

Karakteristik Fisikokimia Hidrolisat Protein Ikan Selar (*Selaroides* sp.) Dengan Variasi Enzim Protease dan Papain Serta Penambahan Maltodekstrin

Physicochemical Characteristics of Selaroides sp. Fish Protein Hydrolysate With Variations of Protease and Papain Enzymes As Well As the Addition of Maltodextrin

Trisna Ningsih^{1,3}, Adi Wibowo¹, Mintut Silowati¹, Siti Mardiana¹, Junaedi Abdillah¹, Endang Purwaningsih¹, Sherly Iakantina¹, Darmadi¹, Edi Sudrajat¹, Solikin¹, Natalia Prodana Setiawati², dan Romauli Juliana Napitupulu³

¹Balai Besar Pengujian Penerapan Produk Kelautan dan Perikanan, Jalan Raya Cilangkap No 70, Jakarta, 13880, Indonesia

²Pusat Riset Bioindustri Laut dan Darat, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Desa Teluk Kodek, Kecamatan Pemenang, Lombok Utara, NTB, 83352 Indonesia,

³Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang, Jl Lingkar Tanjungpura, Karangpawitan, Kec. Karawang Barat, Jawa Barat, 41315, Indonesia

Korespondensi penulis : trisnadkp@yahoo.com

Diterima: 12 Maret 2025; Direvisi: 04 Juni 2025; Disetujui: 26 Juni 2025

ABSTRAK

Ikan selar (*Selaroides* sp.) dengan protein tinggi 64.27% berpotensi sebagai hidrolisat protein ikan (HPI). Penelitian ini bertujuan untuk mengekstraksi HPI dari ikan selar dengan variasi jenis dan konsentrasi enzim protease dan papain guna mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fisikokimia HPI yang dihasilkan. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang dilakukan adalah formulasi A1 5% (b/v) enzim papain (Merck), aktivitas enzim 30.000 U/mg, A2 10% (b/v) enzim papain (Merck), aktivitas enzim 30.000 U/mg, B1 5% (b/v) enzim protease A komersil, aktivitas enzim 100.000 U/mg, B2 10% (b/v) enzim protease A komersil, aktivitas enzim 100.000 U/mg, C1 5% (b/v) enzim protease B komersil, aktivitas enzim 100.000 U/mg dan C2 10% (b/v) enzim protease B komersil, aktivitas enzim 100.000 U/mg. Ikan selar segar dilumatkan, dihidrolisis dengan enzim protease pada konsentrasi 5% dan 10% dalam fermentor pada suhu 55°C selama 5 jam, lalu di inaktivasi enzim pada suhu di atas 80°C selama 10-15 menit. Hidrolisat dikeringbekukan dengan penambahan maltodekstrin 10% sebagai *filler*. Formulasi C1 menghasilkan kadar protein tertinggi tanpa *filler* (90.27%), sedangkan formulasi A2 menghasilkan kadar protein tertinggi dengan *filler* (35.19%). Rendemen lumatan daging ikan mencapai 53.21%. Nilai kelarutan 95.50%, daya serap air 0.27 mL/g, daya serap lemak 1.7 mL/g, asam amino yang paling dominan adalah asam glutamat. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting dalam pengembangan produk HPI sebagai bahan pangan fungsional dengan nilai gizi tinggi.

Kata Kunci: Enzim papain, enzim protease, hidrolisat protein ikan, ikan selar, karakterisasi protein

ABSTRACT

As the second most biodiverse country in the world, Indonesia has a wealth of biological resources, including fishing by-products (HTS). A high-protein HTS (64.27% dry bases) that has the potential to be processed into value-added fish protein hydrolysate (HPI) is yellow stripe scad (*Selaroides* sp.). This study aimed to examine the impact of different protease types and concentrations on HPI physicochemical features, this study evaluated HPI from yellow stripe scad. A completely randomized design (CRD) was used in the experiment. The treatments consisted of formulations: A1 (5% (b/v) papain enzyme (Merck), enzyme activity 30.000 U/mg), A2 (10% papain (Merck), enzyme activity 30.000 U/mg), B1 (5% commercial protease A, enzyme activity 100.000 U/mg), B2 (10% commercial protease B, enzyme activity 100.000 U/mg), C1 (5% commercial protease B, enzyme activity 100.000 U/mg), and C2 (10% commercial protease B, enzyme activity 100.000 U/mg). Fresh yellow stripe scad was minced, hydrolyzed with 5% and 10% protease in a fermenter (5 hours, 55 °C), followed by enzyme inactivation (10-15 minutes, >80°C). The hydrolysate was freeze-dried with 10% maltodextrin as filler. Protein content, yield, and hydrolysis degree were among the factors that were

tested. While formulation A2 had the highest protein level with filler (35.19%), formulation C1 had the highest protein content without filler (90.27%). Within the ideal processing range, the yield of minced fish was 53.21%. The solubility value is 95.50%, the water absorption capacity is 0.27 mL/g, the fat absorption capacity is 1.7 mL/g, and the most dominant amino acid is glutamic acid. These results encourage the sustainable use of Indonesia's fisheries resources by offering important insights for developing HPI as a high-nutrition functional food ingredient.

Keywords: fish protein hydrolysate, papain enzyme, protease enzyme, protein characterization, selaroides fish.

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia setelah Brasil. Diperkirakan terdapat lebih dari 400.000 spesies ikan dan hewan serta sekitar 25.000 jenis tumbuhan yang tersebar di wilayah perairan dan daratan Indonesia (Saranga et al., 2023). Salah satu potensi sumber daya hayati tersebut adalah hasil tangkapan sampingan (HTS), yaitu organisme yang tidak menjadi target utama tetapi ikut tertangkap dalam kegiatan penangkapan ikan (Luthfiani et al., 2018). HTS yang dihasilkan oleh kegiatan perikanan tangkap cukup besar. Volume HTS yang dihasilkan dari aktivitas perikanan tangkap relatif besar. Itano dan Gillett (2012) melaporkan bahwa setiap tahun sekitar 27 juta ton ikan terbuang yang setara dengan 30% dari total hasil tangkapan global. Nugraha dan Setyadi (2013) memperkirakan bahwa porsi HTS mencapai 40% atau sekitar 38 juta ton dari total tangkapan laut dunia. Salah satu ikan yang termasuk kategori HTS adalah ikan selar (*Selaroides* sp.) yang terkenal di masyarakat Indonesia. Menurut Saputra dan Nurhayati (2014), ikan pelagis ini memiliki kandungan protein tinggi yaitu 64,27% (basis kering). Berbagai produk bernilai tambah telah dihasilkan dari pemanfaatan HTS seperti minyak ikan, tepung ikan dan konsentrat protein ikan.

Ikan nila, bandeng, hiu, dan cucut merupakan komoditas yang memiliki potensi besar di Indonesia, sehingga membuka peluang bagi pengembangan riset terkait HPI sebagai bahan aditif pada produk makanan (Salamah et al., 2012). Kajian mengenai HPI telah dilakukan menggunakan berbagai sumber bahan baku, antara lain ikan selar kuning, ikan rucah, kerang hijau, limbah ikan ekor kuning, ikan lele dumbo, dan ikan bandeng (Bernadeta et al., 2022; Koesoemawardani et al., 2012; Nurhayati et al., 2007). Fawzya et al. (2020) secara khusus meneliti pemanfaatan ikan selar sebagai bahan baku HPI dengan memanfaatkan enzim protease mikroba lokal dari *Bacillus subtilis* BII-1. Penelitian ini memiliki kebaruan yaitu membandingkan variasi jenis dan konsentrasi enzim serta pengaruh

maltodekstrin terhadap HPI ikan selar, dengan analisis fisikokimia yang lebih komprehensif dan dukungan uji statistik, sehingga lebih aplikatif dibandingkan studi sebelumnya yang umumnya terbatas pada satu enzim tanpa filler.

Pada tahun 1960-an, penelitian difokuskan pada produksi sumber protein bergizi dengan biaya rendah untuk negara-negara berkembang yang populasinya berkembang pesat, atau untuk produksi pakan ternak, terutama melalui produksi konsentrat protein ikan (*Fish Protein Concentrates* atau FPC). Dalam perkembangannya, kajian tentang hidrolisat protein ikan (*Fish Protein Hydrolysates*) relatif sedikit dilakukan, meskipun beberapa penelitian diarahkan pada potensi penggunaan hidrolisat berbentuk bubuk dalam formulasi makanan. Sejumlah studi juga melaporkan bahwa hidrolisat protein ikan memiliki karakteristik fungsional yang unggul (Kristinsson & Rasco, 2000).

Hidrolisat dapat didefinisikan sebagai protein yang dipecah secara kimiawi atau enzimatik menjadi peptide dengan ukuran yang bervariasi. Hidrolisat protein digunakan untuk berbagai keperluan dalam industri pangan, termasuk sebagai pengganti susu, suplemen protein, penstabil dalam minuman, dan penambah rasa dalam produk konfeksi. HPI dapat meningkatkan fungsi-fungsi yang digunakan dalam industri pangan meliputi kelarutan, kapasitas pembentukan busa, kapasitas menahan air dan minyak, sifat emulsifikasi, sehingga penggunaannya dapat diterapkan dalam makanan olahan, minuman, dan produk permen (Zulkipli & Salleh, 2021). Sebagai contoh, HPI dari ikan layang yang menghasilkan produk dengan sifat bioaktif dan nilai gizi yang tinggi, serta sifat fungsionalnya seperti kelarutan dan kapasitas penyerapan minyak yang baik, menjadikannya berpotensi sebagai nutrasetikal dan makanan fungsional (Yathisha et al., 2022). Selain itu, produksi hidrolisat protein whey melalui proses enzimatik, menghasilkan produk susu nutrasetikal dimana nutrisi susu ditambahkan peptida berbobot molekul rendah, yang berpotensi menjadi bahan fungsional dalam berbagai aplikasi makanan (John & Ghosh, 2021).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa hidrolisis enzimatis merupakan teknik hidrolisis yang dapat meningkatkan karakteristik produk HPI serta mempertahankan nilai nutrisi produk akhir. Faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis diantaranya adalah konsentrasi enzim, substrat, waktu reaksi dan suhu reaksi. Selain itu, perlu adanya kondisi optimal dari faktor enzimatis yang dapat membuat proses hidrolisis lebih efektif dalam menghasilkan HPI yang diinginkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi HPI yang diperoleh dari ikan selar (*Selaroides* sp.) dengan memanfaatkan variasi jenis dan konsentrasi enzim yang berbeda, guna melengkapi informasi terkait sifat fisikokimia dan karakteristik dari produk hidrolisat protein, yang pada akhirnya dapat memberikan wawasan dalam pengembangan produk olahan pangan yang bernilai gizi tinggi dan bermanfaat.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Ikan selar (*Selaroides* sp.) yang diperoleh dari Pelabuhan Muara Baru digunakan sebagai bahan baku dan dalam kondisi segar, enzim protease A komersil aktivitas enzim 100.000 U/mg, enzim protease B komersil aktivitas enzim 100.000 U/mg, enzim papain (Merck) aktivitas enzim 30.000 U/mg, maltodekstrin, air, bahan-bahan untuk analisis. Peralatan yang digunakan adalah *meatbone separator* (mesin perekayasa), alat fermentor kapasitas 60 Liter (mesin perekayasa), sentrifus merk Thermo Scientific, *freeze drier* merk Telstar model LyoQuest Freeze Drier-55C, *freezer*, peralatan gelas, lemari pendingin, seperangkat peralatan laboratorium untuk analisa proksimat yaitu alat destilasi protein merk Gerhardt model Vapodest 450, timbangan analitik kepekaan 0,0001 g merk Mettler, cawan porselen, buret, labu alas bulat, pipet tetes, desikator dan kertas saring *whatman*.

Metode

Preparasi bahan

Ikan selar segar dengan berat sekitar 50-100 gram per ekor terlebih dahulu dibersihkan dengan membuang isi perut dan potong kepala kemudian dicuci hingga terbebas dari kotoran yang menempel. Proses selanjutnya adalah pemisahan daging ikan dengan alat *meatbone separator*. Daging ikan kemudian di leaching dengan perbandingan air dingin (+es) bersuhu 10°C dan ikan yaitu 4:1. Proses *leaching* dilakukan selama 15-20 menit dan proses

tersebut diulang sebanyak dua kali. Setelah itu, daging ikan di-press untuk mengurangi kandungan airnya kemudian dilumatkan dalam mesin *meat grinder*.

Prosedur pembuatan hidrolisat protein ikan

Optimasi HPI menggunakan bahan baku ikan selar menggunakan enzim protease atau papain dengan aktivitas enzim yang berbeda dengan formulasi sebagai berikut :

1. Formulasi A1: 5% (b/v) enzim papain (Merck), aktivitas enzim 30.000 U/mg
2. Formulasi A2: 10% (b/v) enzim papain (Merck), aktivitas enzim 30.000 U/mg
3. Formulasi B1: 5% (b/v) enzim protease A komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg
4. Formulasi B2: 10% (b/v) enzim protease A komersil, aktivitas enzim 100.000 U/mg
5. Formulasi C1: 5% (b/v) enzim protease B komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg
6. Formulasi C2: 10% (b/v) enzim protease B komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg

Proses pengolahan HPI mengacu pada Nurhayati et al. (2007) dengan modifikasi. Proses pengolahan HPI yaitu daging lumat dihidrolisis dalam fermentor (rasio daging lumat : air = 1:2) selama 5 jam pada suhu 55°C. Proses hidrolisis melibatkan penambahan enzim protease/papain dengan konsentrasi 5% dan 10% (b/v). Setelah hidrolisis, dilakukan penginaktifan enzim pada suhu di atas 80°C selama 10-15 menit. Cairan dipisahkan dari padatan menggunakan sentrifugasi/ *filter press* selama 10 menit pada 7500 rpm. Selanjutnya ditambahkan *filler* (maltodekstrin) 10% (b/v) dan campuran dikeringkan menggunakan *freeze drier* untuk menghasilkan HPI serbuk.

Prosedur analisis

Analisis protein

Analisis kadar protein dilakukan dengan metode *Kjedhal* (BSN, 2006). Prosedur terdiri atas tiga tahap utama, yaitu destruksi, netralisasi dan destilasi, serta titrasi. Tahap destruksi : Sampel sebanyak 0,5-2 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu *Kjedahl* kemudian ditambahkan 10-15 mL H₂SO₄ pekat dan 1-2 gram campuran katalis. Pemanasan perlahan hingga larutan jernih (sekitar 2 jam) kemudian didinginkan. Tahap netralisasi dan destilasi : dimana penambahan NaOH pekat secara hati-hati ke dalam larutan hasil destruksi hingga larutan menjadi basa. Destilasikan amonia yang

terbentuk, dan tampung dalam labu yang berisi larutan asam borat atau HCl. Tahap titrasi : jika menggunakan asam borat, larutan dititrasi dengan HCl standar. Jika langsung menangkap amonia dengan HCl, titrasi balik dilakukan dengan NaOH.

Perhitungan :

$$\text{Nitrogen (\%)} = \frac{(V_{\text{blanko}} - V_{\text{sampel}}) \times N \times 14.007 \times 100}{\text{berat sampel (mg)}}$$

Keterangan : V = volume titran (mL)

N = normalitas larutan HCl atau NaOH

14.007 = berat atom nitrogen

Protein (%) = Nitrogen (%) x Faktor konversi

Umumnya digunakan faktor 6,25

Rendemen

Uji rendemen digunakan untuk menentukan proporsi bagian bahan yang dapat dimanfaatkan dalam suatu proses pengolahan hasil perikanan. Nilai rendemen dihitung berdasarkan perbandingan antara bobot produk akhir dengan bobot bahan awal yang digunakan dalam proses pengolahan. Semakin tinggi persentase rendemen, maka semakin besar pula jumlah produk yang dihasilkan (Adhamatika et al., 2023). Rumus perhitungan rendemen adalah sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat output (produk)(g)}}{\text{Berat input (g)}} \times 100$$

Derajat hidrolisis

Analisis kadar protein dilakukan menggunakan metode TCA-soluble protein yang dikombinasikan dengan metode Lowry karena dinilai sederhana dan sesuai untuk sampel pangan yang bersifat kompleks (José Rinaldi, 2023; Kazlou, 2019). Sampel HPI sebesar 500 µL dihomogenisasi dengan larutan 500 µL larutan TCA 10%. Campuran tersebut kemudian diinkubasi pada suhu 4°C selama 30 menit, dilanjutkan dengan sentrifugasi pada kecepatan 3.000 rpm selama 20 menit. Supernatan yang diperoleh kemudian dianalisis kandungan protein terlarutnya menggunakan reagen Lowry (Lowry et al., 1951) yang terdiri atas reagen A berisi 2% Na₂CO₃ dalam larutan NaOH 0.1 N. Reagen B berisi 0.5% CuSO₄ dalam 1% natrium kalium tartrat (NaKC₄H₄O₆). Reagen C berisi campuran 50 mL reagen A dan 1 mL reagen B. Reagen D berisi Follin Ciocalteu 10 mL yang diencerkan dengan 10 mL akuades. Tahap reaksi dilakukan dengan mencampurkan

0,05 mL sampel, 1,95 mL akuades, 2,75 mL reagen C, dan 0,5 mL reagen D. Campuran dihomogenkan menggunakan vortex, kemudian diinkubasi dalam ruang gelap selama 30 menit. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 660 nm. Bovine Serum Albumin (BSA) digunakan sebagai standar protein, sedangkan derajat hidrolisis (DH) dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Derajat Hidrolisis (\%)} = \frac{(\text{Protein terlarut TCA 10\%})}{(\text{Protein total})} \times 100$$

Kelarutan

Uji kelarutan mengacu pada Nurhayati et al. (2013). Kelarutan adalah kemampuan suatu zat dalam hal ini adalah hidrolisat protein ikan untuk larut dalam pelarut (biasanya air) sehingga membentuk larutan homogen. Kelarutan menunjukkan seberapa banyak bagian dari hidrolisat yang bisa larut dalam air. Semakin tinggi kelarutannya, berarti hidrolisat lebih mudah larut. Perhitungan kelarutan yaitu :

$$\text{Kelarutan (\%)} = \left(\frac{\text{Berat sampel larut}}{\text{Berat awal sampel}} \right) \times 100$$

Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan dengan mengacu pada metode Nurhayati et al. (2013). Daya serap air didefinisikan sebagai kemampuan hidrolisat protein untuk menyerap serta mempertahankan air ketika berinteraksi dengan pelarut (umumnya air), tanpa mengalami pelarutan. Nilai daya serap air dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Daya serap air ml/g} = \frac{\text{Volume air yang di serap (mL)}}{\text{Berat kering sampel (g)}}$$

Daya Serap Lemak

Uji daya serap lemak mengacu pada Nurhayati et al. (2013). Daya serap lemak didefinisikan sebagai kemampuan hidrolisat protein, atau bahan pangan lainnya, dalam menyerap serta menahan minyak atau lemak di dalam matriksnya tanpa mengalami pelarutan. Nilai daya serap lemak dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Daya serap lemak ml/g} = \frac{\text{Volume lemak yang di serap (mL)}}{\text{Berat kering sampel (g)}}$$

Rancangan percobaan

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 kali ulangan. Perlakuan yang diberikan

berupa perbedaan jenis enzim protease yang digunakan dalam proses hidrolisis yaitu enzim protease komersil dengan aktivitas enzim 100.000 U/mg dan enzim papain (Merck) dengan aktivitas enzim 30.000 U/mg.

Jumlah bahan terlarut dalam produk hidrolisat ini, terutama kandungan proteinnya, yang ditentukan oleh konsentrasi nitrogen total, sangat mempengaruhi tingkat kualitasnya (Ramakrishnan et al., 2023). Kandungan kadar protein HPI ikan selar dengan enzim dan konsentrasi berbeda disajikan pada Tabel 1-4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Protein

Bahan paling penting dalam produk hidrolisat protein ikan, yang dirancang untuk memenuhi permintaan konsumen akan protein hewani, terutama produk hasil perikanan, adalah protein.

Dari hasil optimasi HPI, kadar protein yang dihasilkan dari beberapa formulasi adalah 87.25-90.27% (tanpa penambahan *filler*) dan 19.66-35.19% (dengan penambahan *filler* maltodekstrin 10%). Berdasarkan hasil pengujian kadar protein didapatkan bahwa formulasi C1 (tanpa penambahan *filler*) memiliki nilai protein tertinggi yaitu 90.27%

Tabel 1. Hasil Persamaan Regresi Kadar protein HPI ikan selar pada perlakuan berbeda (tanpa filler maltodekstrin)

Table 1. Regression Equation Results of HPI protein content of yellowstripe scad fish using different treatment (without maltodextrin filler)

Sumber Keragaman/ Source of Variation	df/df	JK	KT	F-hitung/ F-value	p-value
Perlakuan/Treatment	5	16.33	3.27	109.19	0.0000000014
Galat/Error	12	0.36	0.03		
Total/Total	17	16.69			

Note : Hasil berbeda sangat nyata (p<0.01)

Tabel 2. Hasil Uji lanjut Tukey Kadar protein HPI ikan selar pada perlakuan berbeda (tanpa filler maltodekstrin)

Table 2. Tukey Test Results of HPI protein content of yellowstripe scad fish using different treatment (without maltodextrin filler)

Perlakuan/Treatment	Kadar Protein/Protein Content (%)
C1	90.27 ± 0.24 ^a
A1	88.45 ± 0.08 ^b
B1	87.91 ± 0.21 ^b
C2	87.74 ± 0.13 ^{bc}
A2	87.30 ± 0.20 ^c
B2	87.25 ± 0.12 ^c

Keterangan/Notes: A1 = 5% Enzim papain (Merck) aktifitas enzim 30.000 U/mg; A2 = 10% Enzim Papain (Merck) aktifitas enzim 30.000 U/mg; B1 = 5% enzim protease A komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; B2 = 10% enzim protease A komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; C1 = 5% enzim protease B komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; C2 = 10% enzim protease B komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg. Huruf supercript yang berbeda (a,b,c,d) pada perlakuan menunjukkan beda nyata (p<0,05)/A1 = 5% Papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; A2 = 10% Papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; B1 = 5% Commercial protease A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; B2 = 10% Commercial protease A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C1 = 5% Commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C2 = 10% Commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg. Superscript letters (a, b, c, d) in the treatments indicate significant differences (p < 0.05).

Tabel 3. Hasil Persamaan Regresi Kadar protein HPI ikan selar pada perlakuan berbeda (filler maltodekstrin 10%)

Table 3. Regression Equation Results of HPI protein content of yellowstripe scad fish using different treatment (10% maltodextrin filler)

Sumber Keragaman/ Source of Variation	df/df	JK	KT	F-hitung/ F-value	p-value
Perlakuan/Treatment	5	375.21	75.04	1714.52	0.0000000000000011
Galat/Error	12	0.53	0.04		
Total/Total	17	375.74			

Keterangan/Notes : Hasil berbeda sangat nyata ($p < 0.01$)/Results are significantly different ($p < 0.01$).

Tabel 4. Hasil Uji lanjut Tukey Kadar protein HPI ikan selar pada perlakuan berbeda (filler maltodekstrin 10%)

Table 4. Tukey Test Results of HPI protein content of yellowstripe scad fish using different treatment (10% maltodextrin filler)

Perlakuan/Treatment	Kadar Protein/Protein Content (%)
A2	35.19 ± 0.16 ^a
A1	29.74 ± 0.31 ^b
C1	27.90 ± 0.26 ^c
C2	28.06 ± 0.23 ^c
B2	27.15 ± 0.10 ^d
B1	19.66 ± 0.13 ^e

Keterangan/Notes : A1 = 5% Enzim papain (Merck) aktifitas enzim 30.000 U/mg; A2 = 10% Enzim Papain (Merck) aktifitas enzim 30.000 U/mg; B1 = 5% enzim protease A komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; B2 = 10% enzim protease A komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; C1 = 5% enzim protease B komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; C2 = 10% enzim protease B komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg. Huruf supercript yang berbeda (a,b,c,d) pada perlakuan menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$)/ A1 = 5% Papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; A2 = 10% Papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; B1 = 5% Commercial protease A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; B2 = 10% Commercial protease A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C1 = 5% Commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C2 = 10% Commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; Different superscript letters (a, b, c, d) in the treatments indicate significant differences ($p < 0.05$).

(sangat signifikan) dan formulasi A2 dengan penambahan filler memiliki kandungan protein tertinggi yaitu 35.19% (sangat signifikan). Nilai kadar protein HPI ikan selar pada penelitian dengan penambahan 10% maltodekstrin menunjukkan kadar protein yang lebih rendah. Hal ini disebabkan maltodekstrin merupakan karbohidrat yang tidak mengandung protein, sehingga ketika ditambahkan ke dalam hidrolisat, proporsi total protein dalam campuran menjadi lebih rendah dibandingkan sebelum (Hofman et al., 2016; Lozano-Aguirre et al., 2023; Yuniarti et al., 2024). Tidak adanya penambahan filler maltodekstrin menyebabkan tidak adanya pula pengenceran komponen non-protein sehingga prosentase protein dalam berat kering tetap maksimal (Silva et al., 2023).

Nilai kadar protein memenuhi standar Tipe A. HPI Tipe A memiliki kandungan lemak maksimum 0.75% dan protein diatas 80%, HPI Tipe B memiliki kandungan lemak minimal 3% dan protein kurang dari 80%, dan HPI Tipe C adalah hidrolisat yang dibuat secara tidak higienis (FAO, 2016). Nilai kadar protein HPI Ikan selar (*Selaroides* sp) juga memenuhi persyaratan SNI HPI 9295-2024 yang mempersyaratkan kadar protein minimum 20% (BSN, 2024).

Rendemen

Rendemen bahan baku (kuantitas) ikan selar yang merupakan persentase lumatan daging yang dihasilkan dibandingkan dengan berat bahan baku

(Tabel 5). Rendemen daging ikan dapat berbeda-beda dipengaruhi oleh jenis ikan, bentuk morfologi tubuh, umur, serta musim penangkapan, baik sebelum maupun setelah pemijahan. Umumnya rendemen daging ikan berkisar antara 45-50 % (Ikape & Solomon, 2018; Özcan et al., 1843). Berdasarkan Tabel 5, nilai rendemen setiap tahapan proses dan mengalami penurunan, namun hasil rendemen lumatan daging ikan masih di atas 50% yaitu 53.21%. Nilai ini masih sejalan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya. Rendemen didefinisikan sebagai perbandingan berat daging terhadap berat ikan utuh, atau secara umum persentase produk yang diperoleh dari perbandingan antara berat awal dengan berat akhir (Waluyo

et al., 2022) Pengukuran rendemen bertujuan untuk memperkirakan jumlah bagian tubuh ikan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan (Karunakaran & Balakrishnan, 2019; Pedrosa et al., 2014). Beberapa faktor yang memengaruhi nilai rendemen antara lain mutu bahan baku khususnya tingkat kesegaran ikan sarana dan prasarana, keterampilan tenaga kerja, serta ukuran dan jenis bahan baku (Bayrakli & Duyar, 2020; Zugarramurdi, 2016).

Data Tabel 6 menunjukkan nilai rendemen HPI ikan selar pada berbagai jenis dan aktivitas enzim. Perlakuan B1, B2, C1, dan C2 (tanpa penambahan maltodekstrin) memperlihatkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan A1

Tabel 5. Rendemen Bahan Baku Ikan Selar

Table 5. Raw Material Yield of Yellowstripe Scad (*Selaroides* sp.)

No	Jenis/Type	Jumlah/ Weight (kg)	Rendemen/ Yield (%)
1.	Ikan utuh/Whole fish	28.0	100
2.	Setelah Potong kepala + Buang isi perut/ After head cutting + gut removal	21.0	75
3.	Setelah deboning/After deboning	18.0	64.2
4.	Lumatan daging ikan/Minced fish meat	14.9	53.21

Tabel 6. Nilai Rendemen HPI Ikan Selar Dengan Berbagai Jenis Dan Aktifitas Enzim

Table 6. Yield Values of HPI from Selar Fish with Different Types and Enzyme Activities

No	Kode/ Code	Jumlah lumatan daging ikan/ Amount of minced fish meat (g)	Jumlah filtrat HPI / Amount of HPI filtrate (mL)	Jumlah HPI hasil Freeze Dry/ Amount of HPI from Freeze Dry(g)	Rendemen/ Yield (%)	Jumlah HPI hasil Freeze Dry + 10% maltodekstrin/ Amount of HPI from Freeze Dry + 10% maltodextrin (g)	Rendemen/ Yield (%)
1.	A1	1090.43	545.215	16.2	2.97	36.4	6.68
2.	A2	1095.10	547.55	14.06	2.57	21.56	3.94
3.	B1	1100.00	550.00	22.52	4.09	32.4	5.89
4.	B2	1169.33	584.67	22.60	3.77	38.5	6.58
5.	C1	1148.40	574.20	18.78	3.43	12.4	2.16
6.	C2	1106.40	553.20	22.00	3.98	35.4	6.40

Keterangan/Notes : A1 = 5% Enzim Papain (Merck) aktifitas enzim 30.000 U/mg; A2 = 10% Enzim Papain (Merck) aktifitas enzim 30.000 U/mg; B1 = 5% enzim papain A komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; B2 = 10% enzim papain A komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; C1 = 5% enzim protease B komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg; C2 = 10% enzim protease B komersil aktifitas enzim 100.000 U/mg/ A1 = 5% Papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg ; A2 = 10% Papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; B1 = 5% Commercial papain A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; B2 = 10% Commercial papain A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C1 = 5% Commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C2 = 10% Commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg

dan A2. Hal ini berkaitan dengan aktivitas enzim pada perlakuan B1, B2, C1, dan C2 yang lebih tinggi. Laju degradasi oleh enzim proteolitik sangat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi enzim yang digunakan. Rendemen produk hidrolisat didefinisikan sebagai persentase produk yang dihasilkan terhadap jumlah bahan baku sebelum hidrolisis. Selama proses hidrolisis, kandungan lemak, protein, dan mineral dalam bahan baku turut berkontribusi secara signifikan terhadap hasil akhir hidrolisat (Chiodza & Goosen, 2023). Selain itu, durasi dan metode pengeringan juga berpengaruh. Pengeringan menggunakan *freeze dryer* cenderung menghasilkan rendemen lebih tinggi dibandingkan metode lain, karena proses dilakukan pada suhu rendah (Pratiwi et al., 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian (Sulistiawati et al., 2023) yang melaporkan rendemen fikosianin lebih besar pada proses *freeze drying* dibandingkan *spray drying*, dimana struktur protein fikosianin lebih rentan mengalami kerusakan akibat suhu tinggi pada *spray drying*.

Pada Tabel 6. juga memperlihatkan nilai rendemen pada saat ditambahkan maltodekstrin sebagai bahan pengisi. Hidrolisat Protein Ikan bersifat mudah berikatan dengan air pada saat terkena udara, sehingga berpengaruh pada masa penyimpanannya, oleh karena itu perlu teknologi mikroenkapsulasi dalam proses pembuatan HPI. Teknik pemisahan cairan, padatan, atau

gas menggunakan lapisan tipis berupa material pelindung yang berfungsi dalam masa simpan disebut mikroenkapsulasi (Supriyadi & Rujita, 2013). Özkan & Ersus Bilek (2014) menyatakan bahwa mikroenkapsulasi adalah teknologi yang digunakan sebagai pelindung dan penstabil bahan inti. Ariestya et al. (2016) mengatakan teknologi mikroenkapsulasi untuk melindungi bahan inti dari kerusakan fisik. Teknik mikroenkapsulasi menggunakan bahan penyalut seperti maltodekstrin, gelatin, natrium kaseinat, dan gum arab, yang paling sering digunakan yakni maltodekstrin (Batista et al., 2015). Maltodekstrin efektif untuk pelindung bahan yang dienkapsulasi dari oksidasi. Maltodekstrin memiliki kelebihan mudah larut dalam air dingin, dispersi cepat, daya larut yang tinggi (Srihari, 2010). Maltodekstrin adalah senyawa *non-hygroscopic*, efektif melindungi bahan dari oksidasi. Maltodekstrin memiliki nilai DE (*dextrose equivalent*) yang rendah kurang dari 20 dan bersifat meningkatnya viskositas, mampu membentuk film, mempunyai daya ikat yang kuat, tetapi lemah dalam emulsi (Ernawati et al., 2014)

Derajat Hidrolisis

Proses hidrolisis memecah protein ikan menjadi peptida berukuran lebih kecil, umumnya terdiri atas 2–20 residu asam amino. Hidrolisat protein

Tabel 7. Hasil Pengujian Kadar Protein dan Derajat Hidrolisis Filtrat HPI ikan selar

Table 7. Test Results of Protein Content and Degree of Hydrolysis of Yellowstripe Scad FPH Filtrate

Kode Contoh/ Sample Code	% Protein (Filtrat)/ % Protein (Filtrate)	% Protein dalam larutan TCA/ % Protein in TCA Solution	% Hidrolisis/ % Hydrolysis
HPI A1	4.33±0.05 ^{ab}	2.51±0.08 ^{ab}	57.97±0.09 ^d
HPI A2	4.46±0.02 ^a	2.59±0.06 ^a	58.07±0.08 ^c
HPI B1	3.70±0.02 ^d	2.18±0.07 ^c	58.92±0.06 ^a
HPI B2	3.84±0.03 ^{cd}	2.26±0.06 ^c	58.86±0.04 ^a
HPI C1	4.05±0.04 ^{bc}	2.36±0.05 ^{bc}	58.27±0.03 ^b
HPI C2	3.98±0.06 ^{bc}	2.32±0.09 ^{bc}	58.29±0.08 ^b

Keterangan/Notes: A1 : 5% (b/v) enzim papain (Merck), aktifitas enzim 30.000 U/mg; A2 : 10% (b/v) enzim papain (Merck), aktifitas enzim 30.000 U/mg; B1 : 5% (b/v) enzim papain A komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg; B2 : 10% (b/v) enzim papain A komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg; C1 : 5% (b/v) enzim protease B komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg; C2 : 10% (b/v) enzim protease B komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg; TCA : Trichloroacetic acid . Huruf supercript yang berbeda (a,b,c,d) pada perlakuan menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) / A1 : 5% (w/v) papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; A2 : 10% (w/v) papain enzyme (Merck), enzyme activity 30,000 U/mg; B1 : 5% (w/v) commercial papain A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; B2 : 10% (w/v) commercial papain A enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C1 : 5% (w/v) commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; C2 : 10% (w/v) commercial protease B enzyme, enzyme activity 100,000 U/mg; TCA : Trichloroacetic acid. Different superscript letters (a, b, c, d) in the treatments indicate significant differences ($p < 0.05$).

merupakan hasil pemecahan enzimatik tersebut, sehingga menghasilkan peptida yang lebih sederhana dan berperan sebagai sumber asam amino yang penting bagi berbagai fungsi fisiologis tubuh manusia (Nurdiani et al., 2022). Pemutusan ikatan peptida selama hidrolisis meningkatkan konsentrasi peptida serta asam amino terlarut dalam TCA, yang selanjutnya berkontribusi pada kenaikan derajat hidrolisis. Nilai derajat hidrolisis dapat berbeda-beda tergantung pada faktor konsentrasi enzim, jenis substrat, serta lama waktu hidrolisis yang diterapkan (Haslaniza et al., 2010).

Derajat hidrolisis dari proses HPI ikan selar adalah 57,97-58,92%, yang merupakan kondisi optimal. Derajat hidrolisis tertinggi terdapat pada perlakuan B1 dan B2, keduanya sangat berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan temuan Nurhayati et al. (2007) sebesar 47,24%, Salamah et al. (2012) sebesar 35,37% dan Foh MBK, Tamara MT, Amadou I & BM (2011) sebesar 23,40%. Peningkatan derajat hidrolisis dipengaruhi oleh semakin banyaknya peptida dan asam amino yang terlarut dalam TCA akibat pemutusan ikatan peptida selama proses hidrolisis protein. Variasi waktu hidrolisis, konsentrasi enzim, serta jenis substrat dapat menyebabkan perbedaan derajat hidrolisis (Haslaniza et al., 2010; Tadesse et al., 2023). Selain itu, jenis enzim yang digunakan juga berperan penting, sebagaimana dilaporkan Valchkov et al. (2023), yang menyatakan bahwa perbedaan enzim proteolitik dapat menghasilkan variasi nilai derajat hidrolisis pada proses hidrolisis protein.

Kelaurutan

Kelaurutan hidrolisat protein ikan selar diperoleh sebesar 95,50%. Menurut Gbogouri et al. (2004) menyatakan standar kelaurutan untuk hidrolisat protein komersial adalah lebih dari 75%. Nalinanon et al. (2011) menyatakan bahwa perbedaan derajat hidrolisis dapat memengaruhi ukuran peptida, keseimbangan sifat hidrofobik, serta jumlah peptida yang dihasilkan selama proses hidrolisis. Keseimbangan hidrofobik tersebut berperan penting dalam menentukan tingkat kelaurutan hidrolisat protein. Tingginya nilai kelaurutan menunjukkan bahwa hidrolisat protein memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri pangan (Amiza et al., 2013).

Nilai kelaurutan yang tinggi pada HPI didukung oleh beberapa faktor, antara lain tingginya derajat hidrolisis (Gbogouri et al., 2004), ominasi peptida berukuran kecil (Gbogouri et al., 2004; Lin et al., 2022), keseimbangan sifat hidrofobik-hidrofilik yang optimal (Lin et al., 2022), kondisi pH yang sesuai (Wang et al., 2022), serta metode pengolahan yang mampu meminimalkan agregasi (Kang et al., 2000). Kombinasi faktor tersebut meningkatkan kemampuan molekul protein maupun peptida untuk berinteraksi dengan air, sehingga menghasilkan kelaurutan yang sempurna dan stabil dalam sistem pangan (Gbogouri et al., 2004).

Daya Serap Air

Daya serap air hidrolisat protein ikan selar adalah sebesar 0,27 mL/g. Daya serap air sangat penting pada produk hidrolisat protein, karena kebanyakan bentuk dari produk ini adalah produk yang telah dikeringkan. Beberapa produk yang membutuhkan daya serap air yang tinggi adalah daging, produk sosis, bakery, dan mie karena dapat berperan dalam pembentukan tekstur dari emulsi.

Daya Serap Lemak

Daya serap lemak hidrolisat protein ikan selar adalah 1,7 mL/g. Kapasitas penyerapan minyak bisa disebabkan oleh hidrolisis ekstensif yang berkontribusi pada degradasi hidrolitik struktur protein dan penurunan interaksi hidrofobik (Amiza et al., 2013).

Asam Amino

Profil asam amino dari bahan baku dan HPI diuji menggunakan HPLC yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8. Kandungan asam amino tertinggi pada HPI ikan selar adalah asam glutamat dengan nilai 5,92%, sedangkan kandungan terendah adalah sistin sebesar 0,05%. Tingginya kadar asam glutamat diduga terkait dengan proses deaminasi yang terjadi antara asparagin dan glutamin yang menghasilkan asam glutamat. Asam glutamat merupakan salah satu asam amino non-esensial yang berperan penting dalam fungsi fisiologis tubuh, terutama dalam menunjang aktivitas otak dan memperkuat memori (Zhu et al., 2017). Selain itu, asam glutamat juga diketahui berperan dalam peningkatan massa otot. Namun demikian, asupan

Tabel 8. Profil Asam Amino Hidrolisat Protein Ikan Selar (*Selaroides* sp.)Table 8. Amino Acid Profile of Protein Hydrolysate from Selar Fish (*Selaroides* sp.)

No	Parameter/Parameter	Nilai/Value (%)
1.	Glisin/ <i>Glycine</i>	0.66
2.	L-alanin/ <i>L-alanine</i>	1.50
3.	L-arginin/ <i>L-arginine</i>	0.73
4.	L-asam aspartat/ <i>L-aspartic acid</i>	2.80
5.	L-asam glutamat/ <i>L-glutamic acid</i>	5.92
6.	L-fenilalanin/ <i>L-phenylalanine</i>	0.75
7.	L-histidin/ <i>L-histidine</i>	0.46
8.	L-isoleusin/ <i>L-isoleucine</i>	1.18
9.	L-leusin/ <i>L-leucine</i>	2.08
10.	L-lisin HCl/ <i>L-lysine HCl</i>	3.30
11.	L-prolin/ <i>L-proline</i>	1.30
12.	L-serin/ <i>L-serine</i>	0.98
13.	L-threonin/ <i>L-threonine</i>	1.22
14.	L-tirosin/ <i>L-tyrosine</i>	0.61
15.	L-valin/ <i>L-valine</i>	1.26
16.	L-sistin/ <i>L-cystine</i>	0.05
17.	L-metionin/ <i>L-methionine</i>	0.53

asam glutamat yang berlebihan, khususnya lebih dari 120 mg per kg berat badan per hari, berpotensi menimbulkan kerusakan sistem saraf yang dapat memicu gangguan neurodegeneratif seperti *amyotrophic lateral sclerosis* (ALS) dan Alzheimer (Kyoung et al., 2021; Nagata et al., 2015).

KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa hidrolisat protein ikan selar (HPI) yang dihasilkan melalui hidrolisis enzimatis dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi enzim serta penambahan maltodekstrin sebagai filler. Formulasi C1 5% (b/v) enzim protease B komersil, aktifitas enzim 100.000 U/mg memberikan hasil terbaik dengan kadar protein tertinggi tanpa filler (90,27%), sedangkan formulasi A2 10% (b/v) enzim papain (Merck), aktivitas enzim 30.000 U/mg menghasilkan kadar protein tertinggi dengan filler (35,19%). HPI yang dihasilkan memiliki kelarutan tinggi (95,50%), daya serap lemak 1,7 mL/g, serta kandungan asam amino dominan berupa asam glutamat, yang mengindikasikan potensinya sebagai bahan pangan fungsional bernilai gizi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhamatika, A., Brilliantina, A., Sari, E. K. N., Wijaya, R., Triardianto, D., & Sucipto, A. (2023). Analisis Neraca Massa dan Energi Pembuatan Keripik Kentang (*Solanum tuberosum* L). *JUSTER : Jurnal Sains Dan Terapan*, 2(1), 69–76. <https://doi.org/10.57218/juster.v2i1.473>
- Amiza, M. A., Ow, Y. W., & Faazaz, A. L. (2013). Physicochemical properties of silver catfish (*Pangasius* sp.) frame hydrolysate. *International Food Research Journal*, 20(3), 1255–1262.
- Ariestya, D. I., Swastawati, F., & Susanto, E. (2016). Antimicrobial Activity of Microencapsulation Liquid Smoke on Tilapia [*Oreochromis Niloticus* (Linnaeus, 1758)] Meat for Preservatives in Cold Storage ($\pm 5\text{ C}^\circ$). *Aquatic Procedia*, 7, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2016.07.003>
- Batista, C. A., Constenla, D., RamirezRigo, M. V., & Pina, J. (2015). The Use of Arabic Gum, Maltodextrin and Surfactants in The Microencapsulation of Phytoesterols by Spray Drying. *Journal of Powder Technology*, 286:193-201.
- Bayrakli, B., & Duyar, H. A. (2020). The Effect of Raw Material Freshness on Fish Oil Quality Produced in Fish Meal and Oil Plant. *Biyoistatistik Anabilim Dalı*, 5(5), 205–211. <https://doi.org/10.35229/jaes.688481>

- Bernadeta, Ardiningsih, P., & Silalahi, I. H. (2022). Penentuan Kondisi Optimum Hidrolisat Protein dari Limbah Ikan Ekor Kuning (*Caesio cuning*) Berdasarkan Karakteristik Organoleptik. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1(1), 26–30.
- BSN. (2006). Cara uji kimia - Bagian 4: Penentuan kadar protein dengan metode total nitrogen pada produk perikanan. *Standar Nasional Indonesia*, 1–16.
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). SNI Hidrolisat Protein Ikan :9295-2024. *Standar Nasional Indonesia*.
- Chiodza, K., & Goosen, N. J. (2023). Influence of mixing speed, solids concentration and enzyme dosage on dry solids yield and protein recovery during enzymatic hydrolysis of sardine (*Sardina pilchardus*) processing by-products using Alcalase 2.4L: a multivariable optimisation approach. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03829-2>
- Ernawati, U. R., Khasanah, L. U., Baskara, D. R., & Anandito, K. (2014). The Effect of Variation Dextrose Equivalent Maltodextrin Values on the Microencapsulant Characteristic of Teak Leaves (*Tectona Grandis* L.f) Natural Dye. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(2), 111–120.
- FAO. (2016). The state of food and agriculture. In *The Eugenic review* (Vol. 59, Issue 2).
- Fawzya, Y. N., Nursatya, S. M., Susilowati, R., & Chasanah, E. (2020). Characteristics of Fish Protein Hydrolysate from Yellowstripe Scad (*Selaroides leptolepis*) Produced by a Local Microbial Protease. *E3S Web of Conferences*, 147. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202014703017>
- Foh MBK, Tamara MT, Amadou I, F., & BM, W. X. (2011). *Chemical and physicochemical properties of tilapia (Oreochromis niloticus) fish protein hydrolysate and concentrate* (pp. 1–15).
- Gbogouri, G. A., Linder, M., Fanni, J., & Parmenter, M. (2004). C : Food Chemistry and Toxicology Influence of Hydrolysis Degree. *Journal of Food Science*, 69g(8), 615–622.
- Haslaniza, H., Maskat, M. Y., Wan Aida, W. M., & Mamot, S. (2010). The effects of enzyme concentration, temperature and incubation time on nitrogen content and degree of hydrolysis of protein precipitate from cockle (*Anadara granosa*) meat wash water. *International Food Research Journal*.
- Hofman, D. L., van Buul, V. J., & Brouns, F. J. P. H. (2016). Nutrition, Health, and Regulatory Aspects of Digestible Maltodextrins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(12), 2091–2100. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.940415>
- Ikape, S. I., & Solomon, S. G. (2018). Filleting Yield, Body Characteristics and Length Weight Relationship of Four Fish Species From Lower River Benue Makurdi Nigeria. *Aquatic Research*, 1(3), 115–126. <https://doi.org/10.3153/ar18013>
- Itano, D., & Gillett, R. (2012). *SmartFish Working Papers No 00X A Review of Bycatch and Discard Issues in Indian Ocean Tuna Fisheries Prepared by. 00*.
- John, J. A., & Ghosh, B. C. (2021). Production of whey protein hydrolyzates and its incorporation into milk. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00055-z>
- José Rinaldi, A. (2023). Simple TCA/acetone protein extraction protocol for proteomics studies. *Protocols*. *io*, October, 8–10. <https://doi.org/10.17504/protocols.io.5jyl8j74dg2w/v1>
- Kang, M.-C., Hill, C., Bray Maynard, Graham, L., & Made, C. (2000). *Methods and Compositions for Peptide Synthesis*. 19, 5399–5403.
- Karunakaran, D., & Balakrishnan, M. (2019). Prediction of Fish Yields in Lakes and Reservoirs from simple Empirical Models using Artificial Neural Network (ANN) : An Review. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 5(1), 88–100. <https://doi.org/10.32628/cseit195110>
- Kazlou, A. Y. (2019). Determination of the concentration (content) of total protein by the Lowry method in the Peterson modification. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., October, 5–24. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30406.83525>
- Koesoemawardani, D., Nurainy, F., & Hidayati, S. (2012). Proses Pembuatan Hidrolisat Protein Ikan Rucah. *Jurnal Natur Indonesia*, 13(3), 256. <https://doi.org/10.31258/jnat.13.3.256-261>
- Kristinsson, H. G., & Rasco, B. A. (2000). Fish protein hydrolysates: Production, biochemical, and functional properties. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 40, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/10408690091189266>
- Kyoung, H., Lee, J. J., Cho, J. H., Choe, J., Kang, J., Lee, H., Liu, Y., Kim, Y., Kim, H. B., & Song, M. (2021). Dietary glutamic acid modulates immune responses and gut health of weaned pigs. *Animals*, 11(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani11020504>
- Lin, D., Sun, L. C., Chen, Y. L., Liu, G. M., Miao, S., & Cao, M. J. (2022). Peptide/protein hydrolysate and their derivatives: Their role as emulsifying agents for enhancement of physical and oxidative stability of emulsions. *Trends in Food Science and Technology*, 129(August), 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.08.012>
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry*, 193(1), 265–275. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(19)52451-6)
- Lozano-Aguirre, M. G., Rodríguez-Miranda, J., Falfán-Cortes, R. N., & Hernández-Santos, B. (2023). Physicochemical and techno-functional properties of mixtures of Michigan bean protein concentrate (*Phaseolus vulgaris* L): maltodextrin. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(2), 1844–1851. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01753-z>
- Luthfiani, L., Ghofar, A., & Purwanti, F. (2018). Komposisi Jenis Ikan Hasil Tangkapan Sampingan (Bycatch) Pukat Dorong Di Tambak Lorok, Semarang. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(3), 288–297. <https://doi.org/10.14710/marj.v7i3.22553>

- Nagata, C., Wada, K., Tamura, T., Kawachi, T., Konishi, K., Tsuji, M., & Nakamura, K. (2015). Dietary intakes of glutamic acid and glycine are associated with stroke mortality in Japanese adults. *Journal of Nutrition*, 145(4), 720–728. <https://doi.org/10.3945/jn.114.201293>
- Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H., & Shahidi, F. (2011). Functionalities and antioxidant properties of protein hydrolysates from the muscle of ornate threadfin bream treated with pepsin from skipjack tuna. *Food Chemistry*, 124(4), 1354–1362.
- Nugraha, B., & Setyadi, B. (2013). Kebijakan Pengelolaan Hasil Tangkapan Sampangan Tuna Longline Di Samudera Hindia. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 5(2), 67–71. <https://doi.org/10.15578/jkpi.5.2.2013.67-71>
- Nurdiani, R., Ramadhan, M., Prihanto, A. A., & Firdaus, M. (2022). Characteristics of Fish Protein Hydrolysate from Mackerel (*Scomber Japonicus*) By-Products. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(1), 75–83. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.1.10>
- Nurhayati, T., Desniar, & Suhandana, M. (2013). Pembuatan pepton secara enzimatis menggunakan bahan baku jeroan ikan tongkol. *Jphpi*, 16(1).
- Nurhayati, T., Salamah, E., & Hidayat, T. (2007). Karakteristik Hidrolisat Protein Ikan Selar (*Caranx Leptolepis*) Yang Diproses Secara Enzimatis. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, 10(1), 23–34.
- Özcan, G., Altun, A., & Özbek, B. F. (1843). *Seasonal and age dependent variations in meat yield of abu mullet (Planiliza abu (Heckel, 1843)) from Orontes River.*
- Özkan, G., & Ersus Bilek, S. (2014). Microencapsulation of Natural Food Colourants. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(3), 145. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140303.13>
- Pedrosa, E., Costa, C., Lobato, L., Mendes, S., & Oliveira, B. (2014). Estudo de Partes Edíveis de Alguns Peixes. *Revista Nutricias*, 20, 20–24.
- Pratiwi, A. N. P., Saputri, G. A. R., & Ulfa, A. M. (2023). Pengaruh Waktu Pengeringan Beku (Freeze Drying) Terhadap Evaluasi Fisik Sediaan Gel Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) dengan Variasi HPMC. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(2), 552–561. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v9i2.351>
- Ramakrishnan, S. R., Jeong, C. R., Park, J. W., Cho, S. S., & Kim, S. J. (2023). A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications. *Heliyon*, 9(3), e14188. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14188>
- Salamah, E., Nurhayati, T., & Widadi, I. R. (2012). Pembuatan dan Karakterisasi Hidrolisat Protein Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Menggunakan Enzim Papain. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 15(1), 9–16.
- Saputra, D., & Nurhayati, T. (2014). Produksi Dan Aplikasi Pepton Ikan Selar Untuk Media Pertumbuhan Bakteri. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 16(3), 215–223. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v16i3.8059>
- Saranga, R., Santoso, H., Arifin, M. Z., Manohas, J., Ondang, H. M. P., Tumanduk, N. M., & Putri, E. T. (2023). *Ikan Selar Indonesia.*
- Silva, C. R., Francisquini, D'Almeida, J., R., S., Carvalho, F., D. A., Oliveira, C., D., & Perrone, L. F. Í. T. (2023). Effect of maltodextrin and inulin addition on the dairy-based powders properties. *Drying Technology*, 42 (4), 612–621. <https://doi.org/10.1080/07373937.2023.2294352>
- Srihari, dkk. (2010). Pada Pembuatan Santan Kelapa Bubuk. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, 4–5.
- Sulistiawati, E., Rochmadi, Hidayat, M., & Budiman, A. (2023). Enhancement of Phycocyanin Extraction from Dry Spirulina platensis Powder by Freezing-Thawing Pre-treatment. *International Journal of Technology*, 14(4), 780–790. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i4.5169>
- Supriyadi, & Rujita, A. S. (2013). Karakteristik Mikrokapsul Minyak Atsiri Lengkuas Dengan Maltodekstrin Sebagai Enkapsulan. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 24(2), 201–208. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.2.201>
- Tadesse, S. A., Emire, S. A., Barea, P., Illera, A. E., Melgosa, R., Beltrán, S., & Sanz, M. T. (2023). Valorisation of low-valued ray-finned fish (*Labeobarbus nedgia*) by enzymatic hydrolysis to obtain fish-discarded protein hydrolysates as functional foods. *Food and Bioprocess Processing*, 141, 167–184. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2023.08.003>
- Valchkov, A., Loginovska, K., Doneva, M., Ninova-Nikolova, N., & Metodieva, P. (2023). Comparative analysis of the degree of hydrolysis and antioxidant activity of milk and whey hydrolysates. *BIO Web of Conferences*, 58, 1–7. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235801002>
- Waluyo, W., Permadi, A., Salampessy, R. B. S., Gumilang, A. P., Sri Utami, D. A., & Dharmayanti, N. (2022). Optimalisasi Rendemen Ikan Tuna (*Thunnus Sp.*) Loin Beku Dengan Metode Kaizen di PT. X-Jakarta Utara. *Barakuda 45: Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 4(1), 52–64. <https://doi.org/10.47685/barakuda45.v4i1.222>
- Wang, J., Wang, T., Yu, G., Li, X., Liu, H., Liu, T., & Zhu, J. (2022). Effect of enzymatic hydrolysis on the physicochemical and emulsification properties of rice bran albumin and globulin fractions. *Lwt*, 156(December 2021), 113005. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113005>
- Wijayanti, I., Romadhon, R., & Rianingsih, L. (2016). Karakteristik Hidrolisat Protein Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) Dengan Konsentrasi Enzim Bromelin yang Berbeda. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 11(2), 129. <https://doi.org/10.14710/ijfst.11.2.129-133>
- Yathisha, U. G., Vaidya, S., & Sheshappa, M. B. (2022). Functional Properties of Protein Hydrolyzate from Ribbon Fish (*Lepturacanthus Savala*) as Prepared by Enzymatic hydrolysis. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 187–203. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2027964>

- Yuniarti, T., Arrahmi, N. Y., Dharmayanti, N., Sugiwati, S., Mulyono, M., Hidayat, T., Martosuyono, P., Maulani, A., & Alghany, A. (2024). Karakteristik Fisikokimia dan Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Kakap (*Lutjanus* sp.) Skala Pilot. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 19(1), 61. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v19i1.985>
- Zhu, Y., Li, T., Da Silva, S. R., Lee, J. J., Lu, C., Eoh, H., Jung, J. U., & Gao, S. J. (2017). A critical role of glutamine and asparagine γ -Nitrogen in nucleotide biosynthesis in cancer cells hijacked by an oncogenic virus. *MBio*, 8(4). <https://doi.org/10.1128/mBio.01179-17>
- Zugarramurdi, A. (2016). Effect of Raw Material Quality on Quality and Yield of Dried Fish Products. *International Journal of Food Processing Technology*, 3(2), 54–61. <https://doi.org/10.15379/2408-9826.2016.03.02.04>
- Zulkipli, A. S., & Salleh, R. M. (2021). Flavour Improvement of Protein Hydrolysates Derived from Cephalopods Byproducts Using Maillard Reaction: A Short Review. *ASM Science Journal*, 15, 1–13. <https://doi.org/10.32802/ASMSCJ.2021.694>