi kekenyalan dan daya tarik visual daging ikan (Kyaw et al., 2001).

Mengacu pada pengamatan panelis, ikan segar memiliki bau yang khas seperti aroma laut dan amis, hal ini didasari sebab interaksi senyawa volatile seperti trimethylamine oxide (TMAO), aldehida dan produk oksidasi asam lemak; Ikan segar memiliki aroma laut yang alami dan amis sebab TMAO tetap utuh dan tidak teroksidasi menjadi trimethylamine (TMA) yang bertanggung jawab atas bau yang tidak sedap pada ikan. Seiring berkurangnya kesegaran ikan, aktivitas mikroba dan enzim mengubah TMAO menjadi TMA, memperkuat bau yang tidak diinginkan (Candra et al., 2023). Selama proses pengukusan, panas menguapkan senyawa bau ini dan melepaskan aldehida dan alkohol yang harum melalui oksidasi lemak yang ringan. Penghilangan senyawa volatil dengan uap secara lambat mengurangi bau amis menghasilkan aroma bersih dan segar yang khas pada ikan (Saputro et al., 2023a). Sebaliknya memasak dengan

pemasakan bertekanan yang menggunakan tekanan tinggi menyebabkan terjadinya reaksi Maillard dan pembentukan senyawa sulfur terutama melalui degradasi asam amino yang mengandung sulfur seperti sistein, hasil ini yang menghasilkan aroma masak yang lebih kuat. Meskipun tekanan sedang menambah kedalaman dan kekayaan rasa, panas berlebihan dapat menghasilkan bau logam atau belerang yang mengurangi penerimaan aroma (Ishikawa et al., 1990; Hustianti, 2016).

Peubah rasa ikan tindarung ditentukan oleh konsentrasi asam amino bebas yang terkandung didalamnya termasuk glutamat, aspartat, dsb; Pada ikan segar, senyawa-senyawa ini terdapat dalam bentuk stabil, memberikan rasa netral hingga sedikit manis. Namun, dalam studi ini panelis tidak melakukan penilaian rasa pada ikan tindarung segar sebab adanya kekhawatiran pada potensi kontaminasi yang dapat membahayakan kesehatan. mengacu pada penelitian Rihayat et al., (2019), proses pengukusan dapat menaikkan rasa gurih dengan mempromosikan proteolisis yang lembut, yang melepaskan asam amino dan peptida sambil meminimalkan kehilangan nutrisi, sebab proses pengukusan tidak merendam ikan dalam air. Akibatnya, ikan mengembangkan rasa gurih manis alami dan mempertahankan rasa halusnya. mengacu pada hal tersebut, hasil ini sejalan dengan nilai yang diberikan oleh panelis pada rasa daging ikan tindarung yang diproses dengan pendekatan proses pengukusan yaitu senilai $7,7 \pm 0,48$. Di sisi lain, daging ikan yang dimasak melalui tekanan tinggi yang melibatkan kelembapan dan suhu tinggi, menyebabkan beberapa asam amino dan nukleotida larut ke dalam cairan memasak. Meskipun hal ini sedikit melemahkan intensitas rasa pada daging, kolagen yang mengental memberikan tekstur kaya dan creamy yang dihargai dalam hidangan bertekstur lembut (Kyaw et al., 2001).

Hasil uji organoleptik pada tekstur ikan tindarung segar, kukus, dan pemasakan bertekanan menurut penilaian kesukaan panelis pada tekstur ikan yang tertinggi adalah 7,2 dan nilai terendah 6,8. Tekstur memainkan peran penting dalam preferensi konsumen dan mencerminkan integritas struktur internal otot ikan. Ikan tindarung yang adalah tuna-like fish memiliki tekstur yang padat dan elastis sebab protein miofibrilar yang utuh dan serat kolagen yang tidak rusak. Protein miofibrilar pada tuna-like fish adalah protein utama penyusun jaringan dagingnya mencakup kurang lebih 66-77% total protein ikan, terdiri dari aktin, miosin, tropomiosin, troponin, dan aktinin. Protein ini berfungsi guna kontraksi otot (Gultom et al., 2016). Pada saat dikukus, serat otot sebagian mengalami denaturasi, dan kolagen melunak tanpa sepenuhnya hancur. Hal ini menghasilkan tekstur yang lembut sebab air tetap terjebak dalam matriks protein di bawah kondisi panas lembap (Rihayat et al., 2019). Sebaliknya, memasak dengan tekanan tinggi mengekspos ikan pada suhu dan tekanan tinggi yang menyebabkan hidrolisis kolagen yang ekstensif menjadi gelatin, menghasilkan daging yang sangat lembut dan lunak hingga tulang (Ishikawa et al., 1990). Meskipun tekstur ini diinginkan untuk produk olahan tertentu seperti pasta ikan, memasak berlebihan dapat menyebabkan serat otot kolaps dengan demikian menghasilkan konsistensi yang lembek dan mengurangi kekenyalan (Kyaw et al., 2001).

Komposisi Nutrisi Daging Ikan Tindarung

Mutu ikan dapat dilihat dari komposisi nutrisi dan kadar mineral didalamnya yang meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat dan serat kasar; Komposisi ini adalah peubah penting yang menentukan nilai gizinya dan juga kontribusinya pada kebutuhan gizi manusia yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Nutrisi Daging Ikan Tindarung Segar dan diproses

No	Parameter (%)	Metode Pengolahan		
		Ikan Segar	Pemanasan Bertekanan	Kukusan
1	Kadar Air	70,89	65,41	63,31
2	Kadar Abu	1,61	0,91	1,35
3	Lemak	3,52	8,48	7,66
4	Protein	19,95	18,65	27,31
5	Karbohidrat	4,03	6,55	0,37
6	Serat Kasar	0,11	0,11	0,12

Mengacu pada Tabel 2, kadar nutrisi dalam perlakuan ikan; Setiap tahap dalam perlakuan daging ikan yaitu pemasakkan, pemasakan bertekanan dan kukus dapat mengalami fluktuasi yang signifikan dan efisiensi perlakuan sangat bergantung pada spesies ikan yang diproses. Variasi ini juga mempengaruhi sifat kimia sampel dan mutu produk ikan yang dihasilkan (Nguyen et al., 2022).

Kadar Air

Sebagai komponen dominan dalam jaringan ikan, air berperan sebagai media yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme, dengan demikian proses perlakuan pada dasarnya diarahkan guna menurunkan kadar air dalam daging ikan (Hadiwiyoto, 1993). Pada umumnya, daging ikan laut mengandung air kurang lebih 50-85%, bergantung pada jenis ikan dan juga kondisi atau gizinya. Ikan yang berada dalam kondisi lapar atau sedang mengalami fase pemijahan cenderung mengalami Penurunan cadangan energi jaringan, yang pada akhirnya menyebabkan kenaikan kadar air pada daging ikan tersebut (Irianto and Giyatmi, 2009). Kadar air pada daging ikan tinarung segar yang diperoleh yaitu 70,89%. Nilai ini lebih rendah dibandingkan daging ikan tuna yang diteliti oleh Hadinoto and Idrus, (2018) yaitu 71,73% tetapi lebih tinggi dibandingkan temuan studi Wellyalina and Aisman, (2013) yaitu 56,43%.

Namun, jika dibandingkan dengan temuan studi ini, kadar air pada daging ikan tinarung segar tercatat lebih tinggi dibandingkan dengan daging ikan yang diproses menggunakan pendekatan pemasakan bertekanan dan proses pengukusan, masing-masing senilai 65,41% dan 63,31%; Penurunan kadar air tersebut adalah dampak denaturasi protein miofibril dan juga perubahan struktur jaringan otot yang mempermudah pelepasan air selama proses pemanasan. Kondisi ini menyebabkan komponen lain yang dihitung mengacu pada bobot basah, terutama protein dan lemak, mengalami kenaikan secara relatif (Hadiwiyoto, 1993). kadar air dalam bahan pangan berperan besar pada mutu dan umur simpan produk pangan. Oleh sebab itu, pengukuran kadar air menjadi aspek penting guna memastikan bahan pangan memperoleh perlakuan yang sesuai selama proses perlakuan maupun distribusi. Bahan pangan dengan kadar air tinggi yang tidak ditangani secara tepat cenderung lebih cepat mengalami Penurunan mutu akibat aktivitas mikroorganisme dan reaksi enzimatik (Hadinoto and Idrus, 2018).

Kadar Abu

Sebagai salah satu indikator nilai gizi bahan pangan, kadar abu merupakan kandungan zat anorganik atau mineral di dalam ikan. Abu didefinisikan sebagai residu anorganik yang tersisa sesudah seluruh komponen organik suatu bahan dihilangkan melalui proses pembakaran. Dengan demikian, kadar abu menggambarkan jumlah mineral total yang terdapat dalam suatu bahan pangan. Mineral dalam tubuh terbentuk melalui proses metabolisme, dengan demikian analisis kadar abu dilakukan guna memperkirakan proses metabolisme, dengan demikian analisis kadar abu dilakukan untuk memperkirakan kadar mineral tersebut. Penentuan kadar mineral secara langsung relatif sulit, oleh karena itu dilakukan melalui pengukuran sisa pembakaran dari garam mineral bahan (Sudarmadji et al., 2007).

Hasil pengukuran kadar abu pada daging ikan tinarung disajikan pada Tabel 2. Mengacu pada data tersebut, kadar abu tertinggi terdapat pada ikan tinarung segar senilai 1,61%, diikuti oleh ikan hasil proses pengukusan senilai 1,35% dan perlakuan pemasakan bertekanan senilai 0,91%. Pola ini sejalan dengan temuan berbagai penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa selama proses pemanasan, kadar abu cenderung relatif stabil atau mengalami Penurunan dibandingkan dengan sampel segar. Pada pendekatan proses pengukusan, stabilitas kadar abu berkaitan dengan penggunaan panas basah tanpa kontak langsung dengan air, dengan demikian pelarutan mineral dari jaringan ikan dapat diminimalkan. Selain itu, lingkungan uap yang tertutup membatasi difusi mineral larut air ke medium di sekitarnya. Beberapa studi pada ikan air tawar dan ikan laut memperlihatkan bahwa proses pengukusan pada suhu 60-100°C mampu mempertahankan kurang lebih 92-97% kadar mineral total, dengan kenaikan kecil persentase abu yang disebabkan oleh hilangnya air yang mengakibatkan fraksi mineral menjadi lebih terkonsentrasi (Paul et al., 2019). Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan proses pengukusan efektif dalam menjaga mutu mineral dan sesuai guna mempertahankan keseimbangan nutrisi alami ikan tinarung.

Sebaliknya, perlakuan dengan tekanan atau pemasakan bertekanan dapat memengaruhi kadar abu secara lebih nyata, bergantung pada tekanan, suhu, dan lama pemasakan; Penggunaan suhu tinggi di atas 120°C dan juga uap bertekanan mempercepat perpindahan mineral dari jaringan daging ikan ke cairan pemasakan, terutama mineral yang bersifat larut air seperti natrium dan kalium. Beberapa penelitian melaporkan bahwa pemasakan bertekanan dalam durasi yang panjang dapat menurunkan kadar abu total senilai 5-20%. (Relekar et al., 2025). kadar abu pada suatu bahan pangan juga dipengaruhi oleh kemampuan bahan tersebut dalam mengatur dan menyerap logam (Winarno, 2008). Selain itu, Wahyu et al. (2013) menyatakan bahwa kadar abu dalam tubuh ikan dipengaruhi oleh jenis pakan dan juga kadar mineral yang tersedia pada habitat tempat ikan tersebut hidup.

Kadar Lemak

Sebagai cadangan energi yang disimpan oleh hewan, jumlah lemak pada hewan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan energi tubuhnya. Selain berfungsi sebagai sumber energi, lemak juga berperan sebagai penyedia asam lemak esensial dan juga vitamin larut lemak, yaitu vitamin A, D, E, dan K (Beitz et al., 2009). Pada ikan, lemak memiliki nilai gizi yang lebih rendah dibandingkan protein, namun tetap berkontribusi penting dalam pembentukan cita rasa dan aroma pada produk ikan olahan (Swastawati et al., 2013).

Kadar lemak pada ikan laut seperti tendarung berperan penting dalam menentukan mutu gizi dan karakteristik sensorik. Sebagai ikan laut pelagis dengan morfologi menyerupai tuna, tendarung umumnya digolongkan sebagai ikan semi lemak dengan kadar lipid kurang lebih 5-12 %, bergantung pada musim, bagian tubuh, dan pola makan (Saputro et al., 2023). Dalam studi ini, kadar lemak ikan tendarung segar tercatat senilai 3,52%, dengan demikian termasuk dalam kategori ikan laut rendah lemak, yaitu < 5%. Meskipun memiliki kemiripan morfologi dengan tuna, kadar lipid tendarung yang lebih rendah memperlihatkan adanya perbedaan adaptasi fisiologis dan ekologi. Rendahnya kadar lemak tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakter spesies, variasi musiman, dan juga bagian otot yang dianalisis.

Lemak otot ikan tendarung kaya akan asam lemak tak jenuh rantai panjang, terutama eicosapentaenoic acid (EPA) dan docosahexaenoic acid (DHA), yang berperan penting bagi kesehatan kardiovaskular, sistem saraf, dan sistem imun. Namun, asam lemak omega-3 ini sangat peka pada panas dan oksidasi selama proses perlakuan (Rumalutur et al., 2024). Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa kadar lemak daging ikan tendarung yang diproses dengan pendekatan pemasakan bertekanan lebih tinggi dibandingkan dengan proses pengukusan, masing-masing senilai 8,48% dan 7,66 %. Nilai lemak yang sedikit lebih tinggi pada pendekatan pemasakan bertekanan diduga berkaitan dengan intensitas suhu dan tekanan yang lebih besar, dengan demikian mempercepat pemutusan ikatan lipid-protein dan menaikkan pelepasan trigliserida terikat. Selain itu, pemasakan bertekanan dapat memicu hidrolisis lipid kompleks menjadi asam lemak bebas yang lebih mudah diekstraksi selama analisis laboratorium (Kyaw et al., 2001).

Pada proses pengukusan, kehilangan lipid umumnya relatif kecil sebab tidak terjadi kontak langsung dengan air atau minyak, dan juga suhu internal bahan berada di kisaran 100°C. Meski demikian, Penurunan lemak dalam jumlah terbatas masih dapat terjadi akibat pelelehan minyak di permukaan dan oksidasi asam lemak tak jenuh (Rihayat et al., 2019). Proses pengukusan dengan kondisi moderat juga dapat menekan hidrolisis trigliserida dan menjaga integritas membran sel, dengan demikian fraksi EPA dan DHA cenderung lebih terjaga dibanding perlakuan pemanasan dengan suhu lebih tinggi (Tan et al., 2023; Suryati et al., 2025).

Sebaliknya, pemasakan dengan tekanan menyebabkan ikan terpapar suhu tinggi di atas 120°C dan tekanan uap yang besar, dengan demikian mempercepat terjadinya oksidasi lipid, hidrolisis, dan juga keluarnya minyak dari jaringan. Dalam kondisi ini, asam lemak tak jenuh seperti EPA dan DHA lebih mudah terdegradasi secara oksidatif dan membentuk senyawa volatil, seperti heksanal dan nonanal, yang berkontribusi pada aroma khas ikan matang sekaligus menandakan Penurunan mutu nutrisi (Kyaw et al., 2001). sebab analisis proksimat dinyatakan mengacu pada bobot basah, kehilangan air selama pemasakan menyebabkan kenaikan relatif kadar lemak dan komponen padat lainnya. Pola serupa juga dilaporkan pada berbagai spesies ikan, termasuk tuna, makarel, cakalang, dan lele, di mana kadar lipid meningkat secara proporsional akibat Penurunan kadar air senilai 20-35% (Saputro et al., 2023). Selain efek konsentrasi, perubahan struktur jaringan akibat panas, seperti penyusutan serat otot dan kerusakan membran sel, turut menaikkan pelepasan lipid terikat, dengan demikian nilai lemak terukur menjadi lebih tinggi (Rihayat et al., 2019).

Kadar Protein

Protein adalah komponen terbesar kedua dalam ikan sesudah air dan memiliki peran penting dalam mempertahankan struktur tubuh dan juga menjalankan fungsi fisiologis, termasuk pertumbuhan dan reproduksi; Pada jaringan ikan, protein tidak hanya menyusun protoplasma sel hidup, tetapi juga membentuk inti sel yang berfungsi mengendalikan aktivitas seluler. Oleh sebab itu, protein menjadi penyusun utama jaringan otot, organ internal, dan kerangka tubuh ikan (Muchtandi and Sugiono, 2015). Secara struktural, protein tersusun atas rantai asam amino yang sangat diperlukan guna proses anabolisme, seperti pertumbuhan dan pembentukan jaringan, dan juga proses katabolisme yang berkaitan dengan aktivitas gerak dan metabolisme.

Mengacu pada hasil pada Tabel 2, kadar protein tertinggi terdapat pada ikan tindarung yang diproses dengan pendekatan proses pengukusan, yaitu senilai 27,31%, kemudian diikuti oleh ikan segar senilai 19,95% dan ikan yang dimasak dengan tekanan senilai 18,65%; Pola ini memperlihatkan bahwa proses pengukusan lebih mampu mempertahankan dan menaikkan konsentrasi protein dibandingkan dengan pemasakan bertekanan. Walaupun pemasakan bertekanan efektif dalam melunakkan jaringan, paparan panas yang lebih tinggi berpotensi menurunkan kadar protein terukur akibat meningkatnya degradasi protein dan pelarutan komponen nitrogen.

Kenaikan kadar protein pada ikan tindarung yang dikukus dibandingkan ikan segar terutama berkaitan dengan berkurangnya kadar air selama proses pemanasan. Proses pengukusan menyebabkan sebagian air menguap tanpa diikuti kehilangan signifikan senyawa nitrogen terlarut, dengan demikian proporsi protein dalam basis berat basah menjadi lebih tinggi. Mengingat analisis proksimat menyatakan protein sebagai persentase dari bobot total sampel, Penurunan kadar air secara langsung akan menaikkan persentase protein yang terukur (Saputro et al., 2023).

Selain itu, proses pengukusan memicu denaturasi protein otot secara moderat, khususnya protein miofibrilar seperti aktin dan miosin; Protein-protein ini mengalami perubahan struktur berupa penguraian dan penggumpalan yang menghasilkan jaringan gel yang stabil. Denaturasi semacam ini tidak bersifat merusak, justru dapat menaikkan kecernaan dan kemudahan ekstraksi protein. Beberapa penelitian pada ikan tuna dan makarel melaporkan bahwa proses pengukusan mampu menaikkan kadar protein tampak senilai 10-25%, sebagai hasil gabungan dari Penurunan kadar air dan koagulasi protein yang menghambat hilangnya asam amino selama perlakuan (Rihayat et al., 2019).

Sebaliknya, kadar protein pada ikan tindarung yang dimasak dengan tekanan memperlihatkan nilai yang lebih rendah dibandingkan perlakuan proses pengukusan; Hal ini disebabkan oleh kombinasi suhu tinggi di atas 120°C dan tekanan uap yang besar, yang mempercepat denaturasi lanjutan, hidrolisis protein, dan juga pelarutan senyawa nitrogen ke dalam cairan pemasakan. Pada kondisi ini, jaringan ikat mengalami kerusakan, struktur otot menjadi lebih lunak, dan protein dan juga peptida yang larut air dapat berpindah ke medium sekitarnya. Di samping itu, suhu ekstrem dapat memicu reaksi Maillard antara asam amino dan gula pereduksi, yang berkontribusi pada Penurunan kadar protein terukur dan juga menurunkan ketersediaan biologis beberapa asam amino esensial, seperti lisin dan metionin (Kyaw et al., 2001). Hasil ini sejalan dengan penelitian Cai et al., (2017) yang menyatakan bahwa kadar protein ikan dipengaruhi oleh kadar air dan lemak, dengan hubungan yang bersifat berlawanan antara protein dan air pada bagian ikan yang dapat dikonsumsi. Semakin tinggi kadar protein, semakin rendah kadar airnya, dan hubungan ini sangat menentukan komposisi proksimat pada produk ikan yang telah diproses.

Kadar Karbohidrat

Karbohidrat adalah sumber nutrisi yang melimpah dan relatif murah, dengan demikian sering dimanfaatkan sebagai sumber energi paling ekonomis dalam pakan hewan (Panserat et al., 2014). Penambahan karbohidrat dalam pakan dapat menaikkan efisiensi pemanfaatan protein dengan menekan penggunaan protein sebagai sumber energi, dengan demikian kinerja produksi hewan dapat ditingkatkan. Pada saat yang sama, Penurunan penggunaan protein sebagai energi berkontribusi pada Penurunan ekskresi nitrogen, yang pada akhirnya membantu menekan pencemaran lingkungan (Watanabe, 2002). Berbagai penelitian memperlihatkan bahwa kebutuhan dan kemampuan pemanfaatan karbohidrat berbeda antar spesies ikan. Ikan omnivora dan herbivora umumnya mampu memanfaatkan karbohidrat dalam jumlah tinggi, bahkan kadar karbohidrat dalam pakannya dapat mencapai kurang lebih 40%, sedangkan ikan karnivora memiliki kemampuan pemanfaatan karbohidrat yang lebih rendah (Wilson, 1994; Chen et al., 2012; Li et al., 2015).

Otot ikan menyimpan glikogen dalam jumlah sangat terbatas sebab ikan laut seperti Tindarung lebih mengandalkan oksidasi lipid dan metabolisme protein sebagai sumber energi utama; Glikogen yang tersisa biasanya cepat habis sesudah kematian atau selama proses perlakuan. Oleh sebab itu, fraksi “karbohidrat” yang diperoleh melalui pendekatan selisih sebagian besar merepresentasikan senyawa nitrogen non-protein, peptida berukuran kecil, atau ketidakpastian pengukuran yang tidak terhindarkan dalam analisis proksimat (Rihayat et al., 2019). Kadar karbohidrat pada ikan tindarung yang dihitung menggunakan pendekatan by difference memperlihatkan variasi yang relatif kecil antar perlakuan (Tabel 2.).

Pendekatan *by difference* menghitung karbohidrat sebagai sisa sesudah persentase kadar air, protein, lemak, dan abu dikurangkan dari 100 persen. Dengan demikian, kenaikan pada satu atau lebih komponen proksimat tersebut secara matematis akan memengaruhi nilai karbohidrat yang dihitung. Dalam studi ini, proses pengukusan menaikkan kadar protein secara nyata dan kadar lemak secara moderat, sekaligus menurunkan kadar air. Kondisi ini menyebabkan total komponen terukur menjadi lebih tinggi, dengan demikian menyisakan fraksi karbohidrat yang lebih kecil dan menghasilkan nilai karbohidrat terhitung paling rendah pada perlakuan proses pengukusan.

Sebaliknya, ikan yang dimasak dengan tekanan memperlihatkan nilai karbohidrat yang lebih tinggi. Kenaikan ini kemungkinan dipengaruhi oleh dua faktor utama. Pertama, pelarutan protein larut air dan senyawa nitrogen ke dalam cairan pemasakan, yang menurunkan persentase protein terukur pada daging ikan dan secara tidak langsung menaikkan nilai sisa yang dihitung sebagai karbohidrat. Kedua, terbentuknya produk reaksi Maillard selama pemasakan pada suhu dan tekanan tinggi. Pada suhu di atas 120°C, gula pereduksi dalam jumlah sangat kecil dapat bereaksi dengan asam amino bebas membentuk senyawa berwarna coklat yang tidak sepenuhnya tercakup dalam fraksi protein, dengan demikian berkontribusi pada kenaikan fraksi karbohidrat terhitung (Kyaw et al., 2001).

Sementara itu, sampel ikan segar memperlihatkan kadar karbohidrat pada tingkat sedang sebab mempertahankan kadar air yang tinggi dan komposisi jaringan yang relatif tidak berubah; Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa variasi kadar karbohidrat yang dihitung lebih mencerminkan perubahan tidak langsung pada komponen proksimat lain dan juga intensitas proses pemasakan, bukan perbedaan metabolik yang sebenarnya. Nilai karbohidrat yang lebih rendah pada ikan yang dikukus memperlihatkan konsentrasi relatif nutrisi lain, seperti protein, lemak, dan mineral, sedangkan nilai yang lebih tinggi pada ikan yang dimasak dengan tekanan mencerminkan kehilangan senyawa nitrogen dan terjadinya reaksi termal yang menggeser keseimbangan komponen jaringan.

Kadar Serat Kasar

Serat kasar yang dihasilkan dari ikan segar, olahan pemasakan bertekanan dan kukus memiliki nilai berturut-turut, 0,12%, 0,11%, dan 0,11%; Hasil ini memperlihatkan bahwa spesies tersebut mengandung serat pangan dalam jumlah yang sangat rendah, sesuai dengan karakteristik umum daging ikan. Di antara berbagai perlakuan, sampel ikan yang dikukus memiliki nilai serat kasar sedikit lebih tinggi, yaitu 0,12%, dibandingkan dengan sampel segar dan ikan yang dimasak dengan tekanan yang masing-masing senilai 0,11%. Meskipun selisihnya sangat kecil dan kemungkinan tidak berbeda nyata secara statistik, variasi ini mencerminkan adanya perubahan struktural dan komposisi jaringan yang bersifat minor selama proses pemasakan. Serat kasar yang terdeteksi pada ikan tidak merepresentasikan serat nabati sejati, seperti selulosa atau lignin, melainkan berasal dari sisa komponen jaringan ikat, termasuk kolagen, elastin, dan glikoprotein, yang bersifat resisten pada perlakuan asam dan basa selama tahap analisis (Lall and Kaushik, 2021).

Kadar Mineral dan Logam Berat Ikan Tindarung

Fosfor adalah salah satu mineral paling esensial yang dibutuhkan ikan guna mendukung pertumbuhan normal, mineralisasi tulang, reproduksi, dan juga metabolisme energi (Nakamura, 1982; Albrektsen et al., 2009). Ketersediaan fosfor bagi organisme sangat dipengaruhi oleh bentuk kimia dan tingkat kelarutannya. Albrektsen et al. (2009) melaporkan pada salmon Atlantik bahwa garam fosfor anorganik primer lebih mudah diserap dibandingkan garam sekunder, sedangkan fosfor yang terikat kuat dengan kalsium pada jaringan tulang adalah bentuk yang paling sulit tersedia. Kalsium dan fosfor juga adalah mineral esensial bagi manusia dengan demikian keduanya harus tercukupi melalui asupan pangan (Celik et al., 2004). Kedua mineral ini berperan penting dalam berbagai proses fisiologis dan terlibat langsung dalam pembentukan dan juga pemeliharaan sistem rangka. Pada vertebrata, kalsium berikatan dengan fosfor dalam bentuk hidroksiapatit yang membentuk kristal utama penyusun tulang (Ye et al., 2006). Oleh sebab itu, rasio Ca/P sering dipakai sebagai indikator penting kesehatan tulang.

Kenaikan kadar fosfor yang diamati dari sampel segar (0,13%) menjadi ikan yang dimasak dengan tekanan (0,18%) dan dikukus (0,22%) dapat dijelaskan melalui efek konsentrasi fisik dan juga perilaku ikatan biokimia fosfor dalam jaringan otot. Selama proses pemanasan, khususnya pada proses pengukusan, terjadi kehilangan air tanpa diikuti pelindian fosfor secara signifikan sebab sebagian besar fosfor dalam otot ikan berada dalam bentuk terikat secara organik, seperti fosfoprotein, fosfolipid, nukleotida (ATP dan ADP), dan juga senyawa antara metabolisme energi yang terfosforilasi. Senyawa-senyawa yang

mengandung fosfor ini terintegrasi secara struktural di dalam sel otot dan cenderung tetap tertahan selama proses pemanasan basah, terutama ketika tidak terjadi kontak langsung dengan air. Seiring berkurangnya kadar air, fosfor menjadi lebih terkonsentrasi pada basis bobot basah, dengan demikian nilai yang terukur meningkat.

Tabel 3. Komposisi Mineral dan Logam Daging Ikan Tindarung Segar, pemasakan bertekanan dan Kukus.

No	Parameter	Metode Pengolahan		
		Ikan Segar	Pemasakan bertekanan	Kukusan
1	Kadmium (Cd) (mg/kg)	0,005	0,008	0,006
2	Raksa (Hg) (mg/kg)	0,62	0,55	0,76
3	Fosfor (%)	0,13	0,18	0,22
4	Kalsium (mg/kg)	<1,19	<1,19	<1,19

Sebaliknya, kadar kalsium yang secara konsisten sangat rendah (<1,19 mg/kg) pada seluruh perlakuan lebih mencerminkan pola distribusi biologis kalsium dalam tubuh ikan, bukan semata-mata akibat pengaruh proses perlakuan; Pada ikan teleostei, kalsium terutama terlokalisasi pada jaringan termineralisasi, seperti tulang, sisik, dan jari-jari sirip, di mana kalsium berikatan kuat dengan fosfor dalam bentuk hidroksiapatit. Sebaliknya, jaringan otot hanya mengandung kalsium dalam jumlah sangat kecil, yang berperan dalam regulasi kontraksi otot, sinyal intraseluler, dan aktivasi enzim. sebab analisis dalam studi ini hanya dilakukan pada jaringan otot, tanpa melibatkan tulang atau struktur lain yang kaya mineral, maka kadar kalsium yang terdeteksi memang diharapkan sangat rendah dan bahkan dapat berada di bawah batas deteksi alat.

Proses pemanasan juga berpotensi menurunkan kalsium terukur melalui difusi ionik. Ion kalsium bersifat lebih labil dan lebih mudah larut dalam air dibandingkan fosfor yang terikat secara organik, terutama pada kondisi suhu dan tekanan tinggi. Selama pemasakan dengan tekanan, suhu tinggi dan uap bertekanan dapat merusak membran sel dan matriks jaringan ikat, dengan demikian memfasilitasi perpindahan kalsium ionik ke dalam media pemasakan. Bahkan pada proses pengukusan, difusi kalsium dalam jumlah kecil tetap dapat terjadi akibat kenaikan permeabilitas jaringan selama denaturasi protein, meskipun efek ini relatif lebih terbatas dibandingkan pemasakan bertekanan.

Kadar mineral, khususnya kalsium dan fosfor, juga dipengaruhi oleh ukuran ikan dan kategori sampel; Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa ikan berukuran kecil dapat mengandung mineral lebih tinggi dibandingkan ikan berukuran sedang dan besar, sebab masih mencakup bagian tubuh yang kaya mineral seperti tulang, kepala, dan organ dalam (Maulu et al., 2021). Namun, studi lain melaporkan bahwa ikan berukuran besar memiliki konsentrasi kalsium tertinggi, sedangkan kadar kalsium terendah ditemukan pada ikan berukuran sedang (Wijayanti et al., 2023). Penelitian sebelumnya juga memperlihatkan bahwa kadar mineral ikan laut dalam relatif sebanding dengan ikan perairan payau (Vijayan et al., 2016).

Logam Berat dan Implikasi Keamanan Produk

Jaringan otot ikan adalah bagian utama yang dikonsumsi manusia di seluruh dunia; Oleh sebab itu, adanya kontaminasi logam berpotensi menyebabkan perpindahan zat berbahaya tersebut ke dalam tubuh ikan budidaya maupun tangkapan, dan pada akhirnya ke konsumen. Di antara berbagai jenis kontaminan, logam berat termasuk kelompok yang paling berisiko sebab dapat terakumulasi di dalam jaringan ikan melalui proses bioakumulasi. Keberadaan logam berat dalam rantai makanan menjadi perhatian serius, mengingat sifatnya yang sangat toksik dan kemampuannya menimbulkan berbagai dampak kesehatan pada manusia.

Kadar kadmium (Cd) pada ikan tindarung dalam studi ini berada pada kisaran rendah, yaitu 0,005 hingga 0,008 mg/kg. Untuk produk olahan ikan, Peraturan BPOM No. 9 Tahun 2022 menetapkan batas maksimum Cd senilai 0,30 mg/kg, dengan pengecualian hingga 1,0 mg/kg guna kelompok produk tertentu. Secara internasional, WHO (World Health Organization) dan FAO (Food and Agriculture Organization) merekomendasikan batas maksimum Cd senilai 1,0 mg/kg, sementara regulasi Uni Eropa menetapkan batas yang lebih ketat, yaitu 0,05 mg/kg, dan Codex Committee on Food Additives and Contaminants menetapkan batas senilai 0,5 mg/kg. temuan studi ini memperlihatkan bahwa konsentrasi Cd pada ikan tindarung jauh berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh BPOM dan juga rekomendasi WHO dan FAO, dan bahkan mendekati batas aman yang ditetapkan oleh Uni Eropa. Dengan demikian, kadar Cd

pada sampel ikan tinarung dapat dikategorikan aman untuk dikonsumsi mengacu pada regulasi yang berlaku.

Kadar merkuri (Hg) total pada ikan tinarung berada pada rentang 0,55–0,76 mg/kg. Mengacu pada Peraturan BPOM No. 9 Tahun 2022, batas maksimum Hg pada produk olahan ikan ditetapkan 0,50 mg/kg, dengan pengecualian hingga 1,0 mg/kg guna jenis ikan predator tertentu; pedoman Codex juga menetapkan ambang 0,5 mg/kg untuk sebagian besar ikan dan 1,0 mg/kg untuk ikan predator berukuran besar. sebab kategori biologis tinarung (apakah termasuk predator besar tertentu) perlu ditegaskan, interpretasi kepatuhan regulasi sebaiknya disertai identifikasi spesies yang akurat dan pemantauan periodik. Variasi kadar Hg antarperlakuan dapat dipengaruhi oleh heterogenitas jaringan dan perubahan kadar air selama pemasakan, dengan demikian konsentrasi pada basis bobot basah dapat tampak meningkat ketika kadar air menurun. Selain perubahan konsentrasi, pendekatan pemasakan juga dapat memodifikasi bioaksesibilitas Hg/MeHg melalui denaturasi protein dan perubahan kompleks Hg-protein, dengan demikian risiko paparan tidak selalu sejalan dengan kadar total semata (Milea et al., 2023; Gong et al., 2025). Studi pada ikan predator memperlihatkan bahwa perlakuan termal seperti perebusan, proses pengukusan, pemanggangan, dan penggorengan dapat mengubah kadar total Hg dan rasio Se/Hg, yang berimplikasi pada penilaian risiko (Ribeiro et al., 2024).

Keterbatasan dan Implikasi Teknologi Hasil Perikanan

Studi ini berbasis data hasil uji laboratorium yang disajikan dalam tabel, dengan demikian kekuatan inferensi dipengaruhi oleh ketersediaan informasi replikasi, peubah perlakuan (waktu/suhu), dan juga bagian sampel yang dianalisis. Meski demikian, studi ini bermanfaat sebagai baseline guna pengembangan produk olahan ikan tinarung. Dari sisi teknologi, proses pengukusan menghasilkan kadar protein tertinggi dan kadar air terendah, yang berpotensi mendukung tekstur lebih kompak dan mutu sensori tertentu. Pemasakan bertekanan relevan untuk produk yang memerlukan pelunakan jaringan/tulang, tetapi kontrol proses diperlukan untuk meminimalkan kehilangan komponen larut air dan juga memastikan kepatuhan pada persyaratan keamanan produk, khususnya terkait raksa.

Daging ikan tinarung berpotensi sebagai sumber nutrisi esensial dengan komposisi gizi yang dapat dipengaruhi oleh pendekatan perlakuan. Pada studi ini, proses pengukusan menghasilkan kadar air 63,31%, abu 1,35%, lemak 7,66%, protein 27,32%, karbohidrat 0,37%, dan serat kasar 0,12%, sedangkan pemasakan bertekanan menghasilkan kadar air 65,41%, abu 0,91%, lemak 8,48%, protein 18,65%, karbohidrat 6,55%, dan serat kasar 0,11%. pada umumnya, proses pengukusan memberikan profil gizi yang lebih menguntungkan dibandingkan pemasakan bertekanan pada basis bobot basah. Kadar Cd berada pada tingkat rendah, sementara Hg total berada pada rentang 0,55–0,76 mg/kg dengan demikian interpretasi keamanan produk perlu mengacu pada kategori regulasi yang relevan guna ikan predator besar dan juga pemantauan berkala. proses pengukusan direkomendasikan sebagai pendekatan perlakuan praktis untuk mempertahankan mutu sensori dan gizi, dengan tetap memperhatikan aspek keamanan.

KESIMPULAN

Daging ikan tinarung memperlihatkan potensi yang kuat sebagai sumber nutrisi esensial dengan komposisi gizi yang mendukung nilai fungsionalnya. Hasil analisis proksimat memperlihatkan bahwa ikan tinarung yang diproses dengan pendekatan proses pengukusan memiliki kadar air senilai 63,31%, abu 1,35%, lemak 7,66%, protein 27,32%, karbohidrat 0,37%, dan serat kasar 0,12%. Sementara itu, perlakuan dengan pendekatan pemasakan bertekanan menghasilkan kadar air 65,41%, abu 0,91%, lemak 8,48%, protein 18,65%, karbohidrat 6,55%, dan serat kasar 0,11%. kadar mineral dan logam berat pada kedua pendekatan perlakuan tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan, dengan demikian tetap berada dalam batas keamanan produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhikawati, A. et al. (2023) Penyuluhan Mengenai Karakteristik Ikan Segar dan Ikan Mundur Mutu Di Desa Cintaratu, Kabupaten Pangandaran, Farmers : Journal of Community Services, 4(1), p. 21. Available at: <https://doi.org/10.24198/fjcs.v4i1.45215>
- AOAC. Official Method 995.11: Phosphorus (Total) in Foods.
- Apituley, D.A.N., Sormin, R.B.D. and Nanlohy, E.E.E.M. (2020) Karakteristik dan Profil Asam Lemak Minyak Ikan dari Kepala dan Tulang Ikan Tuna (*Thunnus albacares*), AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian, 9(1), pp. 10–19. Available at: <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.1.10>

- Arefin, M.S. et al. (2024) Effects of Processing and Preservation Technologies on Keeping Quality of *Labeo rohita*: Attributes of Nutritional, Microbial and Sensory, *Journal of Food Quality and Hazards Control* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.18502/jfqhc.11.3.16587>
- Badan Pusat Statistik Indonesia (2024) Produksi dan Nilai Produksi Perikanan Tangkap di Laut Menurut Provinsi dan Komoditas Utama, 2022, Badan Pusat Statistik Indonesia [Preprint].
- Barbosa, V. et al. (2021) Effects of steaming on health-valuable nutrients from fortified farmed fish: Gilthead seabream (*Sparus aurata*) and common carp (*Cyprinus carpio*) as case studies, *Food and Chemical Toxicology*, 152, p. 112218. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112218>
- Belitz, H., Grosch, W. and Schieberle, P. (2009) *Food Chemistry*. 4th Editio. Berlin.
- B POM RI. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 9 Tahun 2022 tentang Persyaratan Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan (Lampiran batas maksimal cemaran logam berat).
- BSN. SNI 01-2354.3-2006. Cara uji kimia—Bagian 3: Penentuan kadar lemak total pada produk perikanan.
- BSN. SNI 01-2891-1992. Cara uji makanan dan minuman (penentuan abu dan serat kasar).
- BSN. SNI 01-2896-1998. Cara uji cemaran logam dalam makanan (kadmium).
- BSN. SNI 2354.2:2015. Cara Uji Kimia—Bagian 2: Penentuan Kadar Air pada Produk Perikanan.
- BSN. SNI ISO 1871:2015. Produk pangan dan pakan—Penentuan nitrogen dengan metode Kjeldahl dan perhitungan kandungan protein kasar.
- Cai, S. et al. (2017) There is No Association Between the Omega-3 Index and Depressive Symptoms in Patients With Heart Disease Who Are Low Fish Consumers., *Heart, lung & circulation*, 26(3), pp. 276–284. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.07.003>
- Candra, K.P. et al. (2023) Profil Kualitas Organoleptik Produk Segar Dan Matang Dari Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Hasil Pengawetan Menggunakan Daun Keluwak (*Pangium Edule Reinw.*), *Jurnal Pertanian Khairun*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.33387/jpk.v2i2.7296>
- Chen, Y. et al. (2012) Effect of Protein and Starch Level in Practical Extruded Diets on Growth, Feed Utilization, Body Composition, and Hepatic Transaminases of Juvenile Grass Carp, *Ctenopharyngodon idella*, *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(2), pp. 187–197. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00549.x>
- Codex Alimentarius (FAO/WHO). Guideline level for methylmercury in fish: 0.5 mg/kg for most fish and 1.0 mg/kg for large predatory fish. CX/FAC 05/37/35. 2005.
- Gultom, O.W., Lestari, S. and Nopianti, R. (2016) Analisis Proksimat, Protein Larut Air, dan Protein Larut Garam pada Beberapa Jenis Ikan Air Tawar Sumatera Selatan, *Jurnal Fishtech*, 4(2), pp. 120–127. Available at: <https://doi.org/10.36706/fishtech.v4i2.3506>.
- Gong, Y., Li, C., He, F., Ge, F., Ju, Y., Zhong, H., & Li, W. (2025). Comprehensive review on in vitro bioaccessibility of mercury in various foodstuffs. *Journal of Hazardous Materials*, 492, 138136. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138136>
- Hadinoto, S. and Idrus, S. (2018) Proporsi dan Kadar Proksimat Bagian Tubuh Ikan Tuna Ekor Kuning (*Thunnus albacares*) Dari Perairan Maluku, *Majalah BIAM*, 14(2), p. 51. Available at: <https://doi.org/10.29360/mb.v14i2.4212>
- Hadiwiyoto (1993) *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*.
- Huque, R. et al. (2014) Comparative Study of Raw and Boiled Silver Pomfret Fish from Coastal Area and Retail Market in Relation to Trace Metals and Proximate Composition, *International Journal of Food Science*, 2014, pp. 1–6. Available at: <https://doi.org/10.1155/2014/826139>
- Hustianti, R. (2016) *Reaksi Maillard : Pembentuk Citarasa dan Warna pada Produk Pangan*, Lambung Mangkurat University Press.
- Irianto, H.E. and Giyatmi, S. (2009) *Teknologi Hasil Perikanan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Ishikawa, M. et al. (1990) Effect of vapor pressure on the rate of softening of fish bone by super-heated steam cooking., *NIPPON Suisan Gakkaishi*, 56(10), pp. 1687–1691. Available at: <https://doi.org/10.2331/suisan.56.1687>
- Kyaw, Z.Y. et al. (2001) The Effect Of Pressure Cooking On The Microstructure And Expansion Of Fish Cracker (“Keropok”), *Journal of Food Quality*, 24(3), pp. 181–194. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2001.tb00601.x>
- Lall, S.P. and Kaushik, S.J. (2021) *Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish., Animals : an open access journal from MDPI*, 11(9). Available at: <https://doi.org/10.3390/ani11092711>
- Li, X.-Y. et al. (2015) Effects of dietary carbohydrate level on growth and body composition of juvenile giant croaker *Nibea japonica*, *Aquaculture Research*, 46(12), pp. 2851–2858. Available at: <https://doi.org/10.1111/are.12437>
- Megasanti, N.M., Pontoh, J. and Koleangan, H.S.J. (2020) Pengayaan Asam Lemak Omega-3 Dari Minyak Ikan Tuna (*Thunnus Sp.*) Di Sulawesi Utara, *Chemistry Progress*, 13(2). Available at: <https://doi.org/10.35799/cp.13.2.2020.31458>
- Metusalach et al. (2014) Pengaruh Cara Penangkapan, Fasilitas Penanganan dan Cara Penanganan Ikan Terhadap Kualitas Ikan yang Dihasilkan, *Jurnal IPTEKS PSP*.
- Milea, Ș.-A., Lazăr, N.-N., Simionov, I.-A., et al. 2023. Effects of cooking methods and co-ingested foods on mercury bioaccessibility in pontic shad (*Alosa immaculata*). *Current Research in Food Science* 7:100599. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100599>
- Muchtandi and Sugiono (2015) *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Nguyen, T.N.A., Ly, V.K. and Tran, D.D. (2022) Proximate composition and amino acid profiles of sea cucumbers collected at Nam Du Island, Kien Giang province, Vietnam, *AACL Bioflux*, 15(5), pp. 2551–2559.
- Nurilmala, M., Jacob, A.M. and Dzaky, R.A. (2017) Quality of Cultured Wader Pari During Storage at Different Temperature, *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), p. 339. Available at: <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18049>
- Nuzul, F. (2009) Asesmen Risiko Histamin Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) Segar berbagai Mutu Ekspor pada Proses Pembongkaran (Transit). IPB University. Available at: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/12881>
- Panserat, S., Rideau, N. and Polakof, S. (2014) Nutritional regulation of glucokinase: a cross-species story, *Nutrition Research Reviews*, 27(1), pp. 21–47. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0954422414000018>

- Pasaribu, Y.P., et al. 2020. Effect of steaming and pressurized boiling process to the nutrient profile of Papuan cork fish *Channa striata* as potential protein-rich food to prevent stunting. *Medicina Clínica Práctica* 3(Suppl 1):100120. <https://doi.org/10.1016/j.mcpsp.2020.100120>
- Paul, B. et al. (2019) Nutrient profile of five freshwater fish species, *SAARC Journal of Agriculture*, 16(2), pp. 25–41. Available at: <https://doi.org/10.3329/sja.v16i2.40256>
- Relekar, S.S. et al. (2025) Fatty acid profiles and mineral contents of selected freshwater fishes of Maharashtra, India: A comparative analysis, *Journal of Environmental Biology*, 46(2), pp. 204–211. Available at: <https://doi.org/10.22438/jeb/46/2/MRN-5484>
- Ribeiro, M., Douis, L., da Silva, J.A.L., Castanheira, I., Leufroy, A., & Jitaru, P. 2024. The Impact of Various Types of Cooking on the Fate of Hg and Se in Predatory Fish Species. *Foods* 13(3):374. <https://doi.org/10.3390/foods13030374>
- Rihayat, T. et al. (2019) Effect of Determination Temperature on Nutrition and Organoleptic Tuna Fish Floss, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 506, p. 012055. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/506/1/012055>
- Saputro, D.E. et al. (2023) Effect of Steaming Temperature on Nutrient Content and Organoleptic of Shredded Mackerel Tuna Fish, *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 25(4), pp. 37–49. Available at: <https://doi.org/10.9734/ajfar/2023/v25i4680>
- Sarwar, N., Ahmed, T. and Akther, S. (2019) Effect of different processing and preservation methods on the quality of *Tenuulosa ilisha* (Hilsa Shad) fish”, *Original Research Article Journal of Advances in Food Science & Technology*, 6(2), pp. 75–87. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/335106696>
- Sengkey, C.J., Kindangen, P. and Pondaag, J.J. (2020) Analisis Saluran Distribusi Dalam Rantai Pasok Ikan Mentah Segar Pada Organisasi “Kembang Laut” Di Pulau Nain Minahasa Utara, *Jurnal EMBA*, 8(3), pp. 240–251.
- Sihag, M.K. et al. (2015) Effect of domestic processing treatments on iron, β -carotene, phytic acid and polyphenols of pearl millet, *Cogent Food & Agriculture*. Edited by F. Yildiz, 1(1), p. 1109171. Available at: <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1109171>
- Siswanto, W. and Mulasari, S.A. (2015) Peningkatan Peroksida Minyak Goreng Curah Dan Fortifikasi Vitamin A, *KESMAS - Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(1), pp. 1–10.
- Sudarmadji, S., Haryono, B. and Slamet (2007) *Prosedur Analisis Untuk Bahan Makan Dan Pertanian*. Yogyakarta: Yogyakarta Liberty.
- Suryati, M. A., Azrina, A., Amin, I., & Nor-Khaizura, M. A. R. (2025). Retention of omega-3 fatty acids (DHA and EPA) and cooking yield in fish cooked using wet-heat methods: Steaming vs. bake-in-foil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 142, 107482. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107482>
- Swastawati, F. et al. (2013) Karakteristik Kualitas Ikan Asap yang Diproses Menggunakan Metode dan Jenis Ikan Berbeda, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(3). Available at: <https://doi.org/10.17728/jatp.v2i3.142>
- Tenyang, N., Mawamba, L. A., Ponka, R., et al. (2022). Effect of cooking and smoking methods on proximate composition, lipid oxidation and mineral contents of *Polypterus bichir bichir* fish from far-north region of Cameroon. *Heliyon*, 8(10), e10921. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10921>
- Uran, H. and Gokoglu, N. (2014) Effects of cooking methods and temperatures on nutritional and quality characteristics of anchovy (*Engraulis encrasicolus*), *Journal of Food Science and Technology*, 51(4), pp. 722–728. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0551-5>
- Watanabe, T. (2002) Strategies for further development of aquatic feeds, *Fisheries Science*, 68(2), pp. 242–252. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00418.x>.
- Wellyalina, L. and Aisman, M. (2013) Pengaruh Perbandingan Tetelan Merah Tuna Dan Tepung Maizena Terhadap Mutu Nugget, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 2(1).
- Wilson, R.P. (1994) Utilization of dietary carbohydrate by fish, *Aquaculture*, 124(1–4), pp. 67–80. Available at: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90363-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90363-8)
- Yunarto, N. et al. (2019) Aktivitas Antioksidan serta Penghambatan HMG CoA dan Lipase dari Kombinasi Ekstrak Daun Binahong-Rimpang Temu Lawak, *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 9(2), pp. 89–96. Available at: <https://doi.org/10.22435/jki.v9i2.1930>.