



Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime



Alamat Jurnal: <https://ejournal.upi.edu/index.php/kemaritiman>

PENGGUNAAN PAPAIN UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS DAN EFEKTIVITAS PAKAN IKAN

Tito Aria Nugraha^{1*}, Dhanar Syahrizal Akhmad¹, Lady Ayu Sri Wijayanti², Mukhlisnah Djali³

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji. Jl. Raya Dompok, Tanjungpinang, Kepulauan Riau 29111, Indonesia.

²Program Studi Perikanan Laut Tropis, PSDKU Pangandaran, Universitas Padjadjaran, Cintaratu, Parigi, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat 46393, Indonesia.

³Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan, Fakultas Maritim, Perikanan dan Kehutanan, Universitas Nahdlatul Ulama Gorontalo, Jl. K.H. Ahmad Dahlan No. 17, Kota Gorontalo, 96115, Indonesia.

*Corresponding author, e-mail: titoarianugraha@umrah.ac.id

ABSTRACT

This study aims to investigate the impact of incorporating papain into fish feed on its overall stability and efficacy. A qualitative descriptive research method was employed, utilizing a literature review approach. Data were collected and analysed from various relevant sources, including scientific journals, research articles, books, and research reports. The findings reveal that the addition of papain to fish feed significantly improves digestive efficiency, evidenced by increased digestive enzyme activity in fish. Enhanced digestion supports better fish growth and reduces the Feed Conversion Ratio (FCR). Additionally, papain's antimicrobial properties bolster fish immune systems against diseases. Incorporating papain into feed formulations also improves nutritional stability, preventing protein degradation during storage and reducing feed waste. This study suggests that papain holds potential as a natural feed additive solution for aquaculture. Enhanced digestibility, growth, and fish health attributable to papain can boost aquaculture productivity. However, further research is required to optimize its application.

© 2025 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received 05 23 2025

First Revised 06 08 2025

Accepted 06 20 2025

First Available online 06 20 2025

Publication Date 06 20 2025

Keyword:

*papain,
feed additive,
fish digestion,
aquaculture,
feed stability.*

1. PENDAHULUAN

Industri akuakultur memainkan peranan vital dalam memenuhi permintaan global yang meningkat akan protein hewani (FAO, 2022). Pakan merupakan faktor krusial dalam budidaya ikan karena berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan, pemanfaatan pakan, dan daya tahan tubuh (Chen et al., 2023). Pakan dengan kualitas unggul tidak hanya memastikan asupan nutrisi yang optimal, tetapi juga meningkatkan efisiensi konversi pakan, yang secara signifikan meningkatkan produktivitas dan profitabilitas dalam sektor akuakultur (Hussain et al., 2023; Schneider & Lazzari, 2023; Firdaus & Mukti, 2021).

Tantangan utama dalam produksi pakan ikan adalah menjaga stabilitas pakan selama penyimpanan dan memastikan efektivitasnya dalam proses pencernaan (Radwan et al., 2023; Rostika et al., 2018). Degradasi pakan akibat penyimpanan yang buruk dapat mengurangi kandungan nutrisi (Schneider & Lazzari, 2023), terutama protein (Maas et al., 2023), sementara pencernaan yang tidak efisien meningkatkan biaya produksi (Hussain et al., 2023; Kirimi et al., 2022; Simanjuntak et al., 2022). Salah satu solusi yang menjanjikan adalah penambahan enzim papain (Fakoya et al., 2023). Enzim ini membantu memecah protein menjadi senyawa yang lebih kecil yang lebih mudah dicerna ikan, sehingga meningkatkan penyerapan nutrisi dan mendukung pertumbuhan optimal (Radwan et al., 2023; Somdare et al., 2023). Papain juga berpotensi meningkatkan stabilitas pakan (Rostika et al., 2018) dan dapat meningkatkan pencernaan protein serta menurunkan FCR, sehingga mendukung efisiensi produksi (Yadav et al., 2024; Simanjuntak et al., 2022).

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk melakukan studi literatur tentang pengaruh suplementasi papain terhadap beberapa parameter penting, meliputi: peningkatan daya cerna pakan, laju pertumbuhan ikan, efisiensi pemanfaatan pakan (dilihat dari FCR), serta kondisi kesehatan ikan secara umum. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan bagi formulasi pakan ikan yang lebih optimal dan ekonomis, yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan hasil produksi perikanan budidaya.

2. METODE

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) sebagaimana dijelaskan oleh Kitchenham (2004), serta disusun berdasarkan pedoman PRISMA (Moher et al., 2009) guna menjaga kualitas dan transparansi data. Pencarian literatur dilakukan dengan mencari artikel-artikel yang relevan melalui berbagai basis data akademik bereputasi, seperti *ScienceDirect*, *Google Scholar*, *Elsevier*, *Wiley Online Library*, *SpringerLink*, dan *Taylor & Francis Online*, sebagaimana direkomendasikan oleh Brimer et al. (2017) dan Gusenbauer & Haddaway (2020) yang menekankan pentingnya kombinasi beberapa basis data untuk meningkatkan kelengkapan dan kualitas hasil kajian. Penelitian ini bersifat deskriptif dan tidak melibatkan pengumpulan data di lapangan.

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat lunak untuk pencarian literatur, yang meliputi *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *Elsevier*, *Wiley Online Library*, *SpringerLink*, dan *Taylor & Francis Online*. Selain itu, perangkat lunak pengolah data seperti Microsoft Excel digunakan untuk memproses dan mengorganisir data yang terkumpul. Bahan yang digunakan adalah artikel ilmiah yang terkait dengan penggunaan papain dalam pakan ikan, dengan pencarian menggunakan kata kunci "*papain in fish feeds*," "*digestibility*," "*protein hydrolysis*," "*fish growth*," dan "*feed stability*."

2.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini mengikuti prosedur penelitian kualitatif deskriptif yang terdiri dari beberapa tahapan. Pertama, pencarian artikel dilakukan secara sistematis berdasarkan kata kunci yang telah ditentukan. Artikel yang ditemukan disaring berdasarkan tahun publikasi (2018–2025), jenis artikel (penelitian asli dan tinjauan), kualitas jurnal (dengan faktor dampak tinggi), relevansi dengan topik, serta kualitas desain penelitian. Seleksi artikel dilakukan bertahap, dimulai dengan 455 artikel yang disaring menjadi 30 artikel sebagai referensi utama. Prosedur ini memungkinkan untuk memperoleh informasi terkini dan relevan terkait penggunaan papain dalam pakan ikan.

2.4. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berasal dari artikel ilmiah yang relevan dengan topik penggunaan papain dalam pakan ikan. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara pencarian literatur melalui basis data akademik bereputasi dan seleksi artikel berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan, yaitu tahun publikasi, jenis artikel, kualitas jurnal, relevansi topik, dan kualitas penelitian. Data yang terkumpul berupa informasi terkait dampak papain terhadap stabilitas pakan, efektivitas pencernaan, pertumbuhan ikan, *Feed Conversion Ratio* (FCR), dan kesehatan ikan.

2.5. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan pendekatan *thematic synthesis* (Thomas & Harden, 2008), dimulai dari pengkodean baris demi baris, pembentukan tema deskriptif, lalu tema analitis untuk menilai efektivitas papain dalam meningkatkan pencernaan pakan, stabilitas nutrisi, pertumbuhan ikan, dan parameter lainnya. Pendekatan ini sejalan dengan pedoman *DistillerSR* dalam SLR kualitatif (*DistillerSR*, n.d.). Untuk memastikan transparansi dan keakuratan laporan temuan, *narrative synthesis* mengikuti prinsip-prinsip yang diuraikan Campbell et al. (2016), yaitu mengaitkan ringkasan dan interpretasi secara eksplisit dengan data asal masing-masing artikel. Data dari artikel-artikel terpilih dianalisis berdasarkan temuan utama, kemudian dirangkum dan diinterpretasikan untuk menghasilkan pemahaman yang mendalam. Hasil analisis ini digunakan untuk merumuskan implikasi dalam pengembangan pakan ikan yang lebih efisien dan berkualitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai penggunaan papain dalam pakan ikan menunjukkan dampak yang signifikan terhadap berbagai parameter, termasuk efisiensi pencernaan, pertumbuhan ikan, kesehatan ikan, dan stabilitas pakan. Analisis hasil dari berbagai penelitian yang telah dilakukan diuraikan secara deskriptif di bawah ini, yang disajikan dalam bentuk tabel dan penjelasan naratif.

Tabel 1. Penggunaan Papain dalam Pakan Ikan dan Efek yang Diamati

Spesies Ikan	Sumber Papain	Efek yang Diamati	Referensi
Benih ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Tepung Daun Pepaya	Peningkatan Daya cerna dan pemanfaatan protein (PER)	Matoria et al. (2023)

Spesies Ikan	Sumber Papain	Efek yang Diamati	Referensi
Catfish (<i>Clarias</i> sp)	Tepung daun pepaya	Efisiensi pakan dan stabilitas pencernaan	Firdaus & Mukti (2021)
Catfish/Patin (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>)	Tepung daun pepaya	Peningkatan kelangsungan hidup, Total Leukosit dan Aktivitas Fagositosis	Puspitowati et al. (2022)
Catfish/Patin (<i>Pangasiodon hypophthalmus</i>)	Tepung daun pepaya	Peningkatan total eritrosit, Hematokrit, Hemoglobin, pertumbuhan dan ketahanan penyakit	Lase et al. (2020)
Red Hybrid Tilapia (<i>O. mossambicus</i> × <i>O. niloticus</i>)	Tepung Daun Pepaya	Peningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pakan	Somdare et al. (2023)
Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Tepung daun pepaya	Peningkatan pertumbuhan, kelangsungan hidup, konversi pakan (FCR) rendah	Simanjuntak et al. (2022)
Red hybrid tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> × <i>Oreochromis niloticus</i>)	Ekstrak Tepung Daun Pepaya	Peningkatan pertumbuhan dan efisiensi pakan	Hamid et al. 2022
Snakehead Fish (<i>Channa striata</i>)	Ekstrak Tepung Daun pepaya	Peningkatan kekebalan tubuh dan daya cerna	Fakoya et al. (2023)
Red hybrid tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> × <i>Oreochromis niloticus</i>)	Ekstrak daun papaya	Peningkatan pertumbuhan, indeks tubuh dan tingkat kelangsungan hidup	Somdare et al. (2023)
Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Biji pepaya	Peningkatan konversi pakan dan laju pertumbuhan	Omeje et al., (2020)
Ikan Jelawat (<i>Leptobarbus hoevenii</i>)	Ekstrak biji pepaya	Penyembuhan lebih cepat dari infeksi <i>Aeromonas hydrophila</i>	Rahayu et al. (2023)
Nile Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Ekstrak Biji pepaya	Peningkatan pertumbuhan dan sistem imun, kematangan seksual	Radwan et al. (2023)

Spesies Ikan	Sumber Papain	Efek yang Diamati	Referensi
<i>Grouper fish (Epinephelus fuscoguttatus lanceolatus)</i>	<i>Papaya simplicia powder</i>	Memperpanjang masa simpan pakan, kadar protein dalam pakan lebih stabil	Rostika et al. (2018) ,
<i>Indian Major Carp (Labeo rohita)</i>	<i>Papaya simplicia powder</i>	Peningkatan daya cerna dan efisiensi metabolisme protein	Mic Salomiya et al. (2023)
<i>Juvenile Sterlet (Acipenser ruthenus)</i>	Enzim Papain eksogen	Peningkatan enzim pencernaan, sistem imun, dan respons stress	Wiszniewski et al. (2022)
<i>Catfish/Patin (Pangasius hypophthalmus)</i>	Enzim papain eksogen	Peningkatan pertumbuhan dan Pemanfaatan Nutrien	Rachmawati et al. (2019)
<i>Sangkuriang catfish (Clarias sp.)</i>	Enzim papain eksogen	Peningkatan penggunaan ransum (EFU), rasio efisiensi protein (PER) dan laju pertumbuhan relatif (RGR),	Rachmawati et al. (2020)a
<i>Sangkuriang catfish (Clarias gariepinus var. Sangkuriang)</i>	Bubuk Enzim papain	Peningkatan signifikan pepsin dan lipase dalam sistem pencernaan, menurunkan aktivitas alkali fosfatase dan leusil aminopeptidase.	Rachmawati et al. (2020)b
<i>Ikan mas (Cyprinus carpio)</i>	Enzim papain eksogen	Peningkatan pertumbuhan dalam lingkup pertambahan Panjang, bobot dan laju pertumbuhan	Patil et al. (2019)
<i>Catfish (Clarias sp.)</i>	Enzim papain and probiotik (<i>Lactobacillus</i> sp.)	Peningkatan pemanfaatan pakan dan kelangsungan hidup pada media pemeliharaan bioflok	Hidayatiningtyas et al. 2020
<i>Kissing gourami (Helostoma temminckii)</i>	Bubuk enzim Papain	Peningkatan pertumbuhan, efisiensi pakan, dan retensi protein serta kelangsungan hidup	Yulisman et al. (2022)
<i>Ikan gurami (Osphronemus gouramy)</i>	Bubuk enzim Papain	Efisiensi pemanfaatan pakan (EPP) dan rasio pemanfaatan protein (PER)	Mareta et al. (2018) ,

Spesies Ikan	Sumber Papain	Efek yang Diamati	Referensi
<i>Labeo rohita fingerlings</i>	Bubuk enzim Papain	Efisiensi pakan lebih baik, stabilitas pakan meningkat	Yadav et al. (2024)
Benih ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	Bubuk Papain, buah pepaya mentah dan tepung daun pepaya	Peningkatan pertumbuhan	Tewari et al. (2018)
Silver Pompano (<i>Trachinotus Blochii</i>)	<i>Unripe Papaya Fruit</i>	Peningkatan kelangsungan hidup (SR), Laju Pertumbuhan Harian (LPH), Efisiensi Pemberian Pakan (EPP), dan kualitas air	Rostika et al. (2023)
<i>Banded Gourami (Trichogaster fasciata)</i>	Tepung pepaya matang	Peningkatan warna tubuh, pertumbuhan, dan daya cerna	Das & Biswas (2020)
<i>Guppy (Poecilia reticulata)</i>	Ekstrak kulit pepaya	Warna tubuh lebih cerah dan peningkatan Kesehatan	Rodrigo & Perera (2018)
<i>Grass carp (Ctenopharyngodon idellus)</i>	Enzim papain dan enzim bromelin	Peningkatan pertumbuhan, rasio konversi pakan, efisiensi protein, dan penambahan berat, Kekebalan terstimulasi, ketahanan meningkat.	Mo et al. (2020)
Udang Windu (<i>Penaeus monodon</i>)	Enzim papain dan Enzim bromelin	Efisiensi pemanfaatan pakan dan peningkatan pertumbuhan	Rachmawati et al. (2023)
Nile tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Enzim papain kasar	Peningkatan kualitas karkas dan kandungan lemak	Kirimi et al. (2022)

Tabel 1 menyajikan rangkuman berbagai studi yang mengevaluasi efek penggunaan papain dari beragam sumber seperti enzim eksogen, tepung daun, biji, dan buah pepaya—terhadap berbagai spesies ikan budidaya. Hasil berbagai penelitian menunjukkan bahwa papain memberikan dampak positif yang luas terhadap performa ikan budidaya, mulai dari peningkatan efisiensi pencernaan ([Radwan et al., 2023](#); [Wiszniewski et al., 2022](#)), pertumbuhan ([Somdare et al., 2023](#); [Kirimi et al., 2022](#); [Tewari et al., 2018](#)), efisiensi pakan ([Simanjuntak et al., 2022](#); [Rachmawati et al., 2020a](#)), hingga perbaikan sistem kekebalan tubuh dan ketahanan terhadap penyakit ([Rahayu et al., 2023](#); [Lase et al., 2020](#); [Fakoya et al., 2023](#)). Selain itu, papain juga berperan dalam menjaga stabilitas pakan selama penyimpanan, sehingga nutrisi tetap optimal dan tidak mudah terdegradasi ([Rostika et al., 2018](#); [Mic Salomiya et al., 2023](#)).

Penggunaan papain sebagai bahan tambahan dalam pakan akuakultur memberikan efek yang signifikan terhadap ikan budidaya. Papain, baik dalam bentuk enzim eksogen maupun yang berasal dari sumber alami seperti biji, buah, dan daun pepaya, terbukti berperan penting dalam meningkatkan produktivitas sistem akuakultur (Rachmawati et al., 2019; Simanjuntak et al., 2022). Mekanismenya bekerja melalui proses hidrolisis protein menjadi senyawa yang lebih sederhana dan mudah diserap oleh ikan, sehingga meningkatkan efisiensi metabolisme nutrisi. Di samping itu, sifat antimikroba yang dimiliki papain dapat membantu melindungi ikan dari infeksi (Fakoya et al., 2023; Rodrigo & Perera, 2018). Papain, baik sebagai enzim eksogen maupun yang berasal dari sumber alami seperti biji, buah, dan daun pepaya, memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas sistem akuakultur. Dengan berbagai manfaat yang dimilikinya, papain berpotensi besar sebagai aditif fungsional untuk mendukung praktik budidaya ikan yang berkelanjutan. Kajian lebih mendalam mengenai pengaruh papain dalam pakan akan dibahas berdasarkan hasil analisis dari berbagai penelitian sebelumnya.

3.1. Efek Papain terhadap Efisiensi Pencernaan dan Feed Conversion Ratio (FCR)

Efisiensi pencernaan sangat berpengaruh terhadap performa ikan budidaya, terutama dalam peningkatan konversi pakan (FCR) dan pemanfaatan nutrisi. Papain, sebagai enzim proteolitik, membantu memecah protein kompleks menjadi peptida dan asam amino yang lebih mudah dicerna, sehingga meningkatkan efisiensi pencernaan ikan. Penelitian oleh Radwan et al. (2023) dan Simanjuntak et al. (2022) menunjukkan bahwa ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberikan pakan dengan ekstrak biji pepaya mengalami peningkatan signifikan dalam aktivitas enzim pencernaan, yang berdampak pada efisiensi metabolisme protein dan retensi nutrisi yang lebih baik.

Selain itu, Wiszniewski et al. (2022) menemukan bahwa penggunaan enzim papain eksogen dalam pakan *juvenile sterlet* (*Acipenser ruthenus*) meningkatkan aktivitas enzim seperti protease dan lipase, yang berdampak pada penyerapan nutrisi yang lebih baik dan pertumbuhan ikan yang lebih cepat. Penelitian lainnya oleh Rachmawati et al. (2020a) pada lele Sangkuriang (*Clarias* sp.) memperkuat temuan ini, dengan mencatat peningkatan nilai efisiensi pemanfaatan ransum (EFU), rasio efisiensi protein (PER), dan laju pertumbuhan relatif (RGR) sebagai hasil dari penambahan enzim papain ke dalam pakan. Peningkatan efisiensi pakan juga tercatat pada spesies ikan lain seperti ikan gurami (*Osphronemus gouramy*) (Mareta et al., 2018) dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) (Tewari et al., 2018), di mana penggunaan papain dalam bentuk bubuk atau ekstrak menghasilkan nilai FCR yang lebih rendah dan retensi protein yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Pada kasus lain, kombinasi papain dengan bahan bioaktif seperti probiotik (Hidayatiningtyas et al., 2020) juga memberikan hasil sinergis, meningkatkan efisiensi pencernaan dan memperkuat performa pertumbuhan.

Penambahan papain dalam formulasi pakan ikan telah terbukti meningkatkan efisiensi pencernaan dan performa pertumbuhan melalui stimulasi aktivitas enzim pencernaan seperti protease dan lipase. Peningkatan ini tercermin dari tingginya retensi nutrisi, efisiensi pemanfaatan pakan (EFU), serta penurunan rasio konversi pakan (FCR) pada berbagai spesies ikan, termasuk nila, lele, gurami, dan ikan mas. Papain berperan dalam menghidrolisis protein kompleks menjadi bentuk yang lebih mudah diserap, sehingga meningkatkan pemanfaatan nutrisi secara keseluruhan. Selain itu, kombinasi papain dengan probiotik menunjukkan efek sinergis yang menjanjikan, menjadikan papain sebagai kandidat aditif fungsional yang potensial dalam pakan akuakultur.

3.2. Efek Papain terhadap Pertumbuhan Ikan

Selain meningkatkan efisiensi pencernaan, papain juga berperan dalam mempercepat laju pertumbuhan ikan dengan meningkatkan penyerapan protein dan sintesis nutrisi dalam tubuh ikan. Penelitian oleh [Somdare et al. \(2023\)](#) menunjukkan bahwa suplementasi tepung daun pepaya dalam pakan ikan mas (*Labeo rohita*) memberikan peningkatan signifikan dalam pertumbuhan dan bobot tubuh ikan, dengan hasil yang lebih baik dibandingkan kelompok kontrol. [Maas et al. \(2023\)](#) juga menemukan bahwa protease eksogen berkontribusi dalam meningkatkan komunitas mikroba usus ikan nila, yang membantu peningkatan metabolisme dan laju pertumbuhan ikan.

Penelitian oleh [Kirimi et al. \(2022\)](#) pada ikan Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), di mana penambahan enzim papain kasar sebanyak 0,06% mampu meningkatkan pencernaan nutrisi dan performa pertumbuhan ikan nila (*Nile tilapia*) dibandingkan dengan kelompok kontrol. Selain itu, [Tewari et al. \(2018\)](#) membuktikan bahwa pemberian kombinasi bubuk papain dari buah mentah, tepung daun, dan ekstrak pepaya pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) dapat secara signifikan mempercepat pertambahan panjang dan bobot tubuh. [Rachmawati et al. \(2019\)](#) pada ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) juga melaporkan peningkatan laju pertumbuhan harian (SGR) dan efisiensi pemanfaatan pakan akibat penambahan enzim papain ke dalam pakan komersial. Penggunaan enzim papain eksogen juga terbukti efektif pada ikan lele Sangkuriang, sebagaimana dilaporkan oleh [Rachmawati et al. \(2020a\)](#), yang mencatat peningkatan laju pertumbuhan relatif (RGR) dan efisiensi konversi protein (PER) secara signifikan. Penelitian lainnya oleh [Yulisman et al. \(2022\)](#) pada ikan kissing gourami (*Helostoma temminckii*) juga menunjukkan bahwa bubuk papain mampu meningkatkan efisiensi pakan, retensi protein, dan pertumbuhan, serta menurunkan angka kematian.

Papain berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan ikan melalui mekanisme peningkatan efisiensi penyerapan protein dan optimalisasi metabolisme. Studi yang dilakukan pada berbagai jenis ikan, termasuk ikan mas, nila, patin, lele, dan kissing gourami, menunjukkan bahwa aplikasi papain dalam bentuk bubuk, ekstrak, maupun enzim kasar dapat meningkatkan panjang tubuh, berat badan, serta retensi protein. Selain itu, papain mendukung kesehatan saluran pencernaan dan keseimbangan mikrobiota usus, yang secara sinergis mempercepat pertumbuhan. Dengan demikian, papain berpotensi sebagai aditif pakan yang efektif dalam mendukung pertumbuhan ikan secara maksimal.

3.3. Efek Papain terhadap Kesehatan Ikan dan Imunitas

Selain meningkatkan efisiensi pakan dan pertumbuhan ikan, papain juga memiliki sifat antimikroba dan imunostimulan, yang membantu meningkatkan daya tahan ikan terhadap penyakit. Penelitian oleh [Rahayu et al. \(2023\)](#) menunjukkan bahwa suplementasi ekstrak biji pepaya dalam pakan ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) yang terinfeksi *Aeromonas hydrophila* mampu mempercepat kesembuhan ikan dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidupnya. Penelitian lainnya oleh [Fakoya et al. \(2023\)](#) menunjukkan bahwa ikan lele Afrika (*Clarias gariepinus*) yang diberikan pakan dengan ekstrak daun pepaya mengalami peningkatan daya tahan terhadap infeksi bakteri, sehingga mengurangi angka kematian. [Lase et al. \(2020\)](#) juga melaporkan bahwa pemberian tepung daun pepaya pada patin (*Pangasius hypophthalmus*) meningkatkan parameter hematologis seperti jumlah eritrosit, hematokrit, dan hemoglobin, yang semuanya merupakan indikator peningkatan status kesehatan dan ketahanan tubuh terhadap penyakit. Selain itu, [Puspitowati et al. \(2022\)](#) menemukan bahwa pemberian daun pepaya mampu meningkatkan aktivitas fagositik dan jumlah total leukosit, sehingga memperkuat respons imun bawaan pada ikan. [Schneider & Lazzari \(2023\)](#) juga menunjukkan bahwa protease eksogen berkontribusi dalam meningkatkan ekspresi gen yang

berperan dalam sistem kekebalan ikan, sehingga membuat ikan lebih tahan terhadap stres lingkungan.

Papain memiliki fungsi sebagai agen imunostimulan dan antimikroba yang berkontribusi dalam meningkatkan ketahanan ikan terhadap berbagai penyakit. Studi menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak atau tepung daun pepaya mampu memperbaiki indikator sistem imun seperti jumlah eritrosit, leukosit, kadar hemoglobin, serta aktivitas fagositik. Peningkatan ini mendukung kemampuan ikan dalam menghadapi infeksi bakteri dan tekanan lingkungan, serta berpengaruh positif terhadap tingkat kelangsungan hidup, sebagaimana dibuktikan pada spesies seperti ikan jelawat, lele Afrika, dan ikan patin

3.4. Efek Papain terhadap Stabilitas Pakan

Stabilitas pakan merupakan faktor penting dalam budidaya ikan, terutama dalam menjaga kualitas nutrisi selama proses penyimpanan, distribusi, dan aplikasi di lapangan. Menurut [Rostika et al. \(2018\)](#), penggunaan simplisia pepaya dalam pakan ikan kerapu bebek (*Epinephelus fuscoguttatus* × *lanceolatus*) terbukti mampu memperpanjang masa simpan pakan serta menjaga kadar protein agar tetap stabil, bahkan setelah disimpan dalam jangka waktu tertentu. Studi lain oleh [Salomiya et al. \(2023\)](#) pada ikan mas menunjukkan bahwa penambahan tepung daun pepaya dalam formulasi pakan berperan dalam mengurangi degradasi nutrisi, khususnya protein, yang sering mengalami penurunan akibat proses oksidasi selama penyimpanan. Papain tidak hanya berfungsi secara biologis dalam meningkatkan proses pencernaan pada ikan, tetapi juga memberikan kontribusi teknis sebagai agen pelindung nutrisi dalam pakan akuakultur. Penambahan simplisia atau tepung daun pepaya terbukti efektif dalam menekan degradasi protein akibat oksidasi selama penyimpanan, sehingga kualitas pakan tetap terjaga dalam jangka waktu yang lebih lama. Peran ganda ini mendukung efisiensi produksi dan keberlanjutan sistem budidaya ikan secara keseluruhan.

3.5. Efek Papain dalam Manipulasi Hormon Pertumbuhan

Selain berperan dalam pencernaan dan kesehatan ikan, enzim papain proteolitik dari pepaya (*Carica papaya*) juga diketahui dapat berkontribusi dalam regulasi hormon pertumbuhan secara alami. Papain meningkatkan penyerapan nutrisi dan sintesis protein, yang secara tidak langsung merangsang produksi hormon pertumbuhan endogen. [Yadav et al. \(2024\)](#) menunjukkan bahwa suplementasi papain dalam pakan ikan mas (*Cyprinus carpio*) mampu meningkatkan produksi hormon pertumbuhan tanpa memerlukan hormon sintesis, sehingga mendukung pertumbuhan ikan secara lebih aman dan berkelanjutan.

Sementara itu, [Omeje et al. \(2020\)](#) melaporkan bahwa senyawa aktif dalam biji pepaya, seperti *β-sitosterol* dan *benzyl isothiocyanate*, dapat memengaruhi sistem hormon reproduksi pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*), sehingga menghasilkan proporsi jenis kelamin jantan yang lebih tinggi melalui proses seks reversal alami. Penelitian lain oleh [Radwan et al. \(2023\)](#) lebih lanjut menunjukkan bahwa pemberian ekstrak biji pepaya (*Papaya Seed Extract/PSE*) pada dosis 2 g/kg mampu meningkatkan rasio jantan hingga 77%, serta secara signifikan meningkatkan pertumbuhan, efisiensi pakan, sistem imun, dan ketahanan terhadap penyakit.

Temuan ini mengindikasikan bahwa enzim papain dan fitokimia yang terkandung dalam tanaman pepaya memiliki potensi sebagai alternatif alami pengganti hormon sintesis dalam budidaya ikan. Papain dan senyawa bioaktif pepaya berperan dalam merangsang pertumbuhan serta mengatur hormon reproduksi secara alami. Selain meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, senyawa-senyawa ini juga berkontribusi dalam pembentukan individu

jantan tanpa perlu penggunaan hormon sintetis, sehingga mendukung praktik budidaya ikan yang lebih aman, ramah lingkungan, dan berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Papain dalam pakan ikan telah terbukti meningkatkan efisiensi proses pencernaan, mendukung pertumbuhan, dan memperkuat kesehatan ikan secara keseluruhan. Enzim ini berperan dalam menghidrolisis protein kompleks, sehingga mempercepat penyerapan nutrisi, meningkatkan efisiensi konversi pakan, dan memperkuat sistem imun ikan terhadap serangan penyakit. Selain itu, senyawa bioaktif yang terkandung dalam daun, biji, dan buah pepaya menunjukkan potensi sebagai alternatif alami pengganti hormon sintetis dalam praktik budidaya. Meski hasil awal menjanjikan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menentukan dosis yang optimal, menguji efektivitasnya dalam skala industri, serta mengevaluasi keberlanjutan penggunaannya dalam sistem akuakultur modern.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan sejawat yang memberikan saran, dan masukan selama proses penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada kolega yang berkontribusi dalam berdiskusi, memberikan ide-ide konstruktif, yang sangat membantu dalam penyusunan artikel ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, M., Marwan, M., Bahri, S., Mundayana, Y., Supito, S., & Rahmi, R. (2021). Pemberian enzim papain dosis berbeda dalam pakan komersial pada pemeliharaan benih ikan bandeng (*Chanos chanos*, Forsskal). *Jurnal Galung Tropika*, 10(2), 208–220. <https://doi.org/10.31850/jgt.v10i2.761>
- Brimer, W. M., Thompson, J. M., & Gordon, M. A. (2017). Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews: A prospective exploratory study. *Systematic Reviews*, 6(1), 245. 10.1186/s13643-017-0644-y
- Campbell, M., Thomson, H., & Sowden, A. *et al.* (2016). Reporting of narrative synthesis in systematic reviews of public health interventions: A methodological assessment. *The Lancet*, 388(S34).
- Chen, S., Maulu, S., Wang, J., Xie, X., Liang, X., Wang, H., Wang, J., & Xue, M. (2023). The application of protease in aquaculture: Prospects for enhancing the aquafeed industry. *Animal Nutrition*: 16, 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.11.001>.
- Cao S, Yang L, Lu K, Zhang C, Wang L, Li X, et al. (2022). Effects of fish meal replacement by enzymatic hydrolyzed soybean protein isolate on growth performance, serum biochemical indices and lipid metabolism of spotted seabass (*Lateolabrax maculatus*). *Chin J Anim Nutr*: 34:3884e95.
- Das, A. P., & Biswas, S. P. (2020). The effect of ripe papaya (*Carica papaya*), as natural carotenoids meal on body pigmentation and growth performance in banded gourami, *Trichogaster fasciata*. *International Journal of Aquatic Biology*: 8(2), 83–90. <https://doi.org/10.22034/IJAB.V8I2.782>.
- DistillerSR. (n.d.). *Qualitative data analysis in systematic reviews*. <https://www.distillersr.com/resources/systematic-literature-reviews/qualitative-data-analysis-in-systematic-reviews>

- Fakoya, S., Aderoboye, O. Y., & Olusola, S. E. (2023). Phytobiotics effects of pawpaw (*Carica papaya*) leaves and fluted pumpkin (*Telferia occidentalis*) leaves extracts against certain aquatic pathogens. *Med Aromat Plants (Los Angeles)*: 8(1), 1000328. <https://doi.org/10.35248/2167-0412.19.8.328>.
- FAO. (2022). The state of world fisheries and aquaculture 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/publications>.
- Firdaus, M. S. I., & Mukti, R. C. (2021). Utilization of papaya leaves (*Carica papaya*) in feed on growth of catfish (*Clarias* sp.) in Muara Enim, South Sumatera. *International Journal of Tropical Aquatic Sciences*: 4(1), 50–56. <https://doi.org/10.22219/IJOTA.V4I1.14453>.
- Gusenbauer, M., & Haddaway, N. R. (2020). Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, Scopus, Web of Science and 24 other resources. *Research Synthesis Methods*, 11(2), 181–217. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1378>
- Hamid, N. K. A., Somdare, P. O., Md Harashid, K. A., Othman, N. A., Abdul Kari, Z., Wei, L. S., & Dawood, M. A. O. (2022). Effect of papaya (*Carica papaya*) leaf extract as dietary growth promoter supplement in red hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*) diet. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3911–3917. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.074>
- Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., Sarker, P. K., Hussain, M., Arsalan, M. Z.-U.-H., Yong, J. W. H., & Naeem, A. (2023). Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*: 10, e26573. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573>.
- Kirimi, J. G., Musalia, L. M., Munguti, J. M., & Magana, A. (2022). Carcass fatty acid composition and sensory properties of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on oilseed meals with crude papain enzyme. *East African Journal of Science, Technology and Innovation*: 3(4). <https://doi.org/10.37425/eajsti.v3i4.446>.
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews* (Technical Report No. TR/SE-0401). Keele University. Retrieved from <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>
- Lase, L. H., Lukistiyowati, I., & Syawal, H. Efektivitas Pemberian Pakan Mengandung Larutan Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) Fermentasi Terhadap Gambaran Eritrosit dan Pertumbuhan Ikan Jambal Siam (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Jurnal Akuakultur SEBATIN*: 3(1), 63-77.
- Mic Salomiya A, Jenifer JS, Ajitha R, Dobina Sherin D, Sahaya Shalu S, Mary Mettilda Bai S and Vinoliya Josephine Mary J. (2023). Effect of dietary supplementation of papaya leaf on growth and feeding bioenergetics of Indian major carp, *Labeo rohita*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*: 11(2), 101–105. <https://doi.org/10.22271/fish.2023.v11.i2b.2794>.
- Maas, R. M., Deng, Y., Dersjant-Li, Y., Petit, J., Verdegem, M. C. J., Schrama, J. W., & Kokou, F. (2023). Exogenous enzymes and probiotics alter digestion kinetics, volatile fatty acid content, and microbial interactions in the gut of Nile tilapia. *Scientific Reports*: 11, 8221. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87408-3>.
- Mareta, R. E., Subandiyono, S., & Hastuti, S. (2018). Pengaruh Enzim Papain dan Probiotik dalam Pakan Terhadap Tingkat Efisiensi Pemanfaatan Pakan dan Pertumbuhan Ikan

- Gurami (*Osphronemus Gouramy*). *Sains Akuakultur Tropis*: 1(1).
<https://doi.org/10.14710/Sat.V1i1.2452>
- Matoria, S., Ojha, M. L., Sharma, B. K., Sharma, S. K., & Kumar, U. (2023). Effect of papaya (*Carica papaya*) leaf meal on proximate composition and digestibility of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *The Pharma Innovation Journal*: 12(6), 550–554.
- Mo, W.Y., Choi, W.M., Man, K.Y., Wong, M.H. (2020). Food waste-based pellets for feeding grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*): adding baker's yeast and enzymes to enhance growth and immunity. *Sci Total Environ*: 707, ISSN 0048-9697.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134954>.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*: 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. *Sprouts: Working Papers on Information Systems*: 10(26).
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1954824>.
- Omeje, V. O., Lambrechts, H., & Brink, D. (2020). Use of pawpaw (*Carica papaya*) seed in tilapia sex reversal. *Reviews in Agricultural Science*: 8, 230–242.
https://dx.doi.org/10.7831/ras.8.0_230.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*: 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Patil, D.W., Gaikwad, J.M., Markad, S.S. (2019). Growth performance and survival of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) fingerlings fed with protease enzyme supplemented diet. *Asian Fish Sci*: 32, pp. 104-110
- Puspitowati, D., Lukistyowati, I., & Syawal, H. (2022). Gambaran Leukosit Ikan Jambal Siam (*Pangasianodon hypophthalmus*) yang Diberi Pakan Mengandung Larutan Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) Fermentasi. *Jurnal Akuakultur Sebatin*: 3(1), 78-92
- Radwan, M., Darweesh, K. F., Ghanem, S. F., Abdelhadi, Y. M., Kareem, Z. H., Christianus, A., Karim, M., Waheed, R. M., & El- Sharkawy, M. A. (2023). Regulatory roles of pawpaw (*Carica papaya*) seed extract on growth performance, sexual maturity, and health status with resistance against bacteria and parasites in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture International*: 31, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01094-8>.
- Rahayu, E., Dewantoro, E., Farida, F., & Hadiarti, D. (2023). Efektivitas ekstrak biji pepaya (*Carica papaya*) terhadap kesembuhan dan kelangsungan hidup ikan jelawat (*Leptobarbus hoevenii*) yang diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Ruaya: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmu Perikanan dan Kelautan*: 11(2).
<https://doi.org/10.29406/jr.v11i2.5704>.
- Rachmawati, D., & Prihartono, A. A. (2019). Effect of papain enzyme supplementation on growth performance and nutrient utilization of catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Malaysian Applied Biology*, 48(5), 1–10.
- Rachmawati, D., Samidjan, I., & Hutabarat, J. (2020)a. The effects of exogenous papain enzyme in the feed on growth and blood profiles of Sangkuriang catfish (*Clarias* sp.). *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science: 530, 012037.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012037>.

- Rachmawati, D., & Hutabarat., Johannes & Samidjan, I., & Windarto, S. (2020)b. Utilization of papain as feed additive in the fish feed on activity of digestive enzymes, contents of nutrient and minerals of sangkuriang catfish (*Clarias gariepinus var. sangkuriang*). *AACL Bioflux*: 13. 2738-2744.
- Rachmawati, D., Hutabarat, J., Dewi, E. N., & Windarto, S. (2023). Pengaruh penambahan enzim bromelin pada pakan terhadap pencernaan protein, efisiensi pemanfaatan pakan, dan pertumbuhan udang windu *Penaeus monodon*. *Jurnal Kelautan Tropis*: 23(2), 265-274. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i2.7578>.
- Rostika, R., Rizal, A., Dewanti, L. P., & Ismail, M. R. (2018). Engineering of papaya simplicia powder in different sizes for grouper fish (*Epinephelus fuscoguttatus lanceolatus*) feed. *Journal of Tropical Aquatic and Fishery Management*: 1(2), 26–31. <https://doi.org/10.29253/JPTAFM.V1I2.28>.
- Rostika, R., Andhikawati, A., Yasmin, A. A., & Grandiosa, R. (2023). Application of enzyme functional feed as a supplement to the growth of silver pompano (*Trachinotus blochii*) in floating net cage, Pangandaran District. *International Journal of Social Research*, 3(10), 2085–2091.
- Rodrigo, U. D., & Perera, B. G. K. (2018). Important biological activities of papaya peel extracts and their importance in formulation of a low cost fish feed to enhance the skin colour and the healthiness of guppies (*Poecilia reticulata*). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 8(12), 8490. <https://doi.org/10.29322/IJSRP.8.12.2018.p8490>
- Schneider, T. L., & Lazzari, R. (2022). Nutritional implications of exogenous proteases in fish feeding. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*: 28(1), 70-93. <https://doi.org/10.36812/pag.202228170-93>.
- Siddaway, A. P., Wood, A. M., & Hedges, L. V. (2019). How to do a systematic review: A best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annual Review of Psychology*: 70, 747–770. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>.
- Simanjuntak, R., Husni, S., & Cahyadi, J. (2022). Bioenrichment of papaya leaf meal (*Carica papaya*) with different feed formulations to increase Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*: 1083(1), 012089. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1083/1/012089>.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*: 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.
- Somdare, P. O., Hamid, N. K. A., & Sul'ain, M. D. (2023). Effect of different forms of *Carica papaya* leaf processing techniques on growth, body indices, and survival rate of red hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*: 1221, 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1221/1/012031>.
- Tewari, G., Ram, R. N., & Singh, A. (2018). Effect of plant-based digestive enzyme 'Papain' on growth, survival and behavioural response of *Cyprinus carpio*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(3), 210–214.

- Thomas, J., & Harden, A. (2008). *Methods for the thematic synthesis of qualitative research in systematic reviews*. *BMC Medical Research Methodology*, 8, 45. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-8-45>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*: 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.
- Wiszniewski, G., Jarmołowicz, S., Hassaan, M. S., Soaudy, M. R., Kamaszewski, M., Szudrowicz, H., ... & Siwicki, A. K. (2022). Beneficial effects of dietary papain supplementation in juvenile sterlet (*Acipenser ruthenus*). *Aquaculture Reports*: 22, 100923. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100923>.
- Xiao, Y., & Watson, M. (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of Planning Education and Research*: 39(1), 93–112. <https://doi.org/10.1177/0739456X17723971>.
- Yadav NK, Sharma SK, Meena DK. “Exogenous papain supplementation: impacts on growth, digestibility, digestive enzyme activities and oxidative stress in *Labeo rohita* fingerlings.” *Aquaculture Science and Management*. 2024;1(1). DOI:10.1186/s44365-024-00002-2
- Yulismana, A., Amina, M., Mukti, R. C., & Astara, N. (2022). Using papain enzyme to improve feed protein utilization for kissing gourami (*Helostoma temminckii*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*: 9(1), 35–38.