

Analisis Aktivitas Enzim Tripsin dari *Pyloric Caeca* serta Kandungan Nutrisi Ikan Sebelah (*Pseudorhombus* sp.) dan Kakap Merah (*Lutjanus campechanus*, Poey 1860)

*Analysis of Trypsin Activity from the Pyloric Caeca and Nutritional Composition of Flatfish (*Pseudorhombus* sp.) and Red Snapper (*Lutjanus campechanus*, Poey 1860)*

Rahma Dini Arbajayanti^{1*}, Tati Nurhayati², Mala Nurilmala³, Putinur⁴, Febrina Rolin⁵

¹ Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi. Jl. Jambi – Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi

^{2,3} Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Jalan Agatis, Kampus Institut Pertanian Bogor Dramaga 16680 Bogor.

^{4,5} Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi. Jl. Jambi – Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi

^{*}Penulis untuk korespondensi : rahmadini@unja.ac.id

ABSTRACT

Trypsin is a proteolytic enzyme that plays a crucial role in protein digestion in fish. This study investigates the trypsin activity from the pyloric caeca of two fish species, flounder (*Pseudorhombus* sp.) and red snapper (*Lutjanus* sp.), and explores its relationship with the chemical composition and amino acid content of fish muscle. Crude enzyme extracts were analyzed for specific trypsin activity, while proximate composition was determined through measurements of protein, fat, moisture, ash, and carbohydrate content. Amino acid profiles were also evaluated to identify essential and non-essential amino acids in both species. Results showed that flounder had higher levels of protein ($20.74 \pm 0.46\%$) and ash ($1.58 \pm 0.13\%$) compared to red snapper, while its fat ($0.45 \pm 0.24\%$), moisture ($76.54 \pm 0.44\%$), and carbohydrate ($0.69 \pm 0.13\%$) contents were lower. Glutamic acid was the dominant non-essential amino acid in both species, with a higher concentration in flounder. Lysine was the most abundant essential amino acid in flounder (18.52 ± 2.12 mg/g), whereas histidine had the lowest concentration (5.58 ± 0.60 mg/g). The specific activity of trypsin was higher in red snapper (0.8240 U/mg) than in flounder (0.1127 U/mg), although both were lower than the trypsin activity reported in several other fish species. This study provides valuable insights into the enzymatic properties of trypsin and the nutritional composition of flounder and red snapper, highlighting their potential as sources of functional biomolecules for industrial applications.

Keywords : amino acid, N-a-benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide, protein, proximate

ABSTRAK

Enzim tripsin adalah salah satu enzim protease yang berperan penting dalam proses pencernaan protein pada ikan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tripsin dari pyloric caeca memiliki aktivitas yang tinggi dan dapat menjadi sumber enzim alternatif bagi berbagai keperluan industri. Ikan sebelah (*Pseudorhombus* sp.) dan ikan kakap (*Lutjanus* sp.) merupakan dua jenis ikan yang menarik untuk dikaji dalam studi enzim tripsin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aktivitas ekstrak kasar enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah, serta hubungannya dengan komposisi kimia dan kandungan asam amino daging ikan. Aktivitas enzim tripsin dianalisis berdasarkan aktivitas spesifiknya, sementara komposisi kimia ditentukan melalui kadar protein, lemak, air, abu, dan karbohidrat. Kandungan asam amino dianalisis untuk mengetahui profil asam amino esensial dan non-esensial pada kedua jenis ikan.

*Arbajayanti, R.D., et al. : Analisis Aktivitas Enzim Tripsin dari Pyloric Caeca serta Kandungan Nutrisi Ikan Sebelah (*Pseudorhombus* sp.) dan Kakap Merah (*Lutjanus campechanus*, Poey 1860)*

Hasil analisis komposisi kimia menunjukkan bahwa ikan sebelah memiliki kadar protein ($20,74 \pm 0,46\%$) dan abu ($1,58 \pm 0,13\%$) yang lebih tinggi dibandingkan kakap merah, sedangkan kadar lemak ($0,45 \pm 0,24\%$), kadar air ($76,54 \pm 0,44\%$), dan karbohidrat ($0,69 \pm 0,13\%$) lebih rendah. Analisis asam amino menunjukkan bahwa asam glutamat merupakan komponen asam amino non-esensial yang paling dominan pada kedua spesies, dengan kadar lebih tinggi pada ikan sebelah. Lisin menjadi asam amino esensial tertinggi pada ikan sebelah ($18,52 \pm 2,12$ mg/g), sementara histidin memiliki kadar terendah ($5,58 \pm 0,60$ mg/g). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas spesifik enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan kakap merah lebih tinggi ($0,8240$ U/mg) dibandingkan ikan sebelah ($0,1127$ U/mg), namun lebih rendah dibandingkan beberapa spesies ikan lain yang memiliki aktivitas tripsin lebih optimal. Hasil penelitian ini memberikan wawasan tentang karakteristik enzim tripsin, komposisi kimia, dan kandungan asam amino dari ikan sebelah dan kakap merah.

Kata kunci : asam amino, N-a-benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide, proksimat, protein.

PENDAHULUAN

Tripsin merupakan enzim protease yang memiliki peran penting dalam mencerna protein pada ikan. Enzim ini menguraikan polipeptida menjadi peptida yang lebih kecil agar lebih mudah diserap oleh tubuh. Tripsin dihasilkan terutama di pankreas dan dilepaskan ke usus untuk membantu proses pencernaan protein (Klomklao *et al.*, 2006). Studi mengenai enzim tripsin dari ikan semakin berkembang karena potensinya dalam berbagai aplikasi, seperti dalam industri pangan, farmasi, dan pakan ternak (Kristinsson dan Rasco, 2000; Cruz *et al.*, 2018; Sripokar *et al.*, 2018).

Beberapa jenis ikan telah diteliti sebagai sumber enzim tripsin, diantaranya tripsin dari jeroan bandeng (Silaban *et al.*, 2025), usus ikan tuna sirip kuning dan usus kakap merah (Arbajaynti *et al.*, 2021), usus tongkol (Lihuana *et al.*, 2019), usus cakalang (Klomklao *et al.*, 2009), usus *grey trigger fish* (Jellouli *et al.*, 2009). *Pyloric caeca* merupakan salah satu organ pencernaan pada ikan yang berperan dalam sekresi enzim, termasuk tripsin. Organ ini ditemukan di dekat lambung dan berfungsi meningkatkan luas permukaan penyerapan serta membantu proses pencernaan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tripsin dari *pyloric caeca* memiliki aktivitas yang tinggi diantaranya enzim tripsin dari *pyloric caeca brownstrip red snapper* (Khantaphant dan Benjakul 2010), *pyloric caeca bigeye snapper* (Van Hau dan Benjakul, 2006), *pyloric caeca S. Schlegelii*, *Aluterus monoceros*, *Theragra chalcogramma*, *Cololabis saira*, dan *Epinephelus coioides*

(Kishimura *et al.*, 2007; Zamania dan Benjakul *et al.*, 2015; Kishimura *et al.*, 2008; Klomklao *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2012). Studi lebih lanjut mengenai karakteristik tripsin dari organ ini penting untuk memahami efektivitasnya dalam berbagai kondisi lingkungan.

Ikan sebelah (*Pseudorhombus* sp.) dan ikan kakap (*Lutjanus* sp.) merupakan dua jenis ikan yang menarik untuk dikaji dalam studi enzim tripsin. Ikan sebelah adalah ikan demersal yang hidup di dasar laut dan memiliki sistem pencernaan yang beradaptasi dengan pola makannya (Valente *et al.*, 2004). Sementara itu, ikan kakap merupakan salah satu ikan ekonomis penting dengan sistem pencernaan yang efisien, menjadikannya objek penelitian dalam studi enzim tripsin. Tripsin yang diisolasi dari ikan kakap telah dikaji dalam berbagai aspek, termasuk stabilitas enzim terhadap pH dan suhu, serta potensinya dalam industri pengolahan makanan dan pembuatan peptida bioaktif (Khantaphant dan Benjakul, 2010).

Penelitian mengenai enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan ikan kakap, memiliki peran penting dalam memahami hubungannya dengan komposisi kimia dan kandungan asam amino daging ikan. Enzim tripsin berperan dalam proses pemecahan protein, yang memengaruhi profil asam amino serta nilai gizi daging ikan. Meningkatnya kebutuhan akan enzim alami menyebabkan eksplorasi sumber tripsin dari ikan menjadi semakin relevan. Pemahaman lebih lanjut mengenai aktivitas tripsin dapat memberikan wawasan mengenai proses biokimia yang terjadi selama metabolisme

protein, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap optimalisasi pemanfaatan ikan dalam industri pangan, farmasi, dan pakan ternak. Penelitian ini bertujuan menganalisis aktivitas enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah serta hubungannya dengan komposisi kimia dan kandungan asam amino daging ikan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku utama dalam penelitian ini yaitu ikan sebelah (*Pseudorhombus* sp.) yang ditangkap dari perairan Pelabuhan Ratu dan kakap merah (*Lutjanus campechanus*) yang ditangkap perairan Kalimantan. Beberapa bahan kimia yang digunakan meliputi *N*-benzoyl-DL-arginine-*p*-nitroanilidine (BAPNA) sebagai substrat. *Ethane-1,2-diyldinitrilo tetraacetic acid* (EDTA) (Titriplex III) dari Merck (Jerman), *Bovine Serum Albumin* (BSA) dari AppliChem (Jerman), Dimetil sulfoksida (DMSO), asam asetat, larutan pewarna *coomassie brilliant blue* (CBB) R-250 dari Bio-Rad Laboratories (AS), dan nitrogen cair. Peralatan yang digunakan untuk preparasi sampel dan ekstraksi enzim meliputi sentrifugator (Frontier™ 5718R, USA), spektrofotometer (Spectro UV-VIS 2500, Jerman), serta peralatan gelas (Pyrex).

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian yang dilakukan oleh Arbajayanti *et al.*, (2021). Penelitian ini dilakukan dengan memisahkan bagian daging dan *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah. Daging ikan selanjutnya dianalisis proksimat dan komposisi asam amino. Bagian *pyloric caeca* digunakan untuk ekstraksi enzim tripsin.

Ekstraksi Enzim Tripsin

Enzim tripsin diperoleh dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah melalui proses ekstraksi. Metode yang digunakan didasarkan pada prosedur Khantaphant dan Benjakul (2008) dengan modifikasi. *Pyloric caeca* ditimbang (bobot total) dan dipotong ($\pm 1-1,5$ cm), kemudian dibekukan menggunakan nitrogen cair dan dihaluskan dengan mortar. Selanjutnya, sampel dicampur dengan larutan

buffer [50 mM Tris–asam klorida (Tris-HCl), 10 mM kalsium klorida (CaCl_2), pH 8,0] dalam rasio 1:4 (b/v). Campuran ini kemudian diaduk selama kurang lebih 5 menit pada suhu 4°C sebelum disentrifugasi pada kecepatan 9.500 g selama 30 menit pada suhu yang sama. Volume total supernatan yang diperoleh merupakan volume total ekstrak kasar enzim tripsin. Supernatan dapat disimpan dalam kondisi beku (-40°C) sebelum dilakukan pengujian selanjutnya (pengukuran aktivitas enzim dan kadar protein).

Analisis Proksimat Daging

Analisis proksimat bertujuan menentukan komposisi kimia pada daging ikan. Prosedur analisis ini mengacu pada standar SNI 01-2891-1992 tentang Cara Uji Makanan dan Minuman (BSN, 1992). Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, protein, abu, lemak, serta karbohidrat yang dihitung dengan metode *by difference*.

Analisis Komposisi Asam Amino Daging

Analisis kandungan asam amino dilakukan menggunakan metode *Ultra Performance Liquid Chromatography* (UPLC) mengacu pada prosedur dari Nollet (1996). Sampel yang dianalisis berupa daging ikan. Proses analisis asam amino terdiri dari dua tahap utama, yakni tahap pembuatan larutan sampel dan tahap penyusunan larutan standar. Kadar asam amino dalam bahan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar asam amino} = \left(\frac{\text{Luas area sampel}}{\text{Luas area standar}} \right) \times \frac{C \times BM \times FP \times 103}{\text{Berat sampel (g)}}$$

Keterangan :

C = Konsentrasi standar asam amino

BM = Bobot molekul masing-masing asam amino

FP = Faktor pengenceran

Analisis Aktivitas Enzim Tripsin

Pengukuran aktivitas enzim dilakukan berdasarkan modifikasi metode Silva *et al.*, (2011), menggunakan *N*-benzoyl-DL-arginine-*p*-nitroanilide (BAPNA) sebagai substrat spesifik untuk enzim tripsin. Substrat

disiapkan dengan melarutkan 0,0435 g BAPNA dalam 1 mL DMSO, lalu larutan ini diencerkan menggunakan buffer Tris-HCl 0,05 M yang mengandung $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,02 M hingga mencapai volume 100 mL. Uji aktivitas dilakukan dengan mencampurkan 0,05 mL ekstrak sampel ke dalam 2,5 mL larutan substrat BAPNA, kemudian diinkubasi selama 10 menit pada suhu 37°C. Setelah itu, ditambahkan 1 mL larutan asam asetat 30% dan campuran diinkubasi kembali selama 10 menit pada suhu yang sama. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

$$\text{Aktivitas enzim (U/mL)} = \frac{(A - A_0) \times V_t \times 1000}{8.800 \times T \times V_1}$$

Keterangan :

A = Absorbansi sampel
 A₀ = Absorbansi blanko
 T = Waktu inkubasi (menit)
 V_t = Volume total (ml)
 V₁ = Volume enzim yang direaksikan (ml)
 8.800 = Koefisien p-nitroalanin

Aktivitas total enzim (U) merupakan total aktivitas enzim (U/mL) dalam volume total enzim (mL). Aktivitas total enzim dapat ditentukan menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{Aktivitas total (U)} = \text{Aktivitas enzim (U/mL)} \times \text{Volume enzim (mL)}$$

Aktivitas spesifik enzim (U/mg) merupakan total aktivitas enzim (U) dalam setiap 1 mg protein. Aktivitas spesifik enzim dapat ditentukan menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{Aktivitas spesifik (U/mg)} = \frac{\text{Aktivitas enzim (U/mL)}}{\text{Kadar Protein (mg/mL)}}$$

Penentuan Kadar Protein

Penetapan konsentrasi protein enzim dilakukan berdasarkan metode Bradford (1976), dengan *Bovine Serum Albumin* (BSA) sebagai standar. Pengukuran absorbansi sampel menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm.

$$\text{Kadar protein (mg/mL)} = \frac{A_s - A_b}{\text{Kurva Standar}}$$

Keterangan :

A_s = Absorbansi sampel
 A_b = Absorbansi blanko

Total protein merupakan jumlah protein (mg) yang terlarut dalam volume total enzim (mL). Total protein dapat ditentukan menggunakan perhitungan berikut:

$$\text{Total Protein (mg)} = \text{Kadar protein (mg/mL)} \times \text{Volume enzim (mL)}$$

Analisis Data

Data disajikan secara deskriptif dan dianalisis dalam bentuk nilai rata-rata menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Daging Ikan

Analisis komposisi kimia daging ikan sebelah dan kakap merah dapat dilihat pada Tabel 1. Parameter kimia yang dianalisis meliputi protein, abu, lemak, air, dan karbohidrat. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan komposisi kimia daging ikan sebelah dengan kakap merah dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arbajayanti et al., (2021). Berdasarkan analisis komposisi kimia diketahui bahwa kadar protein ikan sebelah ($20,74 \pm 0,46$ %) lebih tinggi dari kakap merah ($19,49 \pm 0,39$ %). Begitu juga dengan kadar abu ikan sebelah ($1,58 \pm 0,13$ %) lebih tinggi dibandingkan kakap merah ($1,09 \pm 0,04$ %). Komposisi tersebut juga lebih tinggi dibandingkan dengan ikan sebelah *Pleuronectes platessa* (protein $16,6 \pm 1,5$ %; abu $0,9 \pm 0,1$ %), *Limanda aspera* (protein $16,0 \pm 0,5$ %; abu $1,0 \pm 0,1$ %), *Lepidopsetta bilineata* (protein $20,6 \pm 0,6$ %; abu $1,1 \pm 0,1$ %), *Lepidopsetta polyxystra* (protein $17,7 \pm 1,5$ %; abu $1,5 \pm 0,1$ %), *Atheresthes stomias* (protein $17,7 \pm 0,2$ %; abu $1,1 \pm 0,3$ %) (Karl et al., 2013).

Ikan sebelah memiliki kadar lemak, kadar air dan karbohidrat yang lebih rendah dibandingkan kakap merah. Komposisi tersebut juga lebih rendah dibandingkan dengan ikan sebelah *Pleuronectes platessa* (lemak $0,8 \pm 0,3$ %; air $81,7 \pm 1,5$ %), *Limanda aspera* (lemak $1,2 \pm 0,2$ %; air $82,1 \pm 0,6$ %), *Lepidopsetta bilineata* (lemak $1,0 \pm 0,1$ %; air

78,1 ± 1,5 %), *Lepidopsetta polyxystra* (lemak 1,0 ± 0,4 %; air 80,0 ± 1,7 %), *Atheresthes stomias* (lemak 4,3 ± 1,8 %; air 78,7 ± 1,7 %) (Karl *et al.*, 2013).

Ikan sebelah dan kakap merah memiliki perbedaan komposisi kimia. Januarita *et al.*, (2022) menjelaskan bahwa komposisi kimia ikan sangat beragam dan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal yang memengaruhi komposisi nutrisi ikan meliputi jenis kelamin, usia, dan tahap reproduksi, sementara faktor eksternal dipengaruhi oleh lingkungan atau habitat ikan, kualitas air, dan ketersediaan jumlah serta jenis pakan alami di habitatnya.

Tabel 1. Komposisi kimia daging ikan sebelah dan kakap merah

Parameter (%)	Sampel	
	Ikan sebelah	Kakap merah*
Protein	20,74±0,46	19,49±0,39
Abu	1,58±0,13	1,09±0,04
Lemak	0,45±0,24	0,52±0,21
Air	76,54±0,44	78,17±0,75
Karbohidrat	0,69±0,13	0,72±0,30

*Arbajayanti *et al.*, (2021).

Komponen Asam Amino Daging Ikan

Daging ikan mengandung berbagai jenis asam amino yang penting bagi tubuh. Asam amino dalam daging ikan sebelah dan kakap merah telah dianalisis untuk mengetahui komposisinya. Analisis ini mencakup asam amino esensial seperti histidina, treonina, leusina, lisina, valina, isoleusina, dan fenilalanina. Selain itu, ditemukan juga asam amino non-esensial, yaitu prolina, tirosina, glisina, arginina, alanina, asam aspartat, asam glutamat, dan serina. Hasil analisis asam amino daging ikan sebelah disajikan pada Tabel 2.

Komponen asam amino yang dominan pada ikan sebelah dan kakap merah adalah asam glutamat. Komponen asam amino non esensial tertinggi pada ikan sebelah adalah asam glutamat yakni sebesar 31,16 ± 1,88 mg/g dan lebih tinggi dibandingkan dengan kakap merah (27,63 ± 1,49 mg/g). Hal ini sesuai dengan Adeyeye (2014) melaporkan asam glutamat sebagai asam amino non esensial yang paling

dominan pada *A. monroviae* dan *L. goreensis* dan asam amino triptofan yang terendah. Karl *et al.*, (2013) melaporkan asam amino non esensial yang paling dominan pada ikan jenis *Alaska flatfish* (*Lepidopsetta bilineata*, *Lepidopsetta polyxystra*) dan *Pleuronectes platessa* adalah glisin dan alanin. Prolin merupakan komponen asam amino non esensial terendah pada ikan sebelah dan tirosin pada kakap merah.

Tabel 2. Komponen asam amino daging ikan sebelah dan kakap merah

Asam Amino	Komponen Asam Amino (mg/g)	
	Ikan Sebelah	Kakap Merah*
Asam Amino Non Essensial		
Asam		
Glutamat	31,16±1,88	27,63±1,49
Serin	9,65±0,79	8,37±0,80
Prolin	6,81±0,32	7,78±0,04
Tirosin	8,12±0,87	6,61±1,34
Asam		
Aspartat	18,58±1,63	16,67±1,52
Glisin	10,48±1,75	12,71±0,13
Arginin	13,39±1,14	13,14±0,40
Alanin	11,63±0,19	12,10±2,37
Asam Amino Essensial		
Histidin	5,58±0,60	4,64±1,18
Treonin	11,44±0,88	9,99±1,38
Leusin	17,27±0,38	14,48±1,50
Lisin	18,52±2,12	15,50±1,52
Valin	10,44±0,03	9,08±0,74
Isoleusin	9,61±0,12	8,19±1,04
Fenilalanin	10,31±1,13	9,12±2,47

*Arbajayanti *et al.*, (2021).

Asam amino lisin dengan nilai 18,52 ± 2,12 mg/g merupakan asam amino esensial tertinggi pada ikan sebelah. Asam amino esensial terendah yaitu histidin 5,58 ± 0,60 mg/g. Karl *et al.*, (2013) melaporkan asam amino seperti asparagin, asam aspartat, valin, fenilalanin, metionin, isoleusin, dan tirosin tidak terdeteksi dalam sampel *Alaska flatfish* atau hanya ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil. Adeyeye (2014) melaporkan lisin dan asam aspartat sebagai asam amino esensial paling dominan pada *A. monroviae* dan *L. goreensis* dan histidin sebagai asam amino esensial terendah.

Protein merupakan komponen organik utama pada jaringan tubuh ikan, komposisi berkisar antara 65-75% dari total bobot kering (*dry-weight basis*). Ikan menghasilkan asam amino dengan mengonsumsi protein dari sumber makanannya. Protein dicerna/hidrolisis dan dilepaskan dalam bentuk asam amino bebas yang diserap dari saluran pencernaan dan didistribusikan melalui darah ke jaringan dan organ tubuh.

Asam amino digunakan oleh berbagai jaringan tubuh untuk menghasilkan protein baru. Ikan membutuhkan protein atau asam amino secara teratur. Senyawa ini terus-menerus diperlukan untuk sintesis protein selama pertumbuhan dan reproduksi, atau untuk penggantian protein yang ada di dalam tubuh. Jika sumber protein nutrisi ikan tidak mencukupi, pertumbuhan dan penambahan beratnya akan menurun karena tubuh ikan akan mulai memecah jaringan yang kurang vital untuk mempertahankan fungsi tubuh yang penting. Di sisi lain, jika protein diberikan terlalu melimpah, hanya sebagian yang akan digunakan untuk sintesis protein, sisanya akan diubah menjadi energi.

Ikan memiliki kebutuhan protein berkisar 30-60% dari makanannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein pada ikan antara lain ukuran, umur dan habitat dari ikan tersebut. Jayasinghe *et al.*, (2018) menjelaskan bahwa asam amino pada ikan dipengaruhi oleh kandungan protein, yang dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti habitat, kualitas perairan, serta ketersediaan pakan atau plankton. Kehadiran senyawa toksik juga berperan besar dalam menurunkan kadar protein pada hewan air, di samping faktor lain seperti spesies dan jenis kelamin ikan. Hussain *et al.*, (2018) menjelaskan bahwa kandungan asam amino esensial pada ikan cenderung berkurang di lingkungan perairan yang terkontaminasi, terutama akibat aktivitas manusia. Sementara itu, menurut Hussain *et al.*, (2016), keberadaan logam berat dapat mengganggu proses penyerapan asam amino esensial seperti metionin dan lisin. Lisin sendiri merupakan salah satu asam amino esensial pembatas yang umum ditemukan

pada berbagai sumber protein dalam pakan ikan.

Aktivitas Ekstrak Kasar Enzim Tripsin dari *Pyloric caeca* Ikan Sebelah dan Kakap Merah

Aktivitas enzim tripsin dianalisis menggunakan ekstrak kasar yang diisolasi dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil diperoleh volume ekstrak kasar enzim dari *pyloric caeca* ikan sebelah sebesar 10,6667 mL dan kakap merah 21,3333 mL. Perbedaan volume enzim sangat dipengaruhi oleh bobot dari *pyloric caeca* dan metode ekstraksi enzim. Ekstrak kasar enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan sebelah memiliki aktivitas spesifik (0,1127 U/mg) yang lebih rendah bila dibandingkan dengan dan kakap merah (0,8240 U/mg). Aktivitas spesifik enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan kakap lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas spesifik enzim trisin dari *pyloric caeca S. schlegelii* (0,8 U/mg); *Aluterus monoceros* (0,23 U/mg), *Theragra chalcogramma* (0,6 U/mg), *Cololabis saira* (0,15 U/mg), dan *Epinephelus coioides* (0,27 U/mg) (Kishimura *et al.*, 2007; Zamania dan Benjaku *et al.*, 2015; Kishimura *et al.*, 2008; Klomklao *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2012). Secara umum aktivitas spesifik enzim tripsin dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah lebih rendah bila dibandingkan dengan aktivitas enzim tripsin dari *pyloric caeca Lutjanus vitta* (21,94 U/mg), *Lates calcarifer* (20,08 U/mg), *Lupbiosilurus alexandri* (2,09 U/mg), *Caranx hippos* (0,9 U/mg), *A. alcomis* (1,1 U/mg) (Patil *et al.*, 2023; Patil dan Benjakul 2019; Santos *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2013; Khantaphant dan Benjakul 2010; Kishimura *et al.*, 2007).

Patil *et al.*, (2023) menjelaskan perbedaan kandungan tripsin dari berbagai spesies ikan dapat disebabkan dari banyak faktor diantaranya perbedaan genetik, organ yang digunakan, degradasi autolitik, iklim dan habitat yang berbeda. Peningkatan aktivitas protease pencernaan dalam saluran pencernaan ikan yang diberi makan dengan *Dough-based Ecological Aquaculture Application* (DEAA), bersamaan dengan perbaikan arsitektur vili usus dan peningkatan produksi

glikoprotein, yang menunjukkan peningkatan penyerapan nutrisi. Hasil ini didukung oleh penelitian Morales *et al.*, (2017), yang menunjukkan aktivitas enzim proteolitik yang lebih besar, serta peningkatan penyerapan dengan adanya asam amino bebas dalam pakan dan babi.

Peningkatan aktivitas enzim pencernaan dalam saluran pencernaan berkontribusi lebih besar terhadap proses pencernaan, dan akibatnya, meningkatkan pemanfaatan makanan (Murashita *et al.*, 2018). Protease adalah enzim yang bertanggung jawab untuk mencerna protein, di mana asam amino yang dihasilkan akan dikonversi menjadi massa

tubuh ikan. Protein merupakan komponen organik utama dalam tubuh ikan, menyumbang sekitar 65 – 75% dari total bahan kering tubuh dan berhubungan dengan pertumbuhan serta hasil panen ikan (Nunes *et al.*, 2013).

Stimulasi produksi enzim oleh adanya makanan tertentu dikaitkan dengan produksi dan modulasi ekspresi genetik di hepatopankreas (Honorato *et al.*, 2010). Pemanfaatan protein yang optimal sangat penting dalam nutrisi ikan dan sangat bergantung pada aktivitas protease serta peningkatan aktivitas protease alkali (Ota *et al.*, 2019).

Tabel 3. Ekstrak kasar tripsin dari *Pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah

Sampel	Volume Enzim (mL)	Protein (mg/mL)	Aktivitas Enzim (U/mL)	Aktivitas Total (U)	Protein Total (mg)	Aktivitas spesifik (U/mg)
Ikan sebelah	10,6667	0,0370	0,3944	0,0042	0,0445	0,1127
Kakap merah	21,3333	0,1209	2,5796	0,0996	2,1257	0,8240

KESIMPULAN

Enzim tripsin yang diisolasi dari *pyloric caeca* ikan sebelah dan kakap merah. merah memiliki aktivitas spesifik yang berbeda. Aktivitas spesifik tripsin dari ikan kakap merah lebih tinggi dibandingkan ikan sebelah. Analisis komposisi kimia daging menunjukkan bahwa ikan sebelah memiliki kadar protein dan abu yang lebih tinggi dibandingkan kakap merah, sedangkan kadar lemak, kadar air, dan karbohidratnya lebih rendah. Asam glutamat merupakan asam amino non-esensial yang paling mendominasi pada kedua spesies ikan, dengan konsentrasi lebih tinggi terdeteksi pada ikan sebelah. Sementara itu, lisina merupakan asam amino esensial dengan konsentrasi tertinggi pada ikan sebelah, sedangkan histidina memiliki kadar terendah. Perbedaan komposisi asam amino ini berkontribusi terhadap kualitas gizi dan potensi pemanfaatan ikan sebelah dan kakap merah dalam industri pangan serta sektor lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbajayanti, R.D., Nurhayati, T., Nurilmala, M. 2021. Komponen asam amino dan aktivitas enzim tripsin dari usus tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*, Bonnaterre 1788) dan kakap merah (*Lutjanus campechanus*, Poey 1860). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 24 (1): 97 - 106.
- Costa, H.M.S., Júnior, A.C.V.F., Amaral, I.P.G., Hirata, I.Y., Paiva, P.M.G., Carvalho, Jr.L.B., Oliveira, V., Bezerra, R.S. 2013. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. *Chemistry Central Journal*. 7 (166): 1 - 8.
- Cruz KJ, Álvarez González CA, Peña E, Morales Contreras JA, dan Ávila Fernández Á. 2018. Fish trypsins: potential applications in biomedicine and prospects for production. *Biotech*, 8 (186).

- Hussain, B., Sultana, T., Sultana, S., Ahmed, Z., Mahboob, S. 2018. Study on impact of habitat degradation on proximate composition and amino acid profile of Indian major carps from different habitats. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 25 (4): 755 – 759.
- Hussain, B., Sultana, T., Sultana, S., Mahboob, S., Farooq, M., Al-Ghanim, K., Nadeem, S. 2016. First report on fish cysteine as a biomarker of contamination in the River Chenab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*. 23 (15): 15495 – 15503.
- Januarita, J. V., Ishartani, D., Setiaboma, W., dan Kristanti, D. 2022. Nilai gizi dan profil asam amino ikan etong (*Abalistes stellaris*) dan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). *Agrointek*, 16 (2): 206 – 213.
- Jayasinghe, G.D.T.M., Jinadasa, B.K.K.K., Kithiri, H.M.P. 2018. Determination of the amino acids and fatty acids composition of Blubberlip snapper (*Lutjanus rivulatus*). *Open Science Journal of Analytical Chemistry*. 3 (2): 23 – 27.
- Jellouli, K., Bougatef, A., Daassi, D., Balti, R., Barkia, A., Nasri, M. 2009. New alkaline trypsin from the intestine of Grey triggerfish (*Balistes caprisacus*) with high activity at low temperature: Purification and characterisation. *Food Chemistry*. 116 (3): 644 – 650.
- Karl, H., Manthey-Karl, M., Ostermeyer, U., Lehmann, I., dan Wagner, H. 2013. Nutritional composition and sensory attributes of Alaskan flatfishes compared to plaice (*Pleuronectes platessa*). *International Journal of Food Science and Technology*. 48: 962 – 971.
- Khantaphant, S., Benjakul, S. 2010. Purification and characterization of trypsin from the pyloric caeca of brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). *Food Chemistry*. 120 (3): 658–664.
- Khantaphant, S., Benjakul, S. 2010. Purification and characterization of trypsin from the pyloric caeca of brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). *Food Chemistry*. 120 (3): 658 - 664.
- Kishimura, H., Klomklao, S., Benjakul, S., Chun, B-S. 2008. Characteristics of trypsin from the pyloric ceca of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Food Chemistry*. 106 : 194 – 199.
- Kishimura, H., Tokuda, Y., Yabe, M., Klomklao, S., Benjakul, S., Ando, S. 2016. Trypsins from the pyloric ceca of jacobever (*Sebastes schlegelii*) and elkhorn sculpin (*Alcichthys alcicornis*): Isolation and characterization. *Food Chemistry*. 2007: 1490 – 1495.
- Klomklao, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kishimura, H., Simpson, B.K., Saeiki, H. 2006. Trypsins from yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) spleen: Purification and characterization. *Comparative Biochemistry and Physiology*. B (144): 47 – 56.
- Klomklao, S., Kishimura, H., Benjakul, S. 2014. Anionic trypsin from the pyloric ceca of Pacific saury (*Cololabis saira*): purification and biochemical characteristics. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 23 : 186 – 200.
- Kristinsson, H.G., dan Rasco, B.A. 2000. Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 (3): 657 - 666.
- Lihuana, D.N. 2019. Ekstraksi Dan Karakterisasi Enzim Tripsin Dari Usus Ikan Tongkol. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Liu, C.H., Shiu, Y.L., Hsu, J.L. 2012. Purification and characterization of trypsin from the pyloric ceca of orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. *Fish Physiol Biochem*. 38 : 837 - 848.
- Patil, U., Benjakul, S. 2019. Comparative study on extraction of virgin coconut oil with the aid of partially purified protease from seabass pyloric caeca and commercial trypsin. *Journal of food biochemistry*. 1 - 9.

- Patil, U., Baloch, K.A., Nile, S.H., Kim, J.T., Benjakul, S. 2023. Trypsin from pyloric caeca of asian seabass: purification, characterization, and its use in the hydrolysis of acid- soluble collagen. *Foods*. 12 (15): 2937.
- Santos, C. W. V. dos, Marques, M. E. da C., Tenório, H. de A., Miranda, E. C. de, and Pereira, H. J. V. 2016. Purification and characterization of trypsin from *Luphiosilurus alexandri* pyloric cecum. *Biochemistry and Biophysics Reports*. 8 (2016): 29 - 33.
- Silaban, R., Nurhayati, T., Abdullah, A. 2025. Ekstraksi dan karakterisasi enzim tripsin dari jeroan ikan bandeng (*Chanos chanos*) hasil purifikasi parsial. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 28 (1) : 24 - 37.
- Sripokar, P., Benjakul, S., Klomklao, S. 2018. Antioxidant and functional properties of protein hydrolysates obtained from starry triggerfish muscle using trypsin from albacore tuna liver. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 17 : 447 - 454.
- Van Hau, P., and Benjakul, S. 2006. Purification and characterization of trypsin from pyloric caeca of bigeye snapper (*Pracanthus macracanthus*). *Journal of Food Biochemistry*. 30 (4): 478 - 495.
- Zamania, A., and Benjakul S. 2015. Trypsin from unicorn leatherjacket (*Aluterus monoceros*) pyloric caeca: purification and its use for preparation of fish protein hydrolysate with antioxidative activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 96 : 962 – 969.