

**PENGARUH PENGGUNAAN BUNGKIL INTI SAWIT FERMENTASI  
PADA PAKAN TERHADAP PERFORMA BUDI DAYA  
DAN JARINGAN USUS LOBSTER AIR TAWAR  
*Cherax quadricarinatus* (VON MARTENS, 1868)**

**Skripsi**

**Oleh**

**FAISHAL RAMLI ZULKARNAIN  
1914111013**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **PENGARUH PENGGUNAAN BUNGKIL INTI SAWIT FERMENTASI PADA PAKAN TERHADAP PERFORMA BUDI DAYA DAN JARINGAN USUS LOBSTER AIR TAWAR *Cherax quadricarinatus* (VON MARTENS, 1868)**

Oleh

**Faishal Ramli Zulkarnain**

Pakan buatan menjadi kebutuhan mutlak dan merupakan komponen utama penunjang produksi dalam akuakultur, khususnya budi daya lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). Penggunaan bahan baku yang murah dan berkualitas seperti bungkil inti sawit fermentasi (BISF) perlu dikembangkan guna meminimalisir penggunaan bahan baku impor, seperti bungkil kedelai, untuk menekan biaya pakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan bungkil inti sawit yang difermentasi dengan *Aspergillus niger* dalam pakan terhadap pertumbuhan dan jaringan usus lobster air tawar. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan tiga ulangan meliputi P0 (pakan dengan komposisi BISF 0%), P1 (pakan dengan komposisi BISF 4%), P2 (pakan dengan komposisi BISF 8%), dan P3 (pakan dengan komposisi BISF 12%). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan diuji lanjut dengan uji Duncan. Sementara itu, parameter jaringan usus dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan BISF sampai dengan 12% dalam pakan mampu menghasilkan performa pertumbuhan, rasio konversi pakan, retensi protein, kondisi usus, dan tingkat kelangsungan hidup lobster air tawar yang relatif sama dengan lobster air tawar yang diberi pakan formulasi berbahan baku bungkil kedelai.

Kata kunci: lobster air tawar, bungkil inti sawit (BIS), fermentasi, *Aspergillus niger*, pertumbuhan, dan jaringan usus.

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF FERMENTED PALM KERNEL MEAL ADDITION IN FEED ON CULTIVATION PERFORMANCE AND INTESTINE TISSUE OF FRESHWATER CRAYFISH *Cherax* *quadricarinatus* (VON MARTENS, 1868)

By

**Faishal Ramli Zulkarnain**

Formulated feed is an absolute necessity and is the main component to support production in aquaculture, especially the cultivation of freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*). The use of cheap and high-quality raw materials, such as fermented palm kernel meal (PKM), needs to be developed to minimize the use of imported raw materials such as soybean meal to reduce feed costs. This study aimed to evaluate the effect of using palm kernel meal fermented with *Aspergillus niger* in feed on the growth and intestinal tissue of freshwater crayfish. The research design used a completely randomized design (CRD) consisting of four treatments and three replications including P0 (feed with 0% BISF composition), P1 (feed with 4% BISF composition), P2 (feed with 8% BISF composition), and P3 (feed with 12% BISF composition). The data obtained was analyzed using analysis of variance and post hoc test with the Duncan test. Meanwhile, intestinal tissue parameters was analyzed descriptively. The results of the research showed that use of BISF up to 12% in feed was able to produce growth performance, feed conversion ratio, protein retention, intestinal conditions, and survival rate of freshwater crayfish that were relatively the same as freshwater crayfish fed a formulation made from soybean meal.

Keyword: freshwater crayfish, palm kernel meal (PKM), fermentation, *Aspergillus niger*, growth, and intestinal tissue.

**PENGARUH PENGGUNAAN BUNGKIL INTI SAWIT FERMENTASI  
PADA PAKAN TERHADAP PERFORMA BUDI DAYA  
DAN JARINGAN USUS LOBSTER AIR TAWAR  
*Cherax quadricarinatus* (VON MARTENS, 1868)**

**Oleh**

**Faishal Ramli Zulkarnain**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERIKANAN**

**Pada**

**Jurusan Perikanan dan Kelautan  
Fakultas Pertanian**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul : PENGARUH PENGGUNAAN BUNGKIL INTI SAWIT FERMENTASI PADA PAKAN TERHADAP PERFORMA BUDI DAYA DAN JARINGAN USUS LOBSTER AIR TAWAR *Cherax quadricarinatus* (VON MARTENS, 1868)

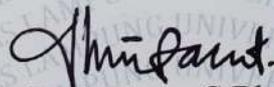
Nama : **Faishal Ramli Zulkamain**

NPM : 1914111013

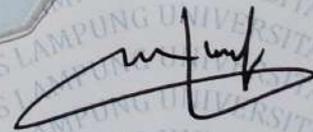
Jurusan/Program Studi : Perikanan dan Kelautan/Budidaya Perairan

Fakultas : Pertanian



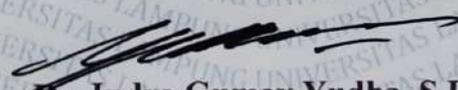


**Limin Santoso, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19770327 200501 1 001



**Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19851223 202012 1 008

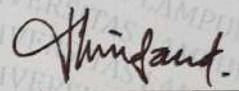
2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

  
**Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19700815 199903 1 001

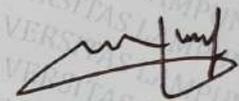
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

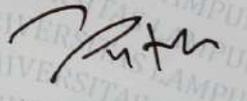
**Ketua : Limin Santoso, S.Pi., M.Si.**



**Sekretaris : Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Yudha Trinoegraha A., S.Pi., M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanto Futas Hidayat, M.P.**

**HP. 1964181989021002**

**Tanggal lulus ujian skripsi: 28 Mei 2024**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, Agustus 2024

Yang Membuat Pernyataan,



Faishal Ramli Zulkarnain  
1914111013

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Banarjoyo, Kecamatan Batanghari, Lampung Timur pada 05 Februari 2001 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Sarijo dan Ibu Nur ‘Aini. Pendidikan yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu Sekolah Dasar Negeri 2 Sumberrejo (2007-2013), Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Metro (2013-2016), dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Metro (2016-2019). Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung angkatan 2019 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten pada mata kuliah Manajemen Pakan Ikan (MPI). Selain itu, penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) sebagai anggota Bidang Kewirausahaan periode 2021 dan menerima beasiswa Karya Salemba Empat (KSE) pada tahun ajaran 2020-2021 dan 2021-2022. Penulis juga pernah menjadi ketua Bidang Pengabdian Masyarakat pada periode 2021-2022 di Paguyuban Karya Salemba Empat Universitas Lampung. Kemudian, penulis pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Labuhan Ratu 5, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur. Selain itu, penulis juga pernah melaksanakan Praktik Umum (PU) di Unit Pelaksana Teknis Pengembangan Budidaya Ikan (UPT-PBI) Pringsewu dengan judul “Pembesaran Ikan Patin di Unit Pelaksana Teknis Pengembangan Budidaya Ikan Pringsewu.”

Penulis juga telah melakukan penelitian pada Agustus-November 2023 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan Judul “Pengaruh Penggunaan Bungkil Inti Sawit Fermentasi pada Pakan terhadap Performa Budi Daya dan Jaringan Usus Lobster Air Tawar *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868).”

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur hanya kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat serta karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dengan kerendahan hati, kupersembahkan skripsi ini sebagai tanda bukti dan kasih cintaku yang tulus dan mendalam kepada:

Kedua orang tuaku, yang selalu memberikan doa, dukungan, nasehat serta pengorbanan demi tercapainya cita-citaku, terima kasih atas semua cinta dan kasih sayang yang telah Ayah dan Ibu berikan kepadaku.

Segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa serta terima kasih banyak untuk sahabat dan teman-teman yang telah memberikan banyak pengalaman dan kenangan berharga.

Almamater kebanggaan, Universitas Lampung

## **MOTO**

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib seseorang, hingga ia mengubah keadaan diri mereka sendiri.”

(Q.S. Ar-Ra'd: 11)

“Bangun dan bekerja keraslah meraih kesuksesan disaat orang-orang sibuk memimpikannya.”

(Mark Zuckerberg)

“Teruslah berbuat baik, karena hanya dengan itulah kamu akan selalu dikenang.”

(Faishal Ramli Zulkarnain)

## SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Bungkil Inti Sawit Fermentasi pada Pakan terhadap Performa Budi Daya dan Jaringan Usus Lobster Air Tawar *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868)”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberi dukungan, bantuan, dan juga bimbingannya:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Limin Santoso, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, kritik saran, arahan, dan waktu untuk selalu membimbing sehingga proses penyelesaian skripsi ini berjalan dengan sebaik-baiknya;
4. Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan ilmu, kritik saran, arahan, dan waktu untuk selalu membimbing sehingga proses penyelesaian skripsi ini berjalan dengan sebaik-baiknya;
5. Dr. Yudha Trinoegraha A., S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, kritik saran, arahan, dan waktu untuk selalu membimbing sehingga proses penyelesaian skripsi ini berjalan dengan sebaik-baiknya;

6. Seluruh dosen dan staf Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah turut membantu kelancaran penyelesaian skripsi;
7. Bapak dan Ibu selaku kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa, dukungan, saran serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan saran serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Hilma Nahwa Firdausi selaku rekan penelitian yang telah bersama-sama berjuang menyelesaikan rangkaian penelitian dan skripsi;
10. Rekan-rekan seperjuangan, Cipto Hadi Saputro, Ikhsan Putra Pratama, M. Daffa Varisco, M. Wahyu Chandra, Miftah Saifulloh, Raehan Kenhardi, Sandi M. Afriansyah, Santi Nur Indah Sari, Sesar Dermawan, Yogi Pratama, Ziddan Laudza Muhandis, dan Keluarga Besar Budidaya Perairan 2019 atas segala bantuan, semangat, serta doa selama masa perkuliahan sampai penyelesaian skripsi ini;

Semoga Allah Swt memberikan balasan atas kebaikan, ilmu, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi sumbangan pemikiran bagi pihak yang membutuhkan, khususnya bagi penulis sehingga tujuan yang diharapkan tercapai. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu dibutuhkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca.

Bandar Lampung, Agustus 2024  
Penulis,

Faishal Ramli Zulkarnain  
NPM. 1914111013

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SANWACANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Biologi Lobster Air Tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ).....	8
2.1.1 Klasifikasi .....	8
2.1.2 Morfologi .....	8
2.1.3 Habitat dan Karakteristik .....	9
2.1.4 Kebiasaan Makan dan Kebutuhan Nutrisi .....	10
2.2 Pakan Buatan .....	11
2.3 Bahan Pakan Sumber Protein Nabati .....	12
2.3.1 Tepung Bungkil Kedelai ( <i>Soybean meal</i> ).....	12
2.3.2 Tepung Bungkil Inti Sawit ( <i>Palm Kernel Meal</i> ).....	13

2.4 Fermentasi.....	14
2.5 <i>Aspergillus niger</i> .....	15
2.6 Morfologi Usus Lobster Air Tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) .....	16
<b>III. METODE</b> .....	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Rancangan Penelitian .....	20
3.4 Prosedur Penelitian.....	20
3.4.1 Pembuatan Pakan.....	20
3.4.2 Analisis Fisik Pakan .....	22
3.4.3 Persiapan Wadah dan Media Pemeliharaan .....	23
3.4.4 Persiapan Hewan Uji .....	23
3.4.5 Pemeliharaan .....	23
3.5 Pengamatan Hasil.....	24
3.5.1 Pertumbuhan Berat Mutlak .....	24
3.5.2 Pertumbuhan Panjang Mutlak .....	24
3.5.3 Laju Pertumbuhan Spesifik .....	25
3.5.4 Rasio Konversi Pakan.....	25
3.5.5 Retensi Protein .....	25
3.5.6 Tingkat Kelangsungan Hidup .....	26
3.5.7 Histologi Jaringan Usus .....	26
3.5.8 Kualitas Air .....	26
3.6 Analisis Data.....	27
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>28</b>
4.1 Hasil .....	28
4.1.1 Kualitas Fisik Pakan .....	28
4.1.2 Kandungan Nutrisi Pakan .....	28
4.1.3 Pertumbuhan Berat Mutlak .....	29
4.1.4 Pertumbuhan Panjang Mutlak .....	30
4.1.5 Laju Pertumbuhan Spesifik.....	31

4.1.6 Rasio Konversi Pakan.....	31
4.1.7 Retensi Protein .....	32
4.1.8 Tingkat Kelangsungan Hidup .....	33
4.1.9 Jaringan Usus .....	34
4.1.10 Kualitas Air .....	36
4.2 Pembahasan .....	36
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Simpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat mutu pakan buatan untuk lobster air tawar ( <i>Cherax</i> ).....	12
2. Alat yang digunakan dalam penelitian .....	18
3. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	19
4. Formulasi pakan yang digunakan dalam penelitian.....	21
5. Hasil analisis fisik pakan.....	28
6. Hasil analisis proksimat pakan .....	29
7. Deskripsi jaringan usus lobster air tawar .....	34
8. Hasil pengukuran kualitas air pemeliharaan.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran .....	5
2. Lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ).....	8
3. Bungkil inti sawit .....	13
4. <i>Aspergillus niger</i> yang dibiakkan pada media beras.....	15
5. Morfologi usus lobster air tawar .....	17
6. Tata letak wadah pemeliharaan .....	20
7. Pertumbuhan berat mutlak lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) yang diberi pakan berbahan baku bungkil inti sawit fermentasi.....	29
8. Pertumbuhan panjang mutlak lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) yang diberi pakan berbahan baku bungkil inti sawit fermentasi.....	30
9. Laju pertumbuhan spesifik lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) yang diberi pakan berbahan baku bungkil inti sawit fermentasi.....	31
10. Rasio konversi pakan lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) yang diberi pakan berbahan baku bungkil inti sawit fermentasi .....	32
11. Retensi protein lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) yang diberi pakan berbahan baku bungkil inti sawit fermentasi.....	33
12. Tingkat kelangsungan hidup lobster air tawar ( <i>Cherax quadricarinatus</i> ) yang diberi pakan berbahan baku bungkil inti sawit fermentasi.....	34
13. Pembuatan starter <i>Aspergillus niger</i> .....	65
14. Fermentasi bungkil inti sawit .....	65
15. Pembuatan pakan uji .....	65
16. Persiapan hewan uji .....	66
17. Pemeliharaan lobster air tawar.....	66
18. Sampling pertumbuhan .....	66

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perikanan budi daya di Indonesia telah mengalami kemajuan yang signifikan dengan beberapa komoditas potensial mulai ditingkatkan, salah satunya lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). Menurut KKP (2022), jumlah produksi lobster air tawar di Indonesia pada 2019-2022 yang tercatat sebesar 11.898,39 ton. Berdasarkan fakta tersebut, prospek budi daya lobster air tawar kedepannya cukup menjanjikan. Lobster air tawar (LAT) memiliki kandungan protein yang tinggi dan mudah dibudidayakan (Abdurrasyid, 2021). Beberapa keunggulan lain yang dimiliki lobster bercapit merah ini di antaranya yaitu tidak mudah stres dan terserang penyakit, tidak memiliki sifat menggali lubang pada dasar dan pematang kolam, serta bentuknya yang mirip dengan lobster laut sehingga diminati konsumen (Lengka *et al.*, 2013). Saat ini, lobster air tawar telah menjadi komoditas akuakultur penting di mana sejumlah negara telah memintanya, baik dalam kondisi hidup maupun beku, dengan Jepang menjadi potensi pasar yang paling besar di Asia (Ernawati & Chrisbiyantoro, 2017). Permintaan pasar yang meningkat dan produksinya yang masih terbatas menjadikan lobster air tawar sebagai komoditas yang potensial untuk dibudidayakan (Partini *et al.*, 2019).

Upaya untuk meningkatkan produksi lobster air tawar secara nyata telah memunculkan permintaan akan penyediaan pakan buatan dalam menunjang kegiatan budi daya. Hal inilah yang masih menjadi masalah hingga saat ini karena pakan buatan khusus untuk lobster air tawar belum tersedia di pasaran. Jika tersedia, masalah lainnya adalah harga pakan komersil yang terus mengalami kenaikan akan berdampak pada tingginya biaya produksi mengingat 60-70% biaya dialokasikan

untuk pengadaan pakan (Muliati, 2018). Akibatnya, sebagian besar pembudi daya memanfaatkan pakan alami sebagai gantinya. Situasi ini menggambarkan bahwa kebanyakan pembudi daya tidak memperhatikan bahwa lobster air tawar memerlukan pakan buatan dengan protein yang cukup untuk pertumbuhan (Hutabarat *et al.*, 2015).

Pengetahuan mengenai formulasi pakan buatan yang tepat untuk budi daya lobster air tawar sangat penting diperhatikan karena berpengaruh terhadap tingkat efisiensi pakan dan performa pertumbuhan. Berdasarkan ketentuan yang diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional tahun 2013 tentang Persyaratan Mutu Pakan *Cherax*, lobster air tawar membutuhkan protein sebagai makronutrien utama yang berkisar 30-40% bergantung pada ukurannya. Pakan dengan kandungan protein yang cukup tinggi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sumber utama protein dalam pakan buatan umumnya selain tepung ikan (*fish meal*) adalah tepung bungkil kedelai (*soybean meal*). Penggunaan bungkil kedelai dalam pakan masih belum dapat tergantikan oleh bahan baku nabati lainnya. Akibatnya, ketergantungan terhadap bungkil kedelai impor yang harganya relatif lebih mahal tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, perlu ditemukan alternatif bahan baku lokal potensial yang dapat menjadi *partial replacement* dari bungkil kedelai guna menjaga kontinuitas usaha budi daya lobster air tawar. Bahan baku lokal yang digunakan sebaiknya memiliki harga yang murah, mudah didapatkan, dan bukan makanan pokok manusia (Eddy *et al.*, 2019).

Bahan baku alternatif yang dapat digunakan dalam pakan budi daya lobster air tawar adalah bungkil inti sawit (BIS). Menurut Zarei *et al.* (2012), BIS merupakan hasil ikutan dari proses penekanan inti sawit untuk diambil minyaknya. Potensi BIS untuk digunakan sebagai bahan baku alternatif karena ketersediaannya sangat melimpah. Berdasarkan data statistik Direktorat Jenderal Perkebunan (2022), produksi inti sawit Indonesia meningkat pada periode 2020-2022 berturut-turut yaitu 9,14 juta ton, 9,37 juta ton, dan 9,64 juta ton. Hal ini berdampak pada meningkatnya hasil samping dari pengolahan minyak inti sawit berupa bungkil inti sawit (Pasaribu, 2018). Selain ketersediaannya yang melimpah, BIS juga mengandung

protein kasar yang berkisar 14-20% (Zarei *et al.*, 2012). Menurut Mirnawati *et al.* (2014), kandungan protein BIS masih dapat ditingkatkan dengan pengolahan secara fermentasi sehingga menjadi bungkil inti sawit fermentasi (BISF). Pengolahan BIS juga bertujuan untuk meningkatkan kecernaannya dan menambah manfaat BIS sebagai sumber protein dalam pakan budi daya lobster air tawar.

Pengolahan secara fermentasi dapat meningkatkan nilai protein dan ketersediaan nutrisi BIS dibandingkan dengan pengolahan secara fisika dan kimiawi (Puastuti *et al.*, 2014). Beberapa mikroorganisme yang telah dimanfaatkan untuk pengolahan BIS secara fermentasi antara lain *Rhizopus oryzae* yang berhasil meningkatkan kadar protein BIS sebesar 4,03% (Orthman *et al.*, 2013), *Eupenicillium javanicum* yang berhasil meningkatkan kadar protein BIS hingga sebesar 63,47% (Mirnawati *et al.*, 2014), dan *Aspergillus niger* yang mampu meningkatkan kadar protein BIS hingga 84,41% (Puastuti *et al.*, 2014). Sementara itu, penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Samsuar & Chairunisa (2021), menyatakan bahwa penggunaan 16,36% BIS dalam pakan bandeng (*Chanos chanos*) menghasilkan pertumbuhan yang terbaik. Adapun penelitian Amri (2007), menyimpulkan bahwa penggunaan 18% BISF dalam pakan menghasilkan performa pertumbuhan dan rasio konversi pakan yang terbaik pada ikan mas (*Cyprinus carpio*). Mengacu pada beberapa penelitian tersebut, penelitian penggunaan BISF terhadap performa budi daya dan jaringan usus lobster air tawar perlu dilakukan. Dengan adanya informasi ini, BISF diharapkan dapat menjadi sumber protein alternatif andalan dalam pakan budi daya lobster air tawar di masa yang akan datang.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan bungkil inti sawit fermentasi dalam pakan terhadap performa budi daya dan jaringan usus lobster air tawar.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

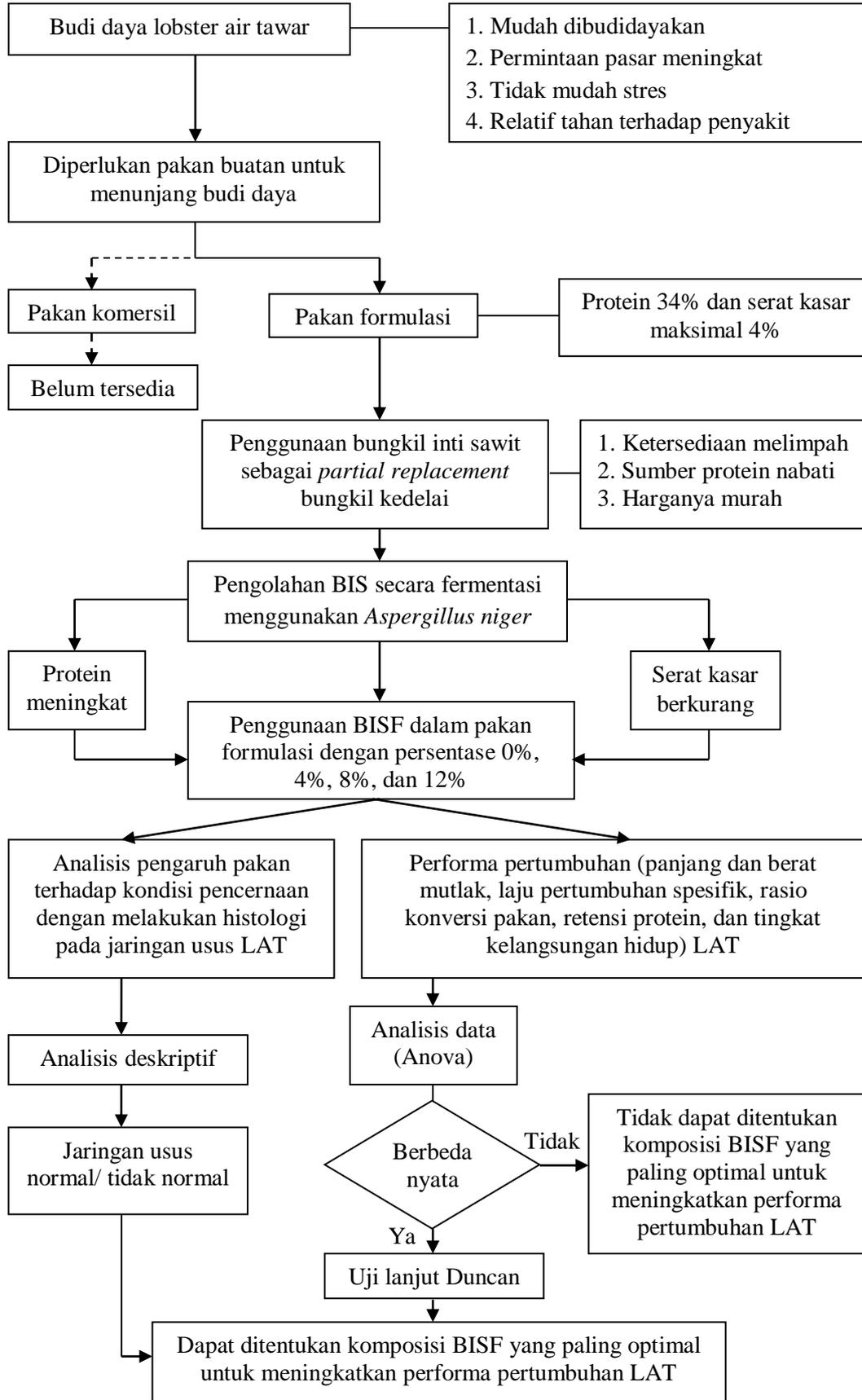
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai formulasi pakan buatan dengan persentase penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang tepat

untuk mengurangi penggunaan bungkil kedelai dalam pakan guna meningkatkan efisiensi usaha budi daya lobster air tawar.

#### 1.4 Kerangka Pemikiran

Perikanan budi daya di Indonesia telah mengalami kemajuan signifikan dengan beberapa komoditas potensial terus ditingkatkan, salah satunya lobster air tawar. Produksi lobster air tawar di Indonesia pada tahun 2019-2022 yang tercatat mencapai 11.898,39 ton (KKP, 2022). Berdasarkan fakta tersebut, usaha budi daya lobster air tawar cukup potensial untuk dikembangkan mengingat tingginya permintaan pasar dan masih terbatasnya tingkat produksi. Untuk mewujudkan tujuan itu, maka ketersediaan pakan buatan dalam menunjang kegiatan budi daya lobster air tawar mutlak diperlukan. Ketersediaan pakan buatan menjadi sangat penting melihat fakta bahwa banyak pembudi daya yang masih menggunakan pakan alami serta kurang memperhatikan bahwa lobster air tawar memerlukan protein yang cukup untuk pertumbuhan (Hutabarat *et al.*, 2015).

Pengetahuan mengenai formulasi pakan buatan yang tepat menjadi kunci keberhasilan terwujudnya budi daya lobster air tawar yang meningkat dan berkelanjutan. Selain itu, ketergantungan terhadap bungkil kedelai impor sudah saatnya dikurangi demi menjaga kestabilan harga pakan dari resiko kenaikan. Penggunaan BIS sebagai *partial replacement* bungkil kedelai dalam pakan buatan untuk lobster air tawar menjadi alternatif yang layak dikembangkan. BIS cukup potensial sebagai bahan baku pakan karena mengandung protein kasar yang mencapai 20% (Zarei *et al.*, 2012). Kandungan protein tersebut masih dapat ditingkatkan melalui fermentasi dengan menggunakan kapang jenis *Aspergillus niger* (Puastuti *et al.*, 2014). Pengolahan bungkil inti sawit melalui fermentasi juga bertujuan untuk mengurangi kandungan serat kasar di dalamnya sehingga dapat meningkatkan kecernaannya. Oleh karena itu, untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan BISF dalam pakan terhadap pertumbuhan dan pencernaan, pengamatan terhadap parameter pertumbuhan dan kondisi usus lobster air tawar perlu dilakukan. Gambaran umum kerangka pemikiran penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

## 1.5 Hipotesis

Pada penelitian ini, hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

### 1. Pertumbuhan berat mutlak

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, semua pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan berat mutlak lobster air tawar.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, minimal ada satu pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan berat mutlak lobster air tawar.

### 2. Pertumbuhan panjang mutlak

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, semua pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak lobster air tawar.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, minimal ada satu pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak lobster air tawar.

### 3. Laju pertumbuhan spesifik

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, semua pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi tidak berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik lobster air tawar.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, minimal ada satu pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik lobster air tawar.

#### 4. Rasio konversi pakan

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, semua pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi tidak berbeda nyata terhadap rasio konversi pakan lobster air tawar.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, minimal ada satu pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang berbeda nyata terhadap rasio konversi pakan lobster air tawar.

#### 5. Retensi protein

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, semua pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi tidak berbeda nyata terhadap retensi protein lobster air tawar.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, minimal ada satu pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang berbeda nyata terhadap retensi protein lobster air tawar.

#### 6. Tingkat kelangsungan hidup

$H_0$  : semua  $\tau_i = 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, semua pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi tidak berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup lobster air tawar.

$H_1$  : minimal ada satu  $\tau_i \neq 0$

Pada tingkat kepercayaan 95%, minimal ada satu pengaruh perlakuan pakan dengan ataupun tanpa penggunaan bungkil inti sawit fermentasi yang berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup lobster air tawar.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biologi Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*)

#### 2.1.1 Klasifikasi

Klasifikasi lobster air tawar menurut Clark (1936) adalah sebagai berikut.

- Filum : Arthropoda
- Kelas : Crustacea
- Sub kelas : Malacostraca
- Ordo : Decapoda
- Famili : Parastacidae
- Genus : *Cherax*
- Spesies : *Cherax quadricarinatus*



Gambar 2. Lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*)  
Sumber: Belle & Yeo (2010)

#### 2.1.2 Morfologi

Lobster air tawar termasuk ke dalam jenis udang-udangan (*crustacea*) dengan ciri morfologi seperti jenis udang lainnya. Bagian tubuhnya terdiri atas tiga bagian yaitu kepala dan dada yang disebut *chepalothorax*, bagian badan (*abdomen*), serta bagian ekor (*telson*). Pada bagian kepala lobster air tawar ditutupi oleh kulit yang

keras atau disebut cangkang kepala (*carapace*) dan pada kepala bagian depan terdapat *rostrum* yang memiliki bentuk meruncing. Menurut Eprilurahman *et al.* (2021), *Cherax quadricarinatus* memiliki periopoda pertama yang sangat besar. *Cherax quadricarinatus* merupakan anggota dari famili Parastacidae yang memiliki tiga pasang duri *rostrum* (*spines rostrum*) dimana duri yang pertama terdapat di tengah *rostrum*, dekat dengan organ mata (Eprilurahman *et al.*, 2021).

Lobster air tawar memiliki beberapa alat pelengkap yaitu satu pasang antena yang berfungsi sebagai perasa dan peraba terhadap pakan dan kondisi lingkungan. Hewan air ini juga memiliki satu pasang *antennula* yang berfungsi untuk mencium pakan, satu mulut, dan sepasang capit (*cheliped*), yang lebar dan lebih panjang dibandingkan dengan ruas dasar capitnya. Pada bagian *abdomen* terdiri atas enam ruas dengan bentuk agak memipih dan ukuran lebar rata-rata hampir sama dengan lebar kepala. Bagian ekor terdiri dari ekor tengah (*telson*) yang memipih, sedikit lebar dan dilengkapi dengan duri-duri halus yang terletak di seluruh bagian tepi ekor, serta dua pasang ekor samping (*uropod*) yang memipih. Sementara pada bagian kaki terdiri atas enam pasang kaki renang (*plepod*), yang berperan dalam melakukan gerak renang dan empat pasang kaki lainnya untuk berjalan (Iskandar, 2003).

### **2.1.3 Habitat dan Karakteristik**

Lobster air tawar jenis *Cherax quadricarinatus* merupakan krustasea air tawar yang berasal dari Queensland Utara, Australia, dan selatan Papua Nugini (Patoka *et al.*, 2018). Hewan air ini umumnya menghuni wilayah perairan menggenang maupun mengalir seperti rawa-rawa, danau, dan sungai yang terdapat tempat untuk berlindung (Setiawan *et al.*, 2010). Menurut Setiawan *et al.* (2010), habitat lobster air tawar adalah berada pada perairan dengan suhu berkisar 23-31°C. Sementara kisaran pH yang mampu ditoleransi sebesar 7-8 dan kandungan oksigen terlarut berkisar 7-10 ppm (Iskandar, 2003). Patoka *et al.* (2016), menyatakan bahwa lobster air tawar juga memiliki kemampuan beradaptasi yang tinggi di sebagian besar wilayah perairan daratan Indonesia.

Karakteristik yang dimiliki oleh lobster air tawar di antaranya yaitu beraktivitas pada malam hari (nokturnal) dan bersembunyi di balik bebatuan atau naungan lainnya. Lobster air tawar merupakan pemakan oportunistis, terutama sisa-sisa tumbuhan dan mikroorganisme yang ditemukan di dasar perairan. Lobster air tawar dewasa memakan segala jenis makanan (omnivora), terutama tumbuhan dan hewan air yang masih segar maupun yang telah membusuk. Selain itu, krustasea jenis ini juga memiliki sifat kanibal dan sering berganti kulit (*moulting*), utamanya saat masih muda (juvenil). Salah satu sifat unik yang dimiliki lobster air tawar bercapit merah ini yaitu akan berpindah tempat jika terjadi perubahan kondisi lingkungan yang ekstrim. Pada dasarnya lobster air tawar dapat hidup selama  $\pm 80$  jam tanpa air pada suhu udara  $12^{\circ}\text{C}$  dan lembab (Wiyanto & Hartono, 2006).

#### **2.1.4 Kebiasaan Makan dan Kebutuhan Nutrisi**

Lobster air tawar mempunyai kebiasaan makan politrofik di sepanjang hidupnya, mulai dari detritivor, omnivora, atau predator (Haubrock *et al.*, 2021). Makanan alami yang sering dikonsumsi oleh lobster air tawar adalah tumbuhan dan hewan yang membusuk. Menurut Marufu *et al.* (2018), lobster air tawar juga memakan makrofita serta memangsa makroinvertebrata dan ikan. Pada umumnya, lobster air tawar sama seperti jenis krustasea air tawar lainnya yang cenderung lebih banyak mengonsumsi makanan kaya karbohidrat, sedangkan krustasea laut (udang dan lobster) cenderung lebih karnivora dan menyukai banyak protein dalam makanannya. Lobster air tawar saat masih muda (juvenil) mempunyai kemampuan menyaring dan mengikis alga dari permukaan sehingga tidak selektif dalam hal jenis makanan karena memiliki serangkaian enzim pencernaan yang dapat mencerna berbagai bahan organik yang berasal dari hewan dan tumbuhan (Figueiredo *et al.*, 2001).

Lobster air tawar sangat membutuhkan protein sebagai makronutrien utama yang berperan penting dalam proses mempertahankan hidup, seperti reproduksi dan pertumbuhan. Pada krustasea seperti lobster air tawar, kebutuhan protein dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tahap fisiologis hewan, ukuran, karakteristik makanan (kecernaan) dan faktor abiotik (D'Abramo *et al.*, 1997). Penelitian dalam

menentukan kebutuhan protein yang optimal sangat penting untuk memastikan bahwa tidak ada protein katabolisme terjadi untuk memenuhi kebutuhan energi dan menghambat pertumbuhan somatik (Sedgwick, 1979). Penyediaan terlalu banyak protein dalam pakan akan merugikan karena hanya sebagian yang digunakan untuk mensintesis protein baru sementara sisanya akan diubah menjadi energi dan/atau limbah. Tingkat kebutuhan protein pakan lobster air tawar sama seperti krustasea pada umumnya yaitu bervariasi dari 30-60% bergantung pada spesiesnya (Smith *et al.*, 2005). Menurut Webster *et al.* (1994), tingkat protein optimal yang dibutuhkan lobster air tawar dalam budi daya sistem resirkulasi dan akuarium yaitu sebesar 33% atau 330 g/kg pakan. Untuk mempercepat pertumbuhan lobster air tawar secara maksimal, pakan harus bermutu baik dan jumlahnya mencukupi. Selain protein, pakan juga harus mengandung nutrisi seperti lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral (NRC, 1993).

## **2.2 Pakan Buatan**

Pakan merupakan salah satu faktor terpenting dalam suatu usaha budi daya perikanan. Ketersediaan pakan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup komoditas yang dibudidayakan. Dalam proses budi daya lobster air tawar khususnya pada segmentasi pembesaran, faktor terpenting adalah ketersediaan pakan dalam jumlah yang cukup. Menurut Muliati (2018), pakan memberikan kontribusi terbesar yaitu mencapai 60-70% dari total biaya produksi dan pakan tersebut harus mengandung seluruh nutrisi yang diperlukan seperti protein, karbohidrat, lemak, mineral, vitamin serta asam amino esensial dalam jumlah cukup dan seimbang.

Untuk memenuhi kebutuhan pakan dalam kegiatan budi daya, keberadaan pakan buatan menjadi sangat penting. Pakan buatan merupakan pakan yang sengaja dibuat oleh manusia dengan formulasi tertentu yang mengacu pada kebutuhan nutrisi komoditas yang dibudidayakan. Pada budi daya lobster air tawar, pemberian pakan yang cukup dengan kandungan nutrisi yang sesuai sangat penting untuk mendapatkan pertumbuhan yang baik. Kebutuhan nutrisi untuk setiap komoditas

budi daya berbeda-beda. Khusus untuk budi daya lobster air tawar, protein yang harus ada dalam pakan buatan berkisar antara 30-40% bergantung pada ukuran lobster air tawar yang dipelihara. Kebutuhan nutrisi bagi lobster air tawar jenis *Cherax* telah diatur oleh Badan Standarisasi Nasional melalui SNI Nomor 7675 Tahun 2013 yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Syarat mutu pakan buatan untuk lobster air tawar (*Cherax*)

Nutrien	Satuan	Persyaratan			
		Ukuran lobster air tawar (cm)			
		< 2,5	2,5-5	6-10	>10
Kadar protein (min)	%	40	36	34	30
Kadar lemak (min)	%	5	5	5	5
Kadar serat kasar (maks)	%	4	4	4	6
Kadar abu (maks)	%	14	14	14	14
Kadar air (maks)	%	12	12	12	12

\*SNI Nomor 7675 Tahun 2013

## 2.3 Bahan Pakan Sumber Protein Nabati

### 2.3.1 Tepung Bungkil Kedelai (*Soybean Meal*)

Bungkil kedelai merupakan limbah proses pengolahan kedelai yang sudah diambil minyaknya sehingga tersisa hanya bungkilnya yang masih mempunyai nilai gizi (Mathius & Sinurat, 2001). Bungkil kedelai memiliki kandungan nutrisi yang baik terutama proteinnya yang cukup tinggi sehingga dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku utama pakan ikan. Ibanez *et al.* (2020) menjelaskan bahwa bungkil kedelai menjadi sumber protein paling umum dalam pakan yang sebagian besar ketersediannya disuplai oleh negara-negara seperti Amerika Serikat, Brazil, Argentina, dan India. Kualitas protein dan kandungan nutrisi dari bungkil kedelai sangat dipengaruhi oleh wilayah geografis produksinya (Ravindran *et al.*, 2014).

Bungkil kedelai memiliki kandungan protein yang dominan jika dibandingkan dengan kandungan nutrisi lainnya. Menurut Ravindran *et al.* (2014), karakteristik dari bungkil kedelai adalah kandungan protein kasarnya yang tinggi serta profil dan ketersediaan asam aminonya yang sangat baik. Selain memiliki keunggulan,

bungkil kedelai juga memiliki kandungan yang merugikan yaitu inhibitor tripsin (Zhang *et al.*, 2022). Berbagai upaya telah diaplikasikan untuk menghilangkan faktor negatif tersebut. Pemanasan menjadi cara yang efektif untuk menurunkan penghambat tripsin dengan perlakuan pada suhu 121° C selama 15 menit cukup untuk mengurangi lebih dari 90% aktivitas ini dan memberikan kelarutan protein lebih dari 80% (Machado *et al.*, 2008).

### **2.3.2 Tepung Bungkil Inti Sawit (*Palm Kernel Meal*)**

Bungkil inti sawit (BIS) merupakan hasil ikutan dari pengolahan kelapa sawit pada proses ekstraksi atau penekanan inti sawit untuk diambil minyaknya (Zarei *et al.*, 2012). BIS merupakan limbah pengolahan minyak inti sawit yang memiliki tekstur sedikit kasar dan warna yang gelap (Gambar 3). Limbah pengolahan inti sawit ini memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, namun belum dimanfaatkan. BIS telah banyak dimanfaatkan sebagai alternatif bahan pakan ternak ruminansia dan beberapa kali juga telah diujikan pada ikan sebagai bahan tambahan namun masih terbatas. Hal ini karena BIS memiliki beberapa faktor pembatas seperti rendahnya kadar protein, minimnya asam amino, tingginya serat kasar, dan adanya kontaminasi cangkang (Sinurat *et al.*, 2013).



Gambar 3. Bungkil inti sawit

Bungkil inti sawit berpotensi menjadi bahan pakan alternatif karena mengandung asam amino esensial dan memiliki kandungan mineral yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan nabati lainnya seperti dedak dan jagung (Tsaniyah & Hermawan, 2015). BIS juga tersusun dari karbohidrat dengan kandungan yang

berupa selulosa,  $\beta$ -mannan, dan lignin yang perlu disederhanakan komposisinya agar meningkatkan penyerapan nutrisinya (Puastuti *et al.*, 2014). Pengolahan tambahan diperlukan untuk mendegradasi kandungan penghambat penyerapan nutrisi dalam BIS. Pengolahan BIS juga bertujuan untuk meningkatkan kecernaannya, sehingga meningkatkan manfaat BIS sebagai sumber protein terutama untuk komoditas akuakultur.

## 2.4 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses perubahan kimia dari senyawa-senyawa organik yang terjadi secara aerob maupun anaerob melalui aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba (Surianti *et al.*, 2020). Mikroba yang umumnya terlibat dalam fermentasi adalah bakteri, khamir, dan kapang (Kusuma *et al.*, 2020). Jenis mikroba yang digunakan dalam pengolahan secara fermentasi harus disesuaikan dengan substrat yang digunakan. Hal ini karena setiap jenis mikroba mempunyai spesifikasi kemampuan yang berbeda dalam merubah komponen penyusun substrat. Prinsip dasar fermentasi adalah mengaktifkan aktivitas mikroba tertentu agar dapat merubah sifat bahan yang tidak mudah dicerna seperti selulosa menjadi gula sederhana yang mudah dicerna sehingga akan dihasilkan produk yang bermanfaat. Beberapa faktor yang memengaruhi fermentasi antara lain mikroorganisme, substrat (*medium*), pH (keasaman), suhu, oksigen, dan aktivitas air. Selain itu, proses fermentasi juga dipengaruhi oleh waktu yang merupakan variabel yang berkaitan dengan fase pertumbuhan mikroba selama proses fermentasi berlangsung sehingga akan berpengaruh terhadap produk fermentasi yang dihasilkan (Kusuma *et al.*, 2020).

Pada dasarnya dalam fermentasi terjadi proses metabolik dengan bantuan enzim dari mikroba untuk melakukan oksidasi, hidrolisa, dan reaksi. Proses fermentasi dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi seperti protein dan energi metabolis serta mampu memecah komponen kompleks menjadi lebih sederhana. Oleh karena itu, fermentasi banyak digunakan dalam pengolahan bahan baku pakan dengan tujuan untuk meningkatkan nutrisi dan kecernaannya. Bahan pakan yang telah

mengalami fermentasi umumnya memiliki nilai nutrien yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan asalnya dan komponen penyusunnya akan berubah menjadi lebih sederhana sehingga mudah dicerna (Putri *et al.*, 2017).

### 2.5 *Aspergillus niger*

Klasifikasi *Aspergillus niger* menurut Alexopoulos & Mims (1979) adalah sebagai berikut.

- Divisi : Mycota
- Kelas : Ascomycetes
- Sub Kelas : Euasomycetidae
- Ordo : Eurotiales
- Famili : Eurotiaceae
- Genus : *Aspergillus*
- Spesies : *Aspergillus niger*



Gambar 4. *Aspergillus niger* yang dibiakkan pada media beras

*Aspergillus niger* merupakan jamur multiseluler (mempunyai inti lebih dari satu) yang membentuk benang-benang hifa/filamen (Gambar 4). *Aspergillus niger* termasuk ke dalam jenis kapang dengan ciri-ciri yang khas yaitu tubuh terdiri dari benang yang bercabang-cabang (hifa), tidak mempunyai klorofil, dan hidup heterotrof (Palinggi *et al.*, 2008). Menurut Ade (2013), *Aspergillus niger* mempunyai karakteristik yang khas yaitu adanya lapisan konidiofor yang rapat dan padat berwarna coklat gelap sampai hitam. *Aspergillus niger* berkembang biak dengan cara

vegetatif dan generatif melalui pembelahan sel dan spora-spora yang dibentuk dalam askus atau kotak spora (Palinggi *et al.*, 2008).

*Aspergillus niger* adalah mikroorganisme dari jenis kapang yang dianggap aman oleh Food and Drug Administration (FDA) dan digolongkan sebagai mikroba GRAS (*generally recognized as safe*) (Palinggi *et al.*, 2008). *Aspergillus niger* menjadi salah satu mikroorganisme penting yang digunakan dalam bioteknologi. Secara kultur tunggal, *Aspergillus niger* seringkali dimanfaatkan dalam pengolahan pakan karena kemampuannya dalam mendegradasi kandungan selulosa dan mengubah pati menjadi protein. Hal ini karena *Aspergillus niger* merupakan mikroorganisme yang tidak hanya menghasilkan enzim selulolitik, melainkan juga menghasilkan enzim amilolitik seperti enzim amilase dan glukoamilase (Safitri & Samingan, 2013). Hasil penelitian Puastuti *et al.* (2014), menunjukkan bahwa *Aspergillus niger* mampu meningkatkan kadar protein pada bungkil inti sawit hingga 84,41%.

## **2.6 Morfologi Usus Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*)**

Saluran pencernaan krustasea seperti lobster air tawar terbagi menjadi lima bagian yaitu kerongkongan, lambung besar, lambung pilorus yang lebih kecil, usus tengah (usus), dan usus belakang (*rektum*) (Macri *et al.*, 2013). Usus tengah dan usus belakang pada lobster air tawar memiliki perbedaan struktural yang disebabkan oleh adanya perbedaan fungsional. Usus tengah dan usus belakang memiliki perbedaan fungsional dimana epitel pada usus tengah mengandung sel-sel penyerap yang digunakan untuk penyerapan nutrisi, sedangkan usus belakang berfungsi dalam proses pengemasan, pelumasan, dan transportasi feses (To *et al.*, 2004).

Pada umumnya usus berfungsi dalam proses pencernaan dan penyerapan nutrisi (Ikpegbu *et al.*, 2014). Kinerja usus yang baik membuat penyerapan nutrisi pakan menjadi lebih optimal. Struktur usus yang mengalami kerusakan dapat menyebabkan mekanisme penyerapan menjadi terganggu (Firdasari *et al.*, 2014). Sebaliknya, kualitas dan kuantitas pakan yang dikonsumsi akan berpengaruh terhadap

kondisi usus. Berdasarkan hasil penelitian Chen *et al.* (2020), usus lobster air tawar dalam kondisi baik apabila sel-sel epitel usus terhubung dengan erat, mikrovili tersusun rapi dan padat, serta tidak terdapat nekrosis atau cedera pada sel epitel (Gambar 5).



Gambar 5. Morfologi usus lobster air tawar

Keterangan: (a) *Brush border*; (b) *Epithelium*; (c) *Nuclei*; (d) *Lumen* (Chen *et al.*, 2020)

### III. METODE

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada Agustus-November 2023 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama alat	Kegunaan
1.	Akuarium	Wadah pemeliharaan.
2.	Mesin pencetak pakan	Mencetak pakan tenggelam.
3.	Mesin penepung ( <i>grinder</i> )	Menghaluskan bahan baku pakan.
4.	Mesin pengaduk ( <i>mixer</i> )	Mencampur bahan baku pakan.
5.	Oven	Mengeringkan pakan yang telah dicetak.
6.	Ayakan 60 mesh	Mengayak bahan/tepung.
7.	Baskom	Wadah bahan pakan.
8.	Toples plastik	Wadah pembuatan starter <i>Aspergillus niger</i> .
9.	Autoclave	Untuk sterilisasi bungkil inti sawit.
10.	Tabung reaksi	Wadah pelarutan <i>Aspergillus niger</i> .
11.	Ose	Memindahkan <i>Aspergillus niger</i> .
12.	<i>Vortex</i>	Menghomogenkan larutan.
13.	Panci	Wadah pengukusan beras/media tumbuh <i>Aspergillus niger</i> .
14.	Kompas gas	Memasak beras/media tumbuh <i>Aspergillus niger</i> .
15.	Pengaduk nasi	Mengaduk beras saat dimasak.
16.	Inkubator	Menginkubasi starter <i>Aspergillus niger</i> .
17.	Timbangan digital	Menimbang bahan dan sampling pertumbuhan.
18.	<i>Scoopnet</i>	Mengambil dan memindahkan hewan uji.

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian (lanjutan)

No.	Nama alat	Kegunaan
19.	<i>Blower</i>	Menyuplai oksigen bagi hewan uji.
20.	Selang aerasi	Mengalirkan oksigen ke setiap wadah pemeliharaan.
21.	Batu aerasi	Memperkecil gelembung udara dalam air.
22.	Selang siphon	Membersihkan sisa pakan dan kotoran yang ada di dasar wadah pemeliharaan.
23.	Termometer	Mengukur suhu air pemeliharaan.
24.	pH meter	Mengukur pH air pemeliharaan.
25.	DO meter	Mengukur kadar oksigen terlarut dalam air.
26.	Alat bedah	Membedah dan mengambil organ usus hewan uji.
27.	Plastik hitam	Melapisi sisi akuarium.
28.	Gunting	Memotong plastik hitam.
29.	Lakban	Merekatkan plastik hitam.
30.	Kertas label	Penanda perlakuan dan sampel.
31.	Alat tulis	Mencatat seluruh kegiatan dan data penelitian.

Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama bahan	Kegunaan
1.	Lobster air tawar	Hewan uji dalam penelitian.
2.	Tepung ikan	Sumber protein hewani dalam pakan.
3.	Bungkil kedelai	Sumber protein nabati dan asam amino esensial.
4.	Tepung jagung	Sumber energi (lemak & karbohidrat).
5.	<i>Pollard</i>	Sumber protein nabati dan energi (karbohidrat).
6.	Bungkil inti sawit	Sumber protein nabati & energi (karbohidrat).
7.	Tepung tapioka	Perekat ( <i>binder</i> ) dalam pakan.
8.	Alginat	Penstabil ( <i>stabilizer</i> ) dalam pakan.
9.	Vitamin-mineral mix	Sumber vitamin, mineral dan asam amino tertentu.
10.	Minyak ikan	Sumber lemak hewani dan sebagai atraktan.
11.	<i>Aspergillus niger</i>	Agen fermentator.
12.	Beras	Media inokulasi.
13.	Pupuk ZA	Sumber nitrogen untuk pertumbuhan fungi.
14.	Pupuk urea	Sumber nitrogen untuk pertumbuhan fungi.
15.	Akuades	Pelarut dan pengencer .
16.	Probiotik	Menjaga keseimbangan bakteri dalam pencernaan hewan uji.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dengan tiga ulangan dengan rincian perlakuan sebagai berikut.

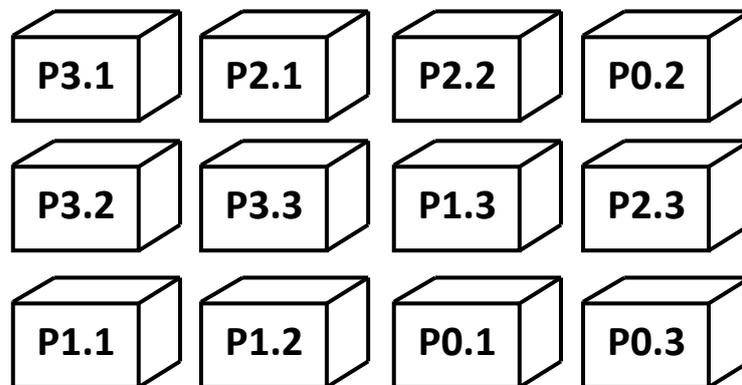
P0 = Pakan dengan komposisi BISF 0% (kontrol)

P1 = Pakan dengan komposisi BISF 4%

P2 = Pakan dengan komposisi BISF 8%

P3 = Pakan dengan komposisi BISF 12%

Wadah pemeliharaan dalam penelitian ini menggunakan akuarium sebanyak 12 unit yang disusun acak dengan urutan tata letak sebagai berikut (Gambar 6).



Gambar 6. Tata letak wadah pemeliharaan.

Keterangan:

P0.1, P0.2, P0.3: Kontrol ulangan 1, 2, dan 3

P1.1, P1.2, P1.3: Perlakuan 1 ulangan 1, 2, dan 3

P2.1, P2.2, P2.3: Perlakuan 2 ulangan 1, 2, dan 3

P3.1, P3.2, P3.3: Perlakuan 3 ulangan 1, 2, dan 3

### 3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan meliputi pembuatan pakan uji, persiapan wadah dan media pemeliharaan, persiapan hewan uji, pemeliharaan, dan pengamatan hasil.

#### 3.4.1 Pembuatan Pakan

Tahapan pembuatan pakan terdiri dari persiapan bahan baku, penghitungan formulasi, dan pembuatan pakan.

#### a. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku pakan perlakuan terdiri dari bahan utama yaitu tepung ikan, bungkil kedelai, bungkil inti sawit, tepung jagung, dan *pollard* serta bahan tambahan yaitu tepung tapioka, minyak cumi, vitamin-mineral mix, dan alginat. Bahan utama berupa tepung-tepungan digiling halus dan diayak hingga berbentuk seperti tepung. Selanjutnya, bahan baku BIS difermentasi menggunakan fungi *Aspergillus niger* yang telah diinokulasikan pada media beras (*starter*). Sebanyak 1 kg BIS yang telah halus ditambahkan dengan 600 mL air + 10 mL akuades yang mengandung 0,1g ZA dan 0,05g urea (untuk memacu pertumbuhan mikroba) kemudian disterilkan dalam *autoclave* selama 30 menit. Selanjutnya, BIS didiamkan pada suhu kamar agar dingin dan dicampur dengan *starter Aspergillus niger* sebanyak 8 g. Kemudian campuran tersebut diletakkan pada nampan plastik dan disimpan pada suhu 30°C secara aerob selama tiga hari. BIS yang telah difermentasi kemudian dioven pada suhu 80°C selama 2x24 jam untuk menurunkan kadar air dan menginaktifkan jamur sehingga aman digunakan sebagai bahan pakan.

#### b. Penghitungan Formulasi

Penentuan komposisi bahan baku dihitung menggunakan metode bujur sangkar kemudian diolah dalam *software* Microsoft Excel berdasarkan komposisi nutrisi yang disajikan pada Lampiran 1 dan 2. Selanjutnya bahan baku ditimbang sesuai dengan formulasi yang telah ditentukan (Tabel 4).

Tabel 4. Formulasi pakan yang digunakan dalam penelitian

No.	Bahan	P0 (g)	P1 (g)	P2 (g)	P3 (g)
1.	Tepung ikan	260	260	260	260
2.	Bungkil kedelai	340	300	260	220
3.	BISF	0	40	80	120
4.	Tepung jagung	150	150	150	150
5.	<i>Pollard</i>	180	180	180	180
6.	Minyak cumi	20	20	20	20
7.	Tepung tapioka	20	20	20	20
8.	Vitamin <i>premix</i>	5	5	5	5
9.	Mineral <i>premix</i>	5	5	5	5
10.	Alginat	20	20	20	20
	Total	1.000	1.000	1.000	1.000

### c. Pembuatan Pakan

Proses pembuatan pakan lobster air tawar terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pencampuran bahan, pencetakan dan pengeringan. Pencampuran bahan baku dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*) selama 10 menit, kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit sebanyak 10% dari berat bahan dan diaduk kembali selama lima menit sampai bahan tercampur secara merata dan menjadi adonan yang tidak buyar saat digenggam. Selanjutnya, bahan dicetak menjadi pakan tenggelam berukuran 2 mm. Pakan kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 2 jam. Pakan setengah kering tersebut kemudian dilapisi dengan minyak cumi untuk menambah aroma lalu dikeringkan kembali di dalam oven bersuhu 45° C selama 24 jam. Pakan yang telah kering selanjutnya diuji proksimat untuk memastikan nutrisi yang terkandung di dalamnya telah sesuai kebutuhan.

#### 3.4.2 Analisis Fisik Pakan

Parameter fisik pakan yang dianalisis meliputi tingkat kekerasan, tingkat homogenitas, dan kecepatan pecah pakan. Tingkat kekerasan pakan diukur dengan memasukkan 2 g pakan ke dasar pipa paralon yang diposisikan berdiri dengan ketinggian 100 cm. Pakan ditimpa dengan beban anak timbangan seberat 500 g, kemudian diayak menggunakan ayakan dengan mata ayakan berukuran 0,5 mm. Tingkat kekerasan pakan diamati dengan menghitung jumlah pakan yang tidak hancur dan tertinggal di dalam ayakan (Saade & Aslamyeh, 2009).

Tingkat homogenitas pakan dihitung dengan cara menggerus pakan sebanyak 5 g menggunakan mortar dengan tekanan yang sama. Selanjutnya, pakan uji diayak menggunakan ayakan dengan mata ayakan sebesar 0,5 mm. Persentase pakan yang lolos dari ayakan tersebut menunjukkan tingkat homogenitasnya (Mulia *et al.*, 2017). Sementara itu, pengujian kecepatan pecah pakan diamati secara visual dengan memasukkan 10 butir pakan ke dalam *beaker glass* yang berisi satu liter air. Selanjutnya, pakan yang berada di dalam air tersebut ditekan dengan menggunakan jari telunjuk secara periodik setiap lima menit sekali hingga pakan tersebut pecah/hancur (Saade & Aslamyeh, 2009).

### 3.4.3 Persiapan Wadah dan Media Pemeliharaan

Wadah pemeliharaan yang digunakan adalah akuarium berukuran 60 x 40 x 40 cm<sup>3</sup> berjumlah 12 unit. Akuarium terlebih dahulu dibersihkan lalu disterilkan menggunakan bubuk kalium permanganat melalui perendaman selama 24 jam. Akuarium dikeringkan dan dilengkapi dengan perangkat aerasi serta dilapisi dengan plastik hitam di seluruh sisinya. Setiap akuarium diberi pipa paralon berdiameter dua inci dan panjang 10 cm sebanyak 10 buah sebagai tempat berlindung (*shelter*) bagi lobster air tawar. Selanjutnya, akuarium diisi dengan air sebanyak 48 liter dan diberi humus dengan dosis 0,1 g/L air. Setelah didiamkan selama tiga hari, wadah dan media pemeliharaan siap untuk digunakan. Selain wadah dan media pemeliharaan, juga disediakan tandon air pada wadah yang berbeda.

### 3.4.4 Persiapan Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan adalah lobster air tawar berukuran  $5,27 \pm 0,8$  g sebanyak 120 ekor. Benih lobster air tawar yang diperoleh dari pembudi daya terlebih dahulu diaklimatisasi selama 15 menit di dalam bak berisi sedikit air, kemudian dipindahkan ke dalam kolam terpal untuk proses adaptasi selama satu minggu. Setelah proses adaptasi, benih lobster air tawar diukur panjang dan beratnya, lalu ditebar pada setiap wadah pemeliharaan dengan padat tebar 10 ekor/wadah.

### 3.4.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan lobster air tawar dilakukan selama 60 hari dengan frekuensi pemberian pakan dua kali sehari, yaitu pukul 08.00 dan 20.00 WIB. Pakan diberikan berdasarkan kebutuhan bobot tubuh dengan *feeding rate* 4% (Lesmana *et al.*, 2022). Pakan yang diberikan terlebih dahulu diberi probiotik yang mengandung *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus casei* dengan dosis sebanyak 5 mL/kg pakan untuk meningkatkan kecernaannya. Selama pemeliharaan, penyiponan dilakukan setiap hari dengan volume air yang terbuang sekitar 10-20%, sementara pergantian air dilakukan secara periodik setiap dua minggu sekali. Selama pemeliharaan juga dilakukan pengamatan (*sampling*) setiap 15 hari dengan parameter ukur yaitu panjang dan berat LAT serta tingkat kelangsungan hidupnya. Selain

itu, pengukuran kualitas air dilakukan setiap dua minggu dengan parameter ukur berupa suhu, pH, oksigen terlarut, dan amonia.

### 3. 5 Pengamatan Hasil

Parameter yang diamati pada penelitian ini yaitu pertumbuhan berat mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, retensi protein, tingkat kelangsungan hidup, histologi jaringan usus, dan kualitas air.

#### 3.5.1 Pertumbuhan Berat Mutlak

Pertumbuhan berat mutlak adalah selisih rata-rata berat tubuh lobster air tawar pada akhir dan awal pemeliharaan (Mulqan *et al.*, 2017). Pengukuran berat tubuh ini dilakukan menggunakan alat bantu berupa timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g dan dihitung dengan persamaan menurut Nuraisyah & Mukti (2022) yaitu:

$$W = W_t - W_0$$

Keterangan:

W = pertumbuhan berat mutlak (g)

$W_t$  = berat rata-rata pada akhir pemeliharaan (g)

$W_0$  = berat rata-rata pada awal pemeliharaan (g)

#### 3.5.2 Pertumbuhan Panjang Mutlak

Pertumbuhan panjang mutlak adalah selisih panjang rata-rata tubuh pada akhir dan awal pemeliharaan yang diukur mulai dari ujung rostrum hingga ujung telson (Mulqan *et al.*, 2017; BSN, 2013). Pengukuran panjang ini dilakukan menggunakan alat bantu berupa jangka sorong digital dengan ketelitian 0,1 mm dan dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Nuraisyah & Mukti (2022) yaitu:

$$L = L_t - L_0$$

Keterangan:

L = pertumbuhan panjang mutlak (cm)

$L_t$  = panjang rata-rata pada akhir pemeliharaan (cm)

$L_0$  = panjang rata-rata pada awal pemeliharaan (cm)

### 3.5.3 Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik lobster air tawar pada penelitian ini dihitung berdasarkan persamaan menurut Muchlisin *et al.* (2016) yaitu:

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

SGR = laju pertumbuhan spesifik (% per hari)

$W_t$  = berat rata-rata pada akhir pemeliharaan (g)

$W_0$  = berat rata-rata pada awal pemeliharaan (g)

T = lama waktu pemeliharaan (hari)

### 3.5.4 Rasio Konversi Pakan/*Feed Conversion Ratio*

Rasio konversi pakan (FCR) lobster air tawar dihitung menggunakan persamaan menurut Zonneveld *et al.* (1991) yaitu:

$$FCR = \frac{F}{(W_t + D) - W_0}$$

Keterangan:

FCR = rasio konversi pakan

F = total pakan yang diberikan (kg)

$W_t$  = biomassa akhir (kg)

$W_0$  = biomassa awal (kg)

D = bobot ikan mati (kg)

### 3.5.5 Retensi Protein

Retensi protein lobster air tawar dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Dewi & Tahapari (2017) sebagai berikut:

$$RP = \frac{(F_p - I_p)}{P} \times 100\%$$

Keterangan:

RP = retensi protein (%)

$F_p$  = jumlah protein tubuh pada akhir pemeliharaan (g)

$I_p$  = jumlah protein tubuh pada awal pemeliharaan (g)

$P$  = jumlah protein yang dikonsumsi selama pemeliharaan (g)

### 3.5.6 Tingkat Kelangsungan Hidup

Tingkat kelangsungan hidup lobster air tawar dihitung dengan persamaan menurut Nuraisyah & Mukti (2022) yaitu:

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100$$

Keterangan:

SR = tingkat kelangsungan hidup (%)

$N_t$  = jumlah hewan uji yang hidup pada akhir pemeliharaan (ekor)

$N_0$  = jumlah hewan uji yang hidup pada awal pemeliharaan (ekor)

### 3.5.7 Histologi Jaringan Usus

Histologi pada jaringan usus dilakukan untuk mengetahui gambaran kondisi usus lobster air tawar yang diberi pakan dengan tambahan BISF 4%, 8%, dan 12%, kemudian dibandingkan dengan kondisi usus lobster air tawar yang diberi pakan tanpa penggunaan BISF (kontrol). Pengamatan sampel usus LAT dilakukan pada hari ke-60. Sampel usus LAT yang diamati kemudian difiksasi dengan cara direndam dalam larutan Davidson selama 24-70 jam, kemudian disimpan dalam cairan etanol 70%. Sampel tersebut kemudian diserahkan ke Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang untuk dibuat preparat dengan metode pengamatan mikroskopis menggunakan pewarnaan hematoksilin dan eosin (HE). Hasil preparat tersebut kemudian diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x. Perubahan yang terjadi terhadap morfologi usus pada setiap perlakuan dianalisis secara deskriptif. Menurut Ismaya *et al.* (2017), usus yang tidak normal ditandai dengan adanya perubahan histopatologi, seperti adanya edema, degenerasi lemak, nekrosis, serta terjadinya erosi, dan lisis pada vili usus.

### 3.5.8 Kualitas Air

Data kualitas air pemeliharaan diperoleh dari hasil pengukuran secara periodik yang dilakukan pada hari ke-0, 14, 28, 42, dan 56. Parameter kualitas air yang

diukur antara lain suhu, pH, oksigen terlarut, dan amonia. Data hasil pengukuran kualitas air pemeliharaan tersebut kemudian disajikan dalam tabel.

### **3.6 Analisis Data**

Data kuantitatif yang didapatkan dari hasil penelitian meliputi pertumbuhan berat mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, retensi protein dan tingkat kelangsungan hidup dianalisis menggunakan sidik ragam (Anova). Data parameter pertumbuhan yang menunjukkan hasil berbeda nyata ( $P < 0,05$ ), kemudian diuji lanjut dengan uji *Duncan* pada tingkat kepercayaan 95%. Adapun data kualitatif berupa histologi jaringan usus dianalisis secara deskriptif.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Penggunaan bungkil inti sawit fermentasi (BISF) sampai dengan 12% dalam pakan mampu menghasilkan performa pertumbuhan, rasio konversi pakan, retensi protein, kondisi usus, dan tingkat kelangsungan hidup lobster air tawar yang relatif sama dengan lobster air tawar yang diberi pakan formulasi berbahan baku bungkil kedelai.

### **5.2 Saran**

Penggunaan bungkil inti sawit fermentasi (BISF) sampai dengan 12% direkomendasikan untuk mengurangi penggunaan bungkil kedelai dalam pakan lobster air tawar.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrasyid, Indrianto, Susanti, M. N. I., & Purwanto, Y. S. 2021. Detection of water quality in cryfish ponds with IoT. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*. 10(2): 886-897.
- Ade, F. Y. 2013. Isolasi dan identifikasi jamur-jamur pendegradasi amilosa pada empelur tanaman sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.). *Jurnal Ilmiah Edu Research*. 2(1): 27-34.
- Afrianto, E. & E. Liviawaty. 2005. *Pakan Ikan*. Kanisius. Yogyakarta. 141 hal.
- Alexopoulos, C. J. & Mims, C.W. 1979. *Introductory Mycology, 3rd Edition*. Wiley. New York. 632 hal.
- Amri, M. 2007. Pengaruh bungkil inti sawit fermentasi dalam pakan terhadap pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 9(1): 71-76.
- Arief, M., Pertiwi, D. K., & Cahyoko, Y. 2011. Pengaruh pemberian pakan buatan, pakan alami, dan kombinasinya terhadap pertumbuhan, rasio konservasi pakan dan tingkat kelulushidupan ikan sidat (*Anguilla bicolor*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 3(1): 61-65.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 7675: Pakan Buatan untuk Lobster Air Tawar (*Cherax* sp). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 7816: Huna Capit Merah (*Cherax quadricarinatus*)-Bagian 2. Jakarta.
- Bakara, O., L. Santoso & D. Heptarina. 2012. Enzim mananase dan fermentasi jamur untuk meningkatkan kandungan nutrisi bungkil inti sawit pada pakan ikan nila best (*Oreochromis niloticus*). *Aquasains*. 2(3): 69-72
- Belle, C. C., & Yeo, D. C. J. 2010. New observations of the exotic Australian red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (crustacea: decapoda: parastactidae) in Singapore. *Nature In Singapore*. 3(16): 99-102.

- Buwono. 2000. *Kebutuhan Asam Amino Essensial dalam Ransum Ikan*. Kanisius. Yogyakarta. 56 hal.
- Chen, C., Xu, C., Yang, X., Qian, D., Gu, Z., Jia, Y., & Erchao Li. 2020. Growth, antioxidant capacity, intestine histology and lipid metabolism of juvenile red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, fed different lipid sources. *Aquaculture Nutrition*. 27(1): 261-273.
- Clark, E. 1936. The freshwater and land crayfishes of Australia. *Memoirs of the Natural Museum of Victoria*. 10(1): 5-58.
- D'Abramo, L. R., Conklin, D. E., & Akiyama, D. M. 1997. *Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society. Louisiana. 587 hal.
- Dewi, R. R. S. P. S., & Tahapari, E. 2017. Pemanfaatan probiotik komersial pada pembesaran ikan lele (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Riset Akuakultur*. 12(3): 275-281.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2022. *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 1.106 hal.
- Eddy, R., Thaib, A., & Nurhayati. 2019. Pengaruh rasio tepung jagung dan tepung indigofera (*Indigofera* sp.) sebagai sumber karbohidrat dalam ransum pakan terhadap pertumbuhan benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Prosiding Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA*. 3(1): 151-162.
- Eprilurahman, R., Simamarta, A. K., & Hakim, L., Trijoko. 2021. Morphological and molecular characters of *Cherax quadricarinatus* 9 (von Martens, 1868) from Sermo reservoir and Tambakboyo retention basin, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*. 9(1): 18-25.
- Ernawati, E., & Chrisbiyantoro, C. 2017. Teknik pembenihan lobster air tawar red claw (*Cherax quadricarinatus*) di Unit Pembenihan Budidaya Air Tawar (UPBAT) Punten Kota Batu Jawa Timur. *Agromix*. 5(2) 65-71.
- Fatwana, N., Komariyah, S., Rosmaiti, & Hasri, N. 2021. Evaluasi pakan alami yang berbeda terhadap maturasi lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). *Acta Aquatica*. 8(3): 197-200.
- Figueiredo, M. S. R. B., Kricker, J. A., & Anderson, A. J., 2001. Digestive enzyme activities in the alimentary tract of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Journal of Crustacean Biology*. 21(2): 334-344.
- Firdasari, V., Yusfiati, & Elvyra, R. 2014. Struktur usus ikan *Ompok hypophthalmus* (Bleeker 1846) dari perairan Sungai Siak Kota Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa FMIPA*. 1(2): 439-444.

- Ghiasvand , Z., Matinfar, A., Valipour, A., Soltani, M., & Kamali A. 2012. Evaluation of different dietary protein and energy levels on growth performance and body composition of narrow clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 11(1): 63-77.
- Hakim, R. R. 2009. Penambahan kalsium pada pakan untuk meningkatkan frekuensi molting lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). *Gamma*. 5(1): 72-78.
- Haubrock, P. J., Oficialdegui, F. J., Zeng, Y. W., Patoka, J., Yeo, D. C. J., & Kouba, A., 2021. The redclaw crayfish: a prominent aquaculture species with invasive potential in tropical and subtropical biodiversity hotspots. *Reviews in Aquaculture*. 13(3): 1488-1530.
- Hutabarat, G.M., Pinandoyo, & Rachmawati, D. 2015. Performa pertumbuhan benih lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) melalui penambahan enzim papain dalam pakan buatan. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 4(1): 10-18.
- Ibanez, M. A., de Blas, C., Camara, L., & Mateos, G. G. 2020. Chemical composition, protein quality and nutritive value of commercial soybean meals produced from beans from different countries: A meta analytical study. *Animal Feed Science and Technology*. 267(12): 1-15.
- Ikpegbu, E., Nlebedum, U. C., & Ibe, C. S. 2014. The histology and mucin histochemistry of the farmed juvenile african catfish digestive tract (*Clarias gariepinus* B.). *Studia Universitatis Vasile Goldis*. (24)1: 125-131.
- Iskandar. 2003. *Budidaya Lobster Air Tawar*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 76 hal.
- Ismaya, R., Rosmaidar, & Nazarudin. 2017. Pengaruh paparan timbal (Pb) terhadap histopatologis usus ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*. 2(1): 12-16.
- Jones, P. L., De Silva, S. S., & Mitchell B. D. 1996. The effect of dietary protein source on growth and carcass composition in juvenile Australian freshwater crayfish. *Aquaculture International*. 4: 361-376.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2022. Produksi perikanan. Statistik-KKP. [https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=prod\\_ikan\\_prov&i=2#panel-footer](https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=prod_ikan_prov&i=2#panel-footer). Diakses pada 20 Oktober 2023, pukul 10.00 WIB.
- Kusuma, G. P. A. W., Nociantiri, K. A., & Pratiwi, I. D. P. K. 2020. Pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik fermented rice drink sebagai minuman probiotik dengan isolat *Lactobacillus* sp. F213. *Jurnal Itepa*. 9(2): 182-193.

- Lengka, K., Kolopita, M., & Asma, S. 2013. Teknik budidaya lobster (*Cherax quadricarinatus*) air tawar di Balai Budidaya Air Tawar (BBAT) Tatelu. *Journal Budidaya Perairan*. 1(1): 15-21.
- Lesmana, D., Robin, Novita, M.Z., Amalia, N.M., Mulyana, Amri, P., & Yuni, P. 2022. Evaluasi kinerja pertumbuhan lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) yang dipelihara dengan *feeding rate* berbeda. *Jurnal Mina Sains*. 8(2): 101-106.
- Machado, F. P. P., Querioz, J. H., & Oliveira, M. G. A. 2008. Effects of heating on protein quality of soybean flour devoid of Kunitz inhibitor and lectin. *Food Chemistry*. 107(2): 649-655.
- Macri, F., Pietro, S. D., Bonfiglio, R., Stefano, C. D., & Bottari, T. 2013. Evaluasi anatomi organ pada lobster rawa merah *procambarus clarkii* dengan pemeriksaan usg diagnostik. *Jurnal Biologi Crustacea*. 33(4): 586-589.
- Marufu, L. T., Dalu, T., Crispen, P., Barson, M., Simango, R., Utete, B., & Nhwatiwa, T. 2018. The diet of an invasive crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868), in Lake Kariba, inferred using stomach content and stable isotope analyses. *BioInvasions Records*. 7(2):121-132.
- Mathius, I. W. & Sinurat, A. P.. 2001. Pemanfaatan bahan pakan inkonvensional untuk ternak. *Jurnal Wartazoa*. 11(2): 20-31.
- Mirawati, Djulardi, A., & Marlida, Y. 2014. Improving the quality of palm kernel cake through fermentation by *Eupenicillium javanicum* as poultry ration. *Pakistan Journal Nutrition*. 12(12): 1085-1088.
- Muchlisin, Z. A., Arisa, A. A., Muhammadar, A. A., Fadli, N., Arisa, I. I. & Siti-Azizah, M. N. 2016. Growth performance and feed utilization of keureling (*Tor tambra*) fingerlings fed a formulated diet with different doses of vitamin E (alpha-tocopherol). *Fisheries & Aquatic Life*. 24(1): 47-52.
- Mulia, D. S., Wulandari, F., & Maryanto, H. 2017. Uji fisik pakan ikan yang menggunakan binder tepung gaplek. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*. 1 (1): 37-44.
- Muliati, W. O., Kurnia, A., & Astuti, O. 2018. Studi perbandingan pertumbuhan ikan gabus (*Channa striata*) yang diberi pakan pelet dan keong mas (*Pomacea canaliculata*). *Media Akuatika*. 3(1): 72-580.
- Mulqan, M., El Rahimi, S. A., & Dewiyanti, I. 2017. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila gesit (*Oreochromis niloticus*) pada sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*. 2(1): 183-193.

- Nasir, M. & Khalil, M. 2016. Pengaruh penggunaan beberapa jenis filter alami terhadap pertumbuhan, sintasan dan kualitas air dalam pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica*. 3(1): 33-39.
- National Research Council. 1993. *Nutrient Requirements of Fish*. The National Academy Press. Washington DC. 128 hal.
- Nuraisyah, A., & Mukti, R. C. 2022. Growth and survival of catfish (*Clarias gariepinus*) with addition of papain enzymes in feed at Karang Dapo Village, Pagaralam, South Sumatera. *Acta Aquatica*. 9(1): 42-45.
- Oboh, G. 2006. Nutrient enrichment of cassava peels using a mixed culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus* spp. solid media fermentation. *Journal of Biotechnology*. 9(1): 46-49.
- Orthman, M.F., Kalil, M.S., & Sahri, M. M. 2013. Solid state fermentation of palm kernel cake (PKC) by newly isolated *Rhizopus oryzae* ME01. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*. 4(1) : 84-88
- Palinggi, N. N., Kamaruddin, & Makmur. 2008. Penambahan mikroba, *Aspergillus niger* dalam bungkil kelapa sawit sebagai bahan baku pakan untuk pembesaran ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). *Jurnal Riset Akuakultur*. 3(3): 385-394.
- Partini, Ahlina, H. F., & Syaiful, H. R. 2019. Performa pertumbuhan dan kelulushidupan lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) melalui formulasi pemberian pakan dengan frekuensi yang berbeda. *Simbiosis*. 8(2): 109-121.
- Pasaribu, T. 2018. Upaya meningkatkan kualitas bungkil inti sawit melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim untuk unggas. *Wartazoa*. 28(3): 119-128.
- Patoka, J., Wardiatno, Y., Yonvitner, Kurikova, P., Petrtyl, M. & Kalous, L. 2016. *Cherax quadricarinatus* (von Martens) has invaded Indonesian territory west of the wallace line: evidences from Java. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 417(39): 1-6.
- Patoka, J., Wardiatno, Y., Mashar, A., Wowor, D., Jerikho, R., Takdir, M., Purnamasari, L., Petrtyl, M., Kalous, L., Kouba, A., & Bláha, M. 2018. Red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868), widespread throughout Indonesia. *Bio Invasions Record*. 7(2): 185-189.
- Puastuti, W., D. Yulistiani, & I. W. R. Susana. 2014. Evaluasi nilai nutrisi bungkil inti sawit yang difermentasi dengan kapang sebagai sumber protein ruminansia. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 19(2): 143-151.
- Putra, A. N., Hidayat, S. F., Syamsunarno, M. B., Mustahal, Hermawan, D., & Herjayanto. 2020 Evaluasi fermentasi tepung bungkil kelapa sawit dengan

- menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dalam pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 10(1): 20-29.
- Putri, D. R., Agustono, & Subekti, S. 2017. Kandungan bahan kering, serat kasar, dan protein kasar pada daun lamtoro (*Leucena glauca*) yang difermentasi dengan probiotik sebagai bahan pakan ikan. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 4(2): 161-167.
- Ravindran, V., Abdollahi, M. R., & Bootwalla, S. M. 2014. Nutrient analysis, metabolize energy, and digestible amino acids of soybean meals of different origins for broilers. *Poultry Science*. 93(10): 2567-2577.
- Rihardi, I., Amir, S., & Abidin, Z. 2013. Pertumbuhan lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) pada pemberian pakan dengan frekuensi yang berbeda. *Jurnal Perikanan Umum*. 1(2): 28-36.
- Rosmawati, Mulyana, Rafi, M. A. 2019. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) yang diberi pakan buatan berbahan baku tepung keong mas (*Pomacea* sp.) *Jurnal Mina Sains*. 5(1): 31-41.
- Rusmiyati, Suminto & Pinandoyo. 2017. Pengaruh penggunaan tepung bungkil kelapa sawit dalam pakan buatan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 6(4): 182-191.
- Saade, E. & Aslamyah. 2009. Uji fisik dan kimiawi pakan buatan untuk udang windu *Penaeus monodon* yang menggunakan berbagai jenis rumput laut sebagai bahan perekat. *Torani*. 19(2): 107-115.
- Safitri, D., & Samingan. 2013. Isolasi dan identifikasi fungi amilolitik pada bonggol pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi*. 5(1): 29-35.
- Santi, F., Hanisah, Hasri, I., & Samad, A. P. A. 2021. Pengaruh pemberian pakan tambahan yang berbeda terhadap pertumbuhan lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*). *Journal of Fisheries and Marine Research*. 5(3): 586-594.
- Samsuar, S., & Chairunnisa, C. 2021. Pemanfaatan tepung bungkil sawit sebagai bahan substitusi pakan ikan bandeng (*Chanos chanos* Foscak 1755). *Arwana*. 3(1): 36-43.
- Sedgwick, R.W. 1979. Influence of dietary protein and energy on growth, food consumption and food conversion efficiency in *Penaeus merguensis* de Man. *Aquaculture*. 16(1): 7-30.
- Setiawan, C., Lukito, A. M., & Rahman, P. 2010. *Jurus Sukses Budidaya Lobster Air Tawar*. AgroMedia Pustaka. Jakarta. 106 hal.

- Sinurat, A. P., Purwadaria, T., & Pasaribu, T. 2013. Peningkatan nilai gizi bungkil inti sawit dengan pengurangan cangkang dan penambahan enzim. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 18(1): 34-41.
- Smith, D. M., Williams, K. C., & Irvin, S. J. 2005. Response of the tropical spiny lobster *Panulirus ornatus* to protein content of pelleted feed and to a diet of mussel flesh. *Aquaculture Nutrition*. 11(3): 209-217.
- Sulastri, Zakaria, I. J., & Marusin, N. 2018. Struktur histologi usus ikan asang (*Osteochilus hasseltii* C.V.) yang terdapat di Danau Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Metamorfosa* 5(2): 214-218.
- Suprayudi, M. A., W. Dimahesa, D. Jusadi, M. Setiawati, & J. Ekasari. 2011. Suplementasi crude enzim cairan rumen domba pada pakan berbasis sumber protein nabati dalam memacu pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Iktiologi Indonesia* 11(2): 177-183.
- Surianti, Tandipayuk, H., & Aslamyah, S. 2020. Fermentasi tepung ampas tahu dengan cairan mikroorganisme mix sebagai bahan baku pakan. *Jurnal Agrokompleks*. 9(1): 9-15.
- To, T. H., Brenner, T. L., Cavey, M. J., & Wilkens, J. L. 2004. Histological organization of the intestine in the crayfish *Procambarus clarkii*. *Acta Zoologica*. 85(2): 119-130.
- Tsaniyah, L., & Hermawan. 2015. Pengendalian produksi bahan pakan bungkil sawit dalam perspektif keamanan pangan. *Jurnal OE*. 2(2): 121-131.
- Webster, C.D., Goodgame-Tiu, L.S., Tidwell, J.H., & Rouse, D.B., 1994. Evaluation of practical feed formulations with different protein levels for juvenile redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Transactions of the Kentucky Academy of Science*. 55(3-4): 108-112.
- Wiyanto, R.H. & Hartono, R. 2006. *Lobster Air Tawar: Pembenihan dan Pembenihan*. Penebar Swadaya. Jakarta. 79 hal.
- Wulansari, R., Andriani, Y., & Haetami, K. 2016. Penggunaan jenis binder terhadap kualitas fisik pakan udang. *Jurnal Perikanan Kelautan*. 7(2): 140-149
- Yatno, Ramli, N., Hardjosworo, P., Setiyono, A., & Purwadaria, T. 2008. Sifat kimia dan nilai biologis konsentrat protein bungkil inti sawit hasil ekstraksi kombinasi fisik-kimiawi. *Media Peternakan*. 31(3): 178-185.
- Zarei, M., A. Ebrahimpour, A., Hamid, A., Anwar & Sari, N. 2012. Production of defatted palm kernel cake protein hydrolysate as a valuable source of natural antioxidants. *International Journal Molecular Sciences*. 13(7): 8097-8111.

Zhang, Y., Ying, Z., Li, W., Li, H., & Liu, X. 2022. Trypsin inhibitor from soybean whey wastewater: isolation, purification and stability. *Applied Sciences*. 12(19): 1-13.

Zonneveld, N., Huisman, E.A., & Boon, J.H. 1991. *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 318 hal.