

**EFEKTIVITAS DOSIS ENZIM PAPAN UNTUK PREDIGEST PAKAN BUATAN  
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SINTASAN LARVA IKAN KAKAP PUTIH  
(*Lates calcarifer*, Bloch 1790)**

**TESIS**

**RASDI  
L012191008**



**PROGRAM MEGISTER ILMU PERIKANAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### EFEKTIVITAS DOSIS ENZIM PAPAIN UNTUK PREDIGEST PAKAN BUATAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SINTASAN LARVA IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*, Bloch 1790)

Disusun dan diajukan oleh:

**RASDI**  
**L012191008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Study Program Magister Program Study Ilmu Perikanan Fakultas  
Ilmu Kelautan dan Perikanan  
Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal ... Januari 2022  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Gunarto Latama, M.Sc  
Nip: 19620224 198811 1 001

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr. Ir. Haryati Tandipayuk, M.Si  
Nip: 19540509 198103 2 001

Ketua Program Study,

Prof. Dr. Ir. Zainuddin, M.Si  
Nip : 19640721 199103 1 001



Dekan Fakultas ilmu kelautan dan  
perikanan,

Safriuddin, S.Pi., MP., Ph.D  
Nip. 19750611 200312 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rasdi  
Nim : L012191008  
Program Study : Ilmu Perikanan  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya yang berjudul:

**“EFEKTIVITAS DOSIS ENZIM PAPAIN UNTUK PREDIGEST PAKAN BUATAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SINTASAN LARVA IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*, Bloch 1790)”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Januari 2022

Yang menyatakan



Rasdi

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji dan Syukur Kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat dan Karunianya pada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: **EFEKTIVITAS DOSIS ENZIM PAPAIN UNTUK PREDIGEST PAKAN BUATAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SINTASAN LARVA IKAN KAKAP PUTIH (*Lates calcarifer*, Bloch 1790).** Penelitian ini berlangsung selama 2 bulan terhitung dimulai sejak Agustus hingga Oktober 2020 yang dilaksanakan di Balai Perikanan Budidaya Air Payau, Takalar.

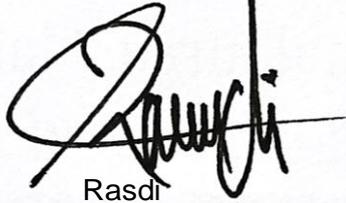
Tesis ditulis dalam rangka memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Magister (S2) di Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan kontribusi dalam menyelesaikan Tesis ini, terutama kepada:

1. Kedua orang tuaku Syamsuddin dan Indo Sau serta segenap keluarga khususnya yang telah mendidik dan memberikan doa serta dukungan penuh kepada penulis.
2. Dr. Ir. Gunarto Latama, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Haryati, M.Si. selaku pembimbing dalam penelitian ini yang telah banyak membantu, memberikan motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis mulai dari persiapan, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tesis ini selesai. Semoga senantiasa dalam keadaan sehat.
3. Dr. Ir. Siti Aslamyah, M.P, Dr. Ir. Sriwulan M.P, dan Dr. Marlina Achmad, S.Pi. M.Si selaku penilai serta penasihat dalam penelitian ini, yang senantiasa memberikan nasihat dan arahan yang membangun bagi penulis dalam melakukan penelitian ini serta dalam penyusunan tesis ini selesai.
4. Prof. Dr. Ir. Muh. Yusri Karim, M.Si yang telah banyak memotivasi, mengarahkan dan menasehati penulis dalam menyelesaikan penulisan tesis ini.
5. Bapak/Ibu dosen serta seluruh staff Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu yang

bermanfaat serta dukungan dalam segala aktifitas penulis selama menjalani masa studi.

6. Pimpinan beserta staf Balai Perikanan Budidaya Air Payau (BPBAP) Takalar, khususnya divisi Pembenihan Ikan laut yang secara langsung telah berpartisipasi membantu penulis dalam proses pengambilan data/penelitian berlangsung.
7. Rekan sesama peneliti, Anugerah Saputra S.Pi dan Astrid Wulandari S.Pi yang telah menjadi partner yang baik selama penelitian.
8. Teman-teman CV.Aquakultur Lestari yang telah banyak membantu penulis baik moril maupun materil sehingga tesis ini bisa terselesaikan.

Makassar, 28 Januari 2022



Rasdi

## ABSTRAK

Rasdi.L012191008. Efektivitas Dosis Enzim Papain untuk Predigest Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Larva Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*, Bloch 1790) (dibimbing oleh Gunarto Latama dan Haryati Tandipayuk).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis enzim papain yang menghasilkan derajat hidrolisis protein dan protein terlarut yang tertinggi, serta menentukan dosis enzim papain dan umur larva yang menghasilkan aktivitas enzim protease, pertumbuhan dan sintasan yang tertinggi.

Rancangan acak lengkap (RAL) digunakan untuk mengevaluasi pengaruh dosis enzim papain terhadap derajat hidrolisis protein dan protein terlarut, dengan empat perlakuan dan 3 ulangan, yaitu dosis 0, 1,5, 3, dan 4,5%. Pola faktorial dengan rancangan dasar acak lengkap digunakan untuk menentukan dosis enzim papain dan umur larva yang tepat terhadap aktivitas enzim protease, pertumbuhan dan sintasan. Faktor pertama yaitu dosis enzim papain (0, 1,5, 3, dan 4,5%), faktor kedua yaitu umur larva (14, 17 dan 20 hari).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan dosis enzim papain berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap derajat hidrolisis protein pakan dengan dosis tertinggi yaitu 4,5%, yaitu 50,30%, begitu pula dengan perlakuan protein terlarut diperoleh hasil tertinggi pada perlakuan dosis 4,5%, yaitu 88,08%. Pada aktivitas enzim menunjukkan hasil tertinggi perlakuan dosis enzim papain didapatkan pada dosis 4,5%, yaitu 0,72 U enzim/g larva/menit), sedangkan pada perlakuan umur diperoleh hasil tertinggi pada umur larva 17 hari, yaitu 0,55 U enzim/g larva/menit. Laju pertumbuhan harian pada perlakuan dosis menunjukkan hasil tertinggi pada dosis 3%, yaitu 3,25%, sedangkan pada perlakuan umur tidak berpengaruh nyata antar perlakuan. Sintasan tertinggi didapatkan pada perlakuan dosis yaitu 3% (69,28%), sedangkan pada perlakuan umur tidak berpengaruh nyata antar perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dosis 3% sudah cukup untuk predigest pakan buatan dan dapat diberikan kepada larva umur 14 hari.

Kata kunci :laju pertumbuhan harian, sintasan, enzim papain, larva ikan kakap putih

## ABSTRACT

Rasdi L012191008. The Effectiveness of Papain Enzyme Dose to Predigest Artificial Feed on Growth and Survival of Barramundi Larvae (*Lates calcarifer*, Bloch 1790) (Supervised by Gunarto Latama and Haryati Tandipayuk).

---

This study aims to determine the dose of papain enzyme which produces the highest degree of protein hydrolysis and soluble protein, and to determine the dose of papain enzyme and larval age which produces the highest protease enzyme activity, growth and survival.

Completely randomized design (CRD) was used to evaluate the effect of papain enzyme dose on the degree of hydrolysis of protein and dissolved protein, with four treatments and 3 replications, namely doses of 0, 1.5, 3, and 4.5%. A factorial pattern with a completely randomized design was used to determine the highest dose of papain enzyme and larval age on protease enzyme activity, growth and survival. The first factor is the dose of papain enzyme (0, 1.5, 3, and 4.5%), the second factor is the age of the larvae (14, 17 and 20 days).

The results show that the difference in papain enzyme doses has a significant effect ( $P < 0.05$ ) on the degree of hydrolysis of feed protein with the highest dose of 4.5%, ie 50.30%, as well as the soluble protein treatment, the highest yield is obtained at the treatment dose of 4.5%, ie 88.08%. In the enzyme activity, the highest yield of papain enzyme treatment was obtained at a dose of 4.5%, ie 0.72 U enzyme/g larvae/minute), while in the age treatment the highest yield was obtained at 17 days of larval age, namely 0.55 U enzyme. /g larvae/minute. The daily growth rate in the dose treatment showed the highest results at a dose of 3%, which was 3.25%, while in the age treatment there was no significant effect between treatments. The highest survival rate was found in the dose treatment, which was 3% (69.28%), while in the age treatment there was no significant effect between treatments. Based on the results of the study, it can be concluded that a dose of 3% is sufficient to predigest artificial feed and can be given to larvae aged 14 days.

Keywords :daily growth rate, survival, papain enzyme, white snapper larvae.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Pemeliharaan Larva Ikan Kakap putih ( <i>Lates calcarifer</i> , Bloch 1790).....	5
B. Perkembangan larva.....	6
C. Perkembangan Saluran Pencernaan .....	8
D. Enzim Pencernaan .....	9
E. Aktivitas Enzim Pencernaan Protease .....	12
F. Enzim Papain .....	13
G. Kerangka Pikir Penelitian .....	18
H. Hipotesa Penelitian .....	18
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
B. Materi Penelitian .....	19
1. Hewan Uji.....	19
2. Enzim Papain.....	19
3. Wadah Penelitian.....	19
4. Pakan uji .....	19
C. Prosedur Penelitian .....	20
D. Rancangan Percobaan.....	21

E. Pengambilan Sampel Aktivitas Enzim Protease .....	22
F. Pengukuran Peubah .....	23
1. Derajat Hidrolisis Protein .....	23
2. Protein Terlarut .....	23
1. Aktivitas Enzim Protease.....	23
2. Laju Pertumbuhan Harian.....	24
3. Sintasan .....	24
4. Kualitas Air .....	24
G. Analisis Data .....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
A. Derajat Hidrolisis Protein .....	26
B. Protein Terlarut .....	28
C. Aktivitas Enzim Protease.....	29
D. Laju Pertumbuhan Harian.....	32
E. Sintasan .....	34
F. Kualitas Air .....	36
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>37</b>
A. SIMPULAN .....	37
B. SARAN .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>
<b>Lampiran: .....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Tahapan perkembangan larva ikan kakap putih .....	7
2.	Kandungan nutrisi pakan .....	20
3.	Rata-rata derajat hidrolisis protein pakan larva ikan kakap putih yang di predigest dengan enzim papain.....	27
4.	Rata-rata protein terlarut pakan yang dipredigest dengan enzim papain.....	29
5.	Rata-rata aktivitas enzim protease pada larva ikan kakap putih yang diberi pakan dengan dosis enzim papain dan umur larva yang berbeda .....	30
6.	Rata-rata laju pertumbuhan harian pada larva ikan kakap putih yang diberi pakan dengan dosis enzim papain dan umur larva yang berbeda .....	33
7.	Rata-rata sintasan pada larva ikan kakap putih yang diberi pakan dengan dosis enzim papain dan umur larva yang berbeda .....	35

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kerangka pikir penelitian .....	18
2.	Skema pemberian pakan selama penelitian .....	22

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil analisis derajat hidrolisis protein dan protein terlarut.....	43
2.	Hasil uji lanjut W-Tuckey derajat hidrolisis protein dan protein terlarut .....	43
3.	Hasil analisis aktivitas enzim dengan menggunakan software spss .....	44
4.	Hasil analisis aktivitas enzim protease pada perlakuan dosis enzim papain .....	45
5.	Hasil analisis aktivitas enzim protease pada perlakuan umur larva ikan kakap putih.....	45
6.	Hasil analisis aktivitas enzim protease pada kombinasi antara dosis dan umur larva ikan kakap putih .....	45
7.	Hasil uji lanjut W-Tuckey pengaruh dosis enzim papain terhadap aktivitas enzim larva ikan kakap putih .....	46
8.	Hasil uji lanjut W-Tuckey pengaruh umur larva ikan kakap putih terhadap aktivitas enzim larva ikan kakap putih .....	47
9.	Hasil analisis laju pertumbuhan harian larva ikan kakap putih dengan menggunakan software spss .....	47
10.	Hasil analisis laju pertumbuhan harian larva ikan kakap putih pada perlakuan dosis enzim papain .....	48
11.	Hasil analisis laju pertumbuhan harian larva ikan kakap putih pada perlakuan umur larva ikan kakap putih .....	48
12.	Hasil analisis laju pertumbuhan harian larva ikan kakap putih pada kombinasi antara dosis dan umur .....	49
13.	Hasil uji lanjut W-Tuckey pengaruh dosis enzim papain terhadap pertumbuhan larva ikan kakap putih.....	49
14.	Hasil uji lanjut W-Tuckey pengaruh umur larva ikan kakap putih terhadap pertumbuhan larva ikan kakap putih.....	50
15.	Hasil analisis sintasan larva ikan kakap putih dengan menggunakan software spss .....	51
16.	Hasil analisis sintasan larva ikan kakap putih pada perlakuan dosis enzim papain.....	51
17.	Hasil analisis sintasan larva ikan kakap putih pada perlakuan umur larva ikan kakap putih .....	52
18.	Hasil analisis sintasan larva ikan kakap putih pada kombinasi antara dosis enzim papain dengan umur larva ikan kakap putih.....	52
19.	Hasil uji lanjut W-Tuckey sintasan pada perlakuan dosis enzim papain .....	52
20.	Hasil uji lanjut W-Tuckey sintasan pada perlakuan umur larva .....	53

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Ikan kakap putih (*Lates calcarifer*, Bloch 1790) merupakan salah satu komoditi budidaya yang memiliki nilai ekonomis tinggi, karena banyaknya diminati oleh pasar lokal maupun pasar ekspor. Data statistik yang dipublikasikan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan menunjukkan produksi perikanan nasional budidaya ikan kakap tahun 2015 memperoleh pencapaian sebesar 6.558 ton, tahun 2016 mengalami peningkatan menjadi 7.890 ton hingga tahun 2017 pencapaian produksi meningkat menjadi 8.431 ton (KKP 2017). Sebagai salah satu komoditas ekspor, permintaan ikan kakap putih cukup tinggi, sehingga kegiatan pembesarannya mulai dilakukan komersialisasi. Pengembangan ikan kakap putih diupayakan untuk memenuhi permintaan pasar ekspor, sehingga kawasan pengembangannya semakin bertambah. Pengembangan ikan kakap putih dilakukan dengan berbasis lingkungan dan tidak mengambil benih dari alam yang bisa berdampak terhadap keseimbangan ekosistem, sehingga permintaan benih di panti benih semakin tinggi, sedangkan produksinya masih rendah. Peningkatan produksi ikan kakap putih harus ditunjang dari ketersediaan benih oleh panti benih baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Direktorat Jendral Perikanan Budidaya, 2019).

Keberhasilan panti benih dalam memproduksi benih yang berkualitas dipengaruhi oleh berbagai aspek salah satunya adalah pakan yang digunakan. Pembenuhan ikan kakap putih sampai saat ini masih mengandalkan pakan alami baik dari jenis phytoplankton (*Nanochloropsis* dan *Tetraselmis*) maupun zooplankton (*Rotifera* dan *Artemia*) sedangkan penggunaan pakan buatan digunakan ketika larva menjelang panen yaitu pada umur 20-25 hari (BPBL AMBON, 2019). Namun pemberian pakan alami dengan waktu yang lama yaitu dari larva memasuki umur 2-25 hari dalam kegiatan pembenuhan terbilang kurang efektif dikarenakan beberapa faktor yaitu, proses kultur pakan alami sangat rentang terhadap perubahan lingkungan utamanya terhadap perubahan iklim dan rentan terkontaminasi oleh bakteri pathogen yang dapat membahayakan organisme yang mengkonsumsinya (Haryati, 2017). Selain itu penggunaan dikatakan kurang efektif karena pakan alami memerlukan wadah yang luas dalam proses kulturnya sehingga akan mempengaruhi produktivitas lahan pembenuhan, membutuhkan banyak tenaga kerja yang berdampak pada biaya

operasional dan adanya biaya tambahan dalam proses kulturnya. Oleh karena itu panti benih perlu untuk membatasi penggunaan pakan alami sedini mungkin dengan penggunaan pakan buatan yang sesuai dengan kebutuhan larva ikan kakap putih.

Substitusi pakan alami dengan pakan buatan pada pemeliharaan larva ikan kakap putih masih kurang efektif karena penggunaannya masih dibatasi dan dikombinasikan dengan pakan alami sampai larva memasuki fase benih dan penggunaannya pada umur menjelang panen. Hardianti dkk, (2016) mengkaji mengenai pemberian pakan buatan dengan komposisi yang berbeda pada benih ikan kakap putih yang berumur 30 hari dan menunjukkan hasil yang positif terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih. Potensi penggunaan pakan buatan pada fase larva ikan kakap putih cukup potensial, nutrisi pakan buatan yang komplis dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan larva ikan kakap putih. Kendala utama yang dihadapi dalam upaya mensubstitusi pakan alami dengan buatan adalah belum sempurnanya fungsi sistem pencernaan pada larva stadia awal sehingga produksi enzim masih terbatas dan belum cukup untuk mencerna nutrisi dalam bentuk molekul kompleks yang terkandung di dalam pakan buatan (Rimandi, 2015).

Walford dan Lam (1993) dalam penelitiannya mengkaji tentang perkembangan saluran pencernaan dan aktivitas enzim proteolitik larva dan juvenil seabass (*Lates calcarifer*) mendapatkan bahwa saluran pencernaan larva sempurna pada umur 17 hari seiring dengan aktivitas enzim proteolitik tinggi pada hari ke 17. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan penyerapan nutrisi pakan oleh larva ikan kakap putih yang memiliki organ pencernaan belum sempurna yaitu dengan menyederhanakan nutrisi kompleks yang terkandung di dalam pakan sebelum diberikan kepada larva. Pemberian pakan buatan dengan nutrisi yang lebih sederhana diharapkan dapat diserap dengan maksimal oleh larva ikan kakap putih, meskipun produksi enzim pencernaan masih terbatas. Penerapan pakan buatan dalam pemeliharaan larva ikan kakap putih memerlukan perlakuan khusus yang dapat menyederhanakan nutrisi dalam pakan yaitu dengan predigest.

Predigest merupakan penyederhanaan nutrisi pakan dari senyawa kompleks menjadi lebih sederhana, sehingga dapat diserap dengan maksimal oleh larva ikan kakap putih. Predigest pakan buatan dapat dilakukan dengan menggunakan enzim papain. Enzim papain merupakan enzim proteolitik yang

terkandung dalam tanaman pepaya. Penerapan enzim papain dalam predigest pakan buatan telah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya. Amalia *et al* (2013) mengkaji dosis terbaik enzim papain pada benih lele dumbo (*C. gariepinus*) dari penelitiannya mendapatkan dosis enzim papain yang terbaik adalah 2,25%. Hamzah (2015) melakukan penelitian efektivitas penambahan enzim papain pada pakan buatan terhadap kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva ikan bawal bintang (*Trachinotus blochii*, Lacepede 1801), dalam penelitiannya menunjukkan bahwa penambahan enzim papain 4% pada umur 12 dan 15 hari pada pakan buatan larva ikan bawal bintang terbukti memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim protease, kelangsungan hidup dan pertumbuhan hariannya. Haryati (2018) mengkaji tentang pengaruh predigest pakan buatan dengan menggunakan enzim papain terhadap derajat hidrolisis protein dan aktivitas enzim protease larva kepiting lumpur (*Scylla olivacea*) pada zoea 2 dan 3 didapatkan bahwa dengan penggunaan enzim papain 4,5% larva kepiting lumpur mulai dapat diberi pakan pada zoea 2. Namun penggunaan pakan predigest dengan enzim papain pada pemeliharaan larva ikan kakap putih masih belum pernah dilakukan.

Berdasarkan uraian di atas maka penggunaan enzim papain ke dalam pakan dianggap dapat meningkatkan pencernaan pakan buatan yang akan diberikan terhadap larva ikan kakap putih. Olehnya itu penelitian ini dianggap penting untuk dilakukan.

## **B. Rumusan Masalah**

Pembenihan ikan kakap putih (*Lates calcariver*, Bloch 1790) masih tergantung dari ketersediaan pakan alami karena pada fase larva masih belum memiliki organ pencernaan yang belum sempurna sehingga belum mampu mencerna pakan buatan dengan baik. Pada larva ikan kakap putih enzim protease tinggi dan organ pencernaan lengkap pada larva umur 17 hari. Dengan periode waktu pemberian pakan alami yang terlalu lama maka perlu disubstitusi dengan menggunakan pakan buatan yang dipredigest dengan menggunakan enzim papain. Substitusi pakan alami dengan pakan buatan perlu mempertimbangkan umur dari larva dan dosis enzim papain yang tepat dalam mempredigest pakan buatan. Apabila dosis yang diberikan tidak sesuai dengan kebutuhan larva atau waktu pemberian pakan yang tidak tepat maka akan mempengaruhi sintasan dan kelangsungan hidup larva ikan kakap putih.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Berapa dosis enzim papain yang tepat untuk menghasilkan derajat hidrolisis protein dan protein terlarut pakan larva ikan kakap putih.
2. Berapa dosis enzim papain yang tepat dan umur yang tepat untuk meningkatkan aktivitas enzim protease larva ikan kakap putih.
3. Berapa dosis enzim papain yang tepat dan umur yang tepat untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan sintasan larva ikan kakap putih.

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan dosis enzim papain yang tepat untuk pakan predigest yang menghasilkan derajat hidrolisis protein dan protein terlarut larva ikan kakap putih yang terbaik.
2. Menentukan dosis enzim papain dan umur larva yang tepat untuk pemberian pakan predigest yang menghasilkan aktivitas enzim protease ikan kakap putih yang terbaik.
3. Menentukan dosis enzim papain dan periode pemberian pakan predigest yang menghasilkan pertumbuhan dan sintasan larva ikan kakap putih yang tepat.

### **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yang dilaksanakan ini yaitu untuk memberikan informasi mengenai dosis terbaik dan waktu yang tepat penambahan enzim papain pada pakan buatan dalam kegiatan pembenihan ikan kakap putih.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pemeliharaan Larva Ikan Kakap putih (*Lates calcarifer*, Bloch 1790)

Berdasarkan standar operasional (SOP) Kementerian Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Perikanan Budidaya Ambon (2019). Pemeliharaan larva ikan kakap putih sebaiknya dilakukan pada ruangan tertutup (*indoor*) sehingga selama pemeliharaan, larva lebih terkontrol dan terhindar dari fluktuasi suhu akibat cuaca ekstrim. Wadah yang baik digunakan yaitu bak beton maupun bak fiberglass. Sebelum dilakukan penebaran larva, bak terlebih dahulu di sterilkan dengan menggunakan kaporit 1 ppm disiramkan ke dinding dan dasar wadah untuk menghilangkan bakteri patogen. Setelah itu wadah didiamkan selama 1-2 jam untuk kemudian dicuci menggunakan detergen sampai bau kaporit pada wadah sudah tidak tercium lagi, selanjutnya dikeringkan selama 1 hari. Selain wadah pemeliharaan, alat-alat lain berupa; pipa outlet, ember, gayung, selang, batu aerasi juga disterilkan kemudian di keringkan sebelum digunakan dalam pemeliharaan larva.

Dalam pemeliharaan larva ikan kakap putih pengaturan aerasi dalam bak yaitu 1-2 titik/m<sup>2</sup>. Air laut yang digunakan merupakan air yang telah disaring melalui beberapa saringan yaitu; ozon, sand filter, dan filter bag. Pengisian air laut ke dalam bak dilakukan 2-4 hari sebelum dilakukan penebaran tiga per empat dari volume bak pemeliharaan, karena akan ditambahkan dengan fitoplankton ke dalam wadah pemeliharaan. Fitoplankton yang digunakan dapat berupa *chlorella sp* maupun *tetraselmis sp*. Penggunaan fitoplankton dalam pemeliharaan larva ikan kakap putih merupakan opsional namun dengan penggunaan fitoplankton memiliki kelebihan tersendiri yaitu fitoplankton yang digunakan dapat menekan kadar amoniak dalam wadah pemeliharaan, kepadatan yang baik untuk *chlorella* yaitu 50x10 sel/mL sedangkan untuk *tetraselmis* yaitu 5x10<sup>4</sup> sel/mL. *Chlorella* dan *Tetraselmis* yang digunakan juga dapat berfungsi sebagai pakan bagi rotifer (Mayunar, 1991).

Penebaran larva dilakukan setelah telur menetas sempurna (minimal 20 jam setelah pemijahan), padat penebaran larva yang digunakan adalah 10-15 ekor/L. Setelah penebaran larva maka pemberian pakan merupakan suatu hal yang penting untuk diperhatikan, karena masa kritis larva terjadi pada saat peralihan jenis pakan yang digunakan yang berpotensi meningkatkan sifat kanibalisme pada larva (BPBL AMBON, 2019).

Selama pemeliharaan larva diberikan pakan baik itu pakan alami maupun pakan buatan sesuai dengan umur dan kemampuan larva untuk mencerna pakan yang diberikan. Pakan alami yang digunakan adalah fitoplankton jenis *chlorella* sp atau *nannochloropsis* sp, diberikan pada umur D1-D30 dengan mempertahankan kepadatannya dalam bak yaitu  $2-4 \times 10^5$  sel/mL. Pemberian zooplankton juga dilakukan dengan jenis *Brachionus plicatilis*/rotifera, dan naupli artemia. Rotifera mulai dimasukkan ke dalam wadah pada umur D2 pada sore hari dengan kepadatan 3-5 individu/mL. Pemberian rotifer dilakukan dengan cara menyaring rotifer dengan saringan berukuran mesh size 30 mikron dengan menggunakan gayung dan disebar pada titik aerasi dalam bak larva. Pada larva umur D7-D15 diberikan rotifer dengan kepadatan 5-10 individu/mL dengan cara disaring menggunakan saringan mesh size 40 mikron. Pemberian pakan rotifer dilakukan 3 kali sehari yaitu pada pagi hari, siang hari dan sore hari. Pada larva umur D16-D30 diberikan pakan naupli artemia dan pakan buatan dengan kepadatan artemia 0,1-3 individu/mL. Pakan buatan mulai diberikan pada larva umur D6 dikombinasikan dengan pakan alami (BPBL AMBON, 2019).

Selain pemberian pakan yang tepat, hal lain yang tidak kalah pentingnya harus diperhatikan yaitu pengelolaan kualitas air pemeliharaan larva ikan kakap putih. Pada larva umur 0-9 hari tidak dilakukan pergantian air, setelah memasuki umur D10 hari maka dilakukan pergantian air sebesar 5-10% dan terus meningkat seiring bertambahnya umur larva. Pada umur D14 dilakukan penyiponan sisa-sisa pakan, feses dan kotoran lainnya dari dasar bak. Pada umur D20-D25 pergantian air dilakukan sebesar 15-40% dan pada umur D25-D50 pergantian air dilakukan sebesar 40-100% (BPBL AMBON, 2019).

Pertumbuhan dan sintasan ikan kakap putih dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu faktor dari dalam dan dari luar. Faktor dari dalam meliputi genetis, umur, dan jenis, sedangkan faktor dari luar sebagian besar dipengaruhi oleh lingkungan/kualitas air, kepadatan dan pemberian pakan yang tepat. Kedua faktor tersebut akan sangat menunjang pertumbuhan dan sintasan pemeliharaan ikan kakap putih (Mayunar, 1991).

## **B. Perkembangan larva**

Larva ikan kakap putih yang baru menetas berukuran 1,5-2,0 mm, dengan membawa sebuah kantong kuning telur dan satu gelembung minyak pada bagian depannya. Tubuh larva terlihat ramping, berwarna pucat, mata, anus, dan sirip ekornya sudah terlihat dengan jelas namun mulut larva masih

tertutup sampai umur 3 hari. Apabila diamati dari permukaan air larva tersebut membentuk sudut 45-90 derajat didalam air, mereka cenderung berada di permukaan air dan kolom air yang terdapat aerasi dengan gerakan air yang kecil dan di sudut-sudut wadah pemeliharaan (Mayunar, 1991).

Setelah larva memasuki umur 3 hari, mulut larva ikan kakap putih sudah mulai terbuka dan kuning telur sudah mulai habis, hal ini menandakan bahwa larva sudah harus diberi pakan berupa rotifer yang berukuran kecil. Pada saat memasuki umur 7 hari larva ikan kakap putih masih berwarna pucat, dan mulai berubah warna menjadi gelap dengan garis-garis tegak pada bagian tubuh tertentu setelah larva berumur 18-20 hari. Kemudian setelah berumur 20 hari, warna larva ikan kakap putih berubah menjadi kecoklatan dan garis-garis tegaknya kelihatan jelas yaitu terdapat 3 buah garis (1 pada pangkal ekor, 1 di antara sirip punggung yang lunak dan 1 di atas kepala). Dalam waktu 30 hari larva akan berubah menjadi juvenil berukuran 1,5-2 cm. Ikan kakap putih berumur 30 hari akan memasuki tahap penggelondongan. Pada tahap ini ikan sudah bergerak aktif dan pertumbuhan menjadi lebih cepat (Mayunar, 1991).

Tahapan perkembangan larva kakap putih dari umur 1 hari (D1) sampai umur 20 hari (D20) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Tahapan perkembangan larva ikan kakap putih

No.	Umur	Tahapan
1.	D1	Larva baru menetas, transparan, tidak aktif dan melayang-layang
2.	D2	Kuning telur mulai terserap
3.	D3	Mulut mulai terbuka, kuning telur sudah mulai habis
4.	D4	Bukaan mulut yang sudah membesar, tubuh makin memanjang dan pigmentasi meluas
5.	D5	Cadangan makanan sudah terserap habis
6.	D9	Pigmentasi dikepala
7.	D10	Perkembangan bintik hitam semakin tebal pada bagian tubuh di bawah sirip
8.	D18	Sudah terdapat spina, warna tubuh sebagian hitam dan transparan
9.	D20	Pertambahan panjang spina yang menyerupai layang-layang terus berlansung

Sumber : Supriya dkk, (2003)

Dalam perkembangan larva ikan kakap putih terdapat beberapa fase kritis yang terbagi menjadi empat fase yaitu:

1. Fase kritis I : Umur 3-5 hari, kuning telur sebagai cadangan makanan terserap habis, sedangkan bukaan mulutnya masih terlalu kecil untuk

rotifer dan organ pencernaan makanan belum berkembang sempurna sehingga tidak dapat dimanfaatkan pakan yang tersedia.

2. Fase kritis II : Umur 6-10 hari, yaitu ketika spina mulai tumbuh. Pada fase ini kemungkinan mulai membutuhkan nutrisi yang berbeda sedangkan pakan yang diberikan jenisnya masih sama dengan fase sebelumnya.
3. Fase kritis III : Umur lebih dari 15 hari, sifat kanibalisme sudah mulai tampak, dimana benih lebih besar memangsa yang lebih kecil.

### **C. Perkembangan Saluran Pencernaan**

Perkembangan alat pencernaan larva ikan sama halnya dengan perkembangan organ yang lain yaitu menjadi lebih sempurna. Perkembangan alat pencernaan searah dengan pola pertumbuhan larva, artinya dengan kondisi lingkungan yang optimal maka perkembangan alat pencernaan akan berjalan secara normal. Terbentuknya suatu bagian dari alat pencernaan selain dipengaruhi oleh faktor dalam juga dipengaruhi oleh faktor luar. Dengan demikian, waktu alat pencernaan larva mencapai kesempurnaan berbeda dari jenis ikan dan kondisi lingkungan untuk jenis ikan yang sama (Affandi dkk, 2005).

Perubahan struktur alat pencernaan dapat dilihat dari struktur mulut, rongga mulut, esofagus, lambung dan usus. Perubahan tersebut berlangsung melalui proses evolusi yang panjang dan diturunkan sehingga saat ini kita dapat menyaksikan perbedaan struktur alat pencernaan misalnya pada ikan bersifat karnivor dengan herbivor maupun omnivor. Perubahan struktur alat pencernaan pada tatanan yang terbatas berubahnya kapasitas lambung, berubahnya struktur villi pada segmen usus, perubahan panjang usus relatif dan perubahan organ hati relatif masih dapat terjadi akibat berubahnya ragam makanan dikonsumsi walaupun dalam kurung waktu yang relatif singkat (Affandi dkk, 2005).

Perkembangan struktur organ pencernaan larva ikan kakap putih yaitu larva ikan kakap putih yang baru menetas (TL 1,60 mm). Minyak globule terletak di bagian depan kantong kuning telur. Larva hari berikutnya (hari 1, TL 2,20 mm), sebagian besar kuning telur telah diserap, tetapi mulut belum terbuka dan saluran pencernaan adalah saluran lurus. Kuning telur dari larva pada hari ke 2 (TL 2,52 mm) hampir diserap sempurna. Mulut mulai terbuka, pakan sudah mulai diberikan (pakan alami), rotifera dapat dilihat ditabung pencernaan larva posterior dari gumpalan minyak. Sedikit perubahan morfologi usus terlihat jelas pada larva di hari ke 4 (TL 2,80 mm). Butiran minyak masih terlihat, bagian tengah usus dan daerah dubur menjadi lebih besar dengan perkembangan yang jelas. Gumpalan

minyak hampir muncul pada hari ke 5 dan, pada hari ke 6, beberapa gulungan usus dapat diamati. Larva pada hari ke 8 (TL 6.08 mm) memiliki usus yang benar-benar melingkar dengan bagian anterior melebar ke dalam kantong tebal. Dilarva pada hari ke 11, kantong ini sudah mulai berubah menjadi lambung. Transformasi berkembang dengan baik pada larva pada hari ke 13 (TL 11,04 mm), konstruksi pilorus dan caeca muda mulai terlihat jelas. Sfingter pilorus dan caeca hampir terjadi lengkap dalam larva pada hari ke 15 (TL 11.50 mm). Perutnya sudah berasumsi bentuk definitifnya, bagian jantung dari lambung bergabung dengan pilorus pada sudut yang tajam dan ini memberikan bentuk runcing yang khas pada perut. Larva pada hari 17 (TL 12,32 mm) dengan sistem pencernaan berubah menjadi sempurna. Seiring bertambahnya usia, perut menjadi lebih besar dan caeca terkonsentrasi dapat berkembang saluran pencernaan juvenil pada hari ke 30 (TL 22,54 mm) (Walford dkk, 1993).

Alat pencernaan pada ikan terdiri dari saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Pada umumnya saluran pencernaan ikan meliputi segmen-segmen berikut: mulut, rongga mulut, faring, esofagus, lambung, pilorus, usus, rektum dan anus (Affandi dkk., 2005). Pada umumnya saluran pencernaan larva yang baru menetas berbentuk tabung lurus dari rongga mulut sampai anus dan melekat pada kantong kuning telur. Kemudian dengan bertambahnya umur akan terjadi perubahan morfologis, anatomis, histologis dan histokimia (Sarasquete dkk., 1995). Saluran pencernaan yang paling panjang pada ikan adalah segmen usus. Bentuk dan diameter usus ikan relatif homogen, maka usus hanya dapat dibedakan menjadi usus depan dan usus belakang. Panjang usus bervariasi dan berhubungan erat dengan kebiasaan makannya. Keadaan usus yang sangat panjang pada ikan herbivora merupakan kompensasi terhadap kondisi pakan yang memiliki kadar serat yang tinggi dan keadaan vilinya yang relatif rendah (Affandi dkk., 1992).

#### **D. Enzim Pencernaan**

Enzim adalah suatu katalisator biologis dalam reaksi-reaksi kimia yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan. Bahan dasar enzim adalah protein, yang disintesis di dalam sel dan dapat dikeluarkan dari sel yang membentuknya melalui proses eksositosis. Pada sistem pencernaan, enzim yang disekresikan ke luar sel digunakan untuk pencernaan di luar sel, yakni yang di luar rongga saluran pencernaan (*extracellular digestion*), sedangkan enzim yang

dipertahankan tetap berada di dalam sel akan digunakan untuk pencernaan di dalam sel itu sendiri (*intracellular digestion*) (Affandi dkk., 2005).

Aktivitas enzim pencernaan adalah suatu indikator yang baik untuk menentukan kapasitas pencernaan. Aktivitas enzim yang tinggi secara fisiologis mengindikasikan bahwa larva siap untuk menerima pakan dari luar (Gawlicka dkk., 2000). Aktivitas enzim pencernaan meningkat seiring dengan meningkatnya umur larva, peningkatan ini disebabkan oleh semakin sempurnanya organ penghasil enzim. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan Walford dkk (1993) aktivitas enzim pencernaan seiring dengan perkembangan organ pencernaan pada larva ikan kakap putih. Haryati (2002) pada ikan bandeng juga menunjukkan adanya keterkaitan antara aktivitas enzim pencernaan dengan perkembangan struktur organ pencernaan serta kebiasaan makan dari ikan bandeng.

Pada saat struktur anatomis dan histologis alat pencernaan belum sempurna, enzim endogen yang disekresikan sangat sedikit. Hal ini dicerminkan oleh aktivitas enzim papain, tripsin, amilase dan lipase yang sangat rendah. Dengan bertambahnya umur larva, struktur anatomis organ pencernaan semakin sempurna hingga mencapai fase definitif, setelah mencapai bentuk definitif, produksi enzim pencernaan sudah cukup tinggi sehingga ikan mampu mencerna pakan buatan yang tidak mengandung enzim (Haryati, 2002).

Kemampuan larva ikan mencerna makanan sangat bergantung kepada kelengkapan organ pencernaan termasuk ketersediaan enzim pencernaannya. Aktivitas enzim pencernaan bervariasi berdasarkan umur ikan, fisiologis, dan musim (Hepher, 1988). Aktivitas enzim pencernaan ikan (Protease, Lipase, dan Karbohidrase) berkorelasi positif dengan kebiasaan makan ikan (herbivor, karnivor, omnivor dan planktivora (Smith, 1980). Pada spesies omnivor mempunyai aktivitas enzim amilase dan rasio amilase-protease lebih tinggi dari pada ikan karnivor. Karena omnivor mempunyai kemampuan memanfaatkan karbohidrat lebih tinggi dari ikan karnivora (Hidalgo dkk., 1990) sementara Kawai dan Ikeda (1972, 1973) melaporkan bahwa dengan peningkatan protein pada pakan akan meningkatkan aktivitas enzim protease pada alat pencernaan *Cyprinus carpio* dan *Rainbo trout*.

Aktivitas enzim pencernaan bervariasi menurut jenis ikan. Pada *Scophthalmus maimus* aktivitas enzim protease mulai terlihat pada umur 2 dan 3 hari, sedangkan lipase baru ditemukan pada hari ke-15 (Cousin dkk., 1987).

Demikian juga pada ikan *Osphronemus gouramy* aktivitas protease lebih cepat dibandingkan dengan lipase dan amylase (Affandi dkk., 1994). Sebaliknya pada larva ikan *Oxyeleotris marmorata* aktivitas protease sangat rendah pada stadia awal, dibandingkan dengan aktivitas lipase dan amilase (Effendi 1995). Aktivitas enzim trypsin dan chymotripsin bervariasi menurut spesies. Pada *Sheatfish* Aktivitas enzim trypsin adalah empat kali lebih tinggi dibandingkan aktivitas enzim chymotripsin. Pada ikan mas dan silver crap, sebaliknya yaitu aktivitas chymotripsin empat kali lebih besar dari pada aktivitas enzim trypsin (Jonas dkk., 1983). Aktivitas enzim adalah suatu indikator yang baik untuk menentukan kapasitas pencernaan, ketika aktivitas enzim tinggi maka dapat diindikasikan secara fisiologi bahwa siap menerima pakan dari luar (Gawlicka, 2000).

Aktivitas enzim pada larva ikan kakap putih tepat setelah menetas, aktivitas enzim tipe trypsin tinggi (6,0 unit/mg protein). Menurut Moguel-Hernandez *et al* (2013) pada awal perkembangan larva ikan kakap putih memiliki kemampuan untuk mencerna protein, lemak, dan karbohidrat yang terdapat pada kantong kuning telur dan *oilglobule*, tetapi telah menurun menjadi 1,2 unit/mg protein pada hari ke-8, pada hari 17, sudah naik kembali ke nilai sekitar empat kali lebih tinggi (5,0 unit/mg protein). Aktivitas enzim tipe trypsin menurun setelah hari ke-17 meskipun pH dalam intestine tetap basa. Pada hari ke-22, aktivitas enzim tipe trypsin telah turun hingga 1,3 unit/mg protein dan tidak terdeteksi pada hari ke-30. Aktivitas enzim tipe pepsin rendah setelah menetas (3,8 unit/mg protein), tidak menunjukkan peningkatan pada hari ke-8 tetapi meningkat menjadi 27,2 unit/mg protein hari 17 sedangkan tingkat pH lambung turun dari pH 7,7 pada hari ke-8 ke pH 5,0 pada hari 17. Antara hari 17 dan 30, enzim tipe pepsin aktivitas meningkat menjadi 85,2 unit/mg protein seiring pH lambung menjadi lebih asam (pH 3,2). Dalam homogenat rotifera dibiakkan dengan ragi roti, yang digunakan sebagai makanan hidup untuk larva, aktivitas enzim tipe trypsin adalah 28,6 unit/mg protein, yang tinggi dibandingkan dengan aktivitas dihomogen dari larva dan juvenil seabass. Namun, Aktivitas enzim tipe pepsin di rotifera adalah 2,7 unit/mg protein, sedikit lebih rendah dari aktivitas enzim pada larva seabass yang diukur pada hari ke-8 (Walford, 1993).

Peningkatan aktivitas enzim protease dan lipase dipengaruhi oleh adanya makanan yang dimakan larva, sehingga memberikan kontribusi terhadap aktivitas enzim endogenous. Menurut Handayani dkk (2008) perubahan kadar protein, karbohidrat dan lemak pakan berpengaruh terhadap perubahan pola

enzim-enzim pencernaan (protease, amilase dan lipase) pada ikan gurame. Peningkatan aktivitas enzim dan meningkatnya peran pakan alami yang merupakan sumber energi eksogen sejalan dengan menyusutnya kuning telur.

#### **E. Aktivitas Enzim Pencernaan Protease**

Enzim protease adalah enzim yang berperan dalam proses pencernaan protein dalam tubuh. Dalam sistem pencernaan ikan, protein dari pakan tidak langsung diserap tetapi didegradasi terlebih dahulu oleh enzim protease menjadi asam amino atau peptida kemudian diserap tubuh. Proses degradasi protein ini terjadi di lambung dan usus, sementara penyerapan makanan terjadi di usus (Fujaya, 2004). Selain untuk degradasi protein nutrisi, protease juga diperlukan dalam sejumlah reaksi biokimia tubuh seperti mekanisme patogenisitas, proses koagulasi darah, proses sporulasi, diferensiasi, sejumlah proses pasca translasi protein, dan mekanisme ekspresi protein ekstra seluler (Yamin dkk, 2008).

Aktivitas enzim protease ditentukan oleh sifat substrat (protein) dan jenis enzim protease maupun kondisi lingkungan di mana reaksi enzimatik terjadi. Sifat enzim protease dapat berbeda tergantung organisme yang menghasilkannya. Sebagai gambaran ikan karnivora cenderung memiliki aktivitas enzim protease yang lebih tinggi dibanding ikan-ikan herbivora. Bahkan ikan-ikan yang berasal dari satu jenis, mungkin saja aktivitas enzim proteasenya berbeda karena berasal dari induk yang berbeda. Oleh karena itu, untuk melakukan analisis enzim protease perlu diperhatikan dengan baik tahapan penyiapan ikan uji dan pakan agar dapat mengurangi pengaruh dari faktor lain selain faktor yang diuji. Beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah asal ikan, keseragaman ukuran, dan kondisi pemeliharaan, serta jenis pakan yang diberikan (Yamin dkk, 2008).

Secara umum enzim protease diproduksi oleh tubuh (pankreas) untuk mencerna protein dari pakan agar dapat diserap oleh sel-sel enterosit yang terdapat pada dinding sebelah dalam usus. Oleh protease, substrat protein didegradasi (digest) menjadi peptida dan selanjutnya menjadi asam amino. Perubahan aktivitas enzim usus pada selang waktu berbeda setelah pemberian pakan nampaknya disebabkan adanya perubahan kadar protease dan kondisi lingkungan di dalam usus. Produksi enzim protease dari pankreas yang dikirim ke usus sangat dipengaruhi oleh protein dalam pakan. Protein pakan ini berperan sebagai aktivator bagi terekspresinya enzim protease pada sel-sel eksokrin pankreas yang akan disalurkan ke usus. Menurut Fujaya (2004), pankreas terdiri

atas dua tipe sel yaitu sel eksokrin dan sel endokrin. Sel endokrin menyintesis hormon-hormon sementara sel eksokrin menyintesis enzim-enzim termasuk protease. Selanjutnya disampaikan bahwa pada kasus tidak ada enzim pankreas, maka hanya 50% protein yang diserap dari total protein yang dikonsumsi.

Interaksi antara protein pakan dengan ekspresi protease mungkin disebabkan karena produksi protease dilakukan oleh enzim-enzim regulatorik. Enzim-enzim seperti ini tidak aktif secara terus-menerus tetapi dipengaruhi oleh adanya aktivator dan inhibitor, yang biasanya berupa substrat. Dalam hal ini substrat protein mungkin berperan sebagai aktivator. Semakin tinggi kadar protein di pakan maka produksi enzim protease akan meningkat dan sebaliknya akan menurun disaat substrat berkurang. Menurut Lehninger (1982), berdasarkan ekspresinya, enzim dibagi menjadi enzim pengatur (*regulator enzyme*) dan enzim terus-menerus (*constitutive enzyme*). Enzim regulator tidak mengekspresikan protein yang disandinya secara terus-menerus, tetapi dipengaruhi oleh adanya represor atau aktivator. Sementara enzim konstitutif mengekspresikan protein yang disandinya secara terus menerus dan tidak dipengaruhi oleh adanya represor atau aktivator (Yamin, 2008).

#### **F. Enzim Papain**

Enzim diperkenalkan pertama kali oleh Kuhne pada tahun 1878 untuk suatu zat yang bekerja pada suatu substrak. Kata enzim berasal dari bahasa Yunani yang berarti di dalam sel. Kuhne menjelaskan bahwa enzim bukan suatu sel, tetapi terdapat di dalam sel. Definisi yang dikemukakan bahwa enzim adalah protein yang mempunyai daya katalik karena aktivitas spesifiknya (Dixon, 1979). Enzim adalah protein yang di produksi dari sel hidup dan digunakan oleh sel-sel untuk mengkatalisis reaksi kimia yang spesifik. Enzim memiliki tenaga katalik yang luar biasa dan biasanya lebih besar dari katalisator sintetik. Spesifitas enzim sangat tinggi terhadap substraknya. Tanpa pembentukan produk samping enzim merupakan unit fungsional untuk metabolisme dalam sel, bekerja menurut urutan yang teratur. Sistem enzim terkoordinasi dengan baik menghasilkan suatu hubungan yang harmonis diantara sejumlah aktivitas metabolik yang berbeda (Shahib, 1992).

Enzim dikatakan sebagai suatu kelompok protein yang berperan dalam aktivitas biologis. Dalam jumlah yang sangat kecil, enzim dapat mengatur reaksi tertentu sehingga dalam keadaan normal tidak terjadi penyimpangan-

penyimpangan hasil akhir reaksinya. Enzim ini akan kehilangan aktivitasnya akibat panas, asam atau basa kuat, pelarut organik, atau pengaruh lain yang bisa menyebabkan denaturasi protein. Enzim dikatakan mempunyai sifat sangat khas, karena hanya bekerja pada substraknya (Girindra, 1990).

Hampir semua enzim yang telah diketahui adalah protein sehingga enzim merupakan biokatalisator yang dibentuk dari molekul protein terutama yang berbentuk globulan. Enzim yang berperan penting dalam hidrolisis protein ada 2 yaitu protease yang dapat memecah ikatan protein menjadi peptida dan peptidase yang dapat memecah ikatan peptida menjadi asam amino. Dengan kombinasi protease dan peptidase dapat memecah 90% ikatan peptida (Fennema, 1985).

Klasifikasi enzim didasarkan pada jenis reaksi yang dikatalisisnya, seperti direkomendasikan oleh Commission on Enzyme of the International Union of Biochemistry (CEIUB). Menurut sistem ini, enzim dibagi lagi menjadi beberapa sub golongan. Penanaman enzim diawali dengan nama substrat, diikuti oleh macam reaksi yang dikatalisis dan akhiran-ase (Muchtadi dkk., 1992).

Enzim bekerja dengan cara bereaksi dengan molekul substrak untuk menghasilkan senyawa intermediet melalui suatu reaksi kimia organik yang membutuhkan energi aktivasi lebih rendah, sehingga percepatan reaksi kimia terjadi karena reaksi kimia dengan energi aktivasi lebih tinggi membutuhkan waktu lebih lama. Meskipun senyawa katalis dapat berubah pada reaksi awal, pada reaksi akhir molekul katalis akan kembali ke bentuk semula. Sebagian besar enzim bekerja secara khas, yang artinya setiap jenis enzim hanya dapat bekerja pada satu macam senyawa atau reaksi kimia. Hal ini disebabkan perbedaan struktur kimia tiap enzim yang bersifat tetap. Sebagai contoh, enzim amilase hanya dapat digunakan pada proses perombakan pati menjadi glukosa.

Enzim memerlukan suhu dan pH (tingkat keasaman) optimum yang berbeda-beda karena enzim adalah protein, yang dapat mengalami perubahan bentuk jika suhu dan keasaman berubah. Selain suhu dan pH yang sesuai, enzim tidak dapat bekerja secara optimal atau strukturnya akan mengalami kerusakan. Hal ini akan menyebabkan enzim kehilangan fungsinya sama sekali. Kerja enzim juga dipengaruhi oleh molekul lain. Inhibitor adalah molekul yang menurunkan aktivitas enzim, sedangkan aktivator adalah yang meningkatkan aktivitas enzim.

Papain merupakan suatu zat (enzim) yang dapat diperoleh dari getah tanaman pepaya dan buah pepaya muda. Getah pepaya mengandung sebanyak 10% papain, 45% kimopapain dan lisozim sebesar 20% (Winarno, 1986). Getah pepaya tersebut terdapat hampir disemua bagian tanaman pepaya, kecuali bagian akar dan biji. Kandungan papain paling banyak terdapat dalam buah pepaya yang masih muda (Warisno, 2003).

Berdasarkan sifat-sifat kimianya, papain digolongkan sebagai protease sulfhidril (Muchtadi dkk, 1992). Papain mengandung 12 asam amino dalam suatu rantai polipeptida dan berikatan silang dengan tiga jembatan disulfida (Kalk, 1975). Papain memiliki 6 gugus sulfhidril, tetapi hanya dua gugus sulfhidril yang aktif. Gugus sulfhidril ini mengandung unsur sulfur sekitar 1,2%. Rantai ikatan tersebut tersusun atas arginin, lisin, leusin, dan glisin dengan sistein-25 tempat gugus aktif thiol (-SH) esensial, yang membentuk sebuah rantai peptida tunggal dengan bobot molekul 21.000-23.000 g/mol (Harrison dkk., 1997).

Berdasarkan klasifikasi the International Union of Biochemistry, papain termasuk enzim hidrolase yang mengkatalisis reaksi hidrolisis suatu substrak dengan bantuan molekul air. Aktivitas katalisis papain dilakukan melalui hidrolisis yang berlangsung pada sisi-sisi aktif papain. Pemisahan gugus-gugus amida yang terdapat di dalam protein tersebut berlangsung melalui pemutusan ikatan peptida (Wong, 1989 dalam Budi Aman, 2003).

Aktivitas enzim papain cukup spesifik karena papain hanya dapat mengkatalisis proses hidrolisis dengan baik pada kondisi pH serta suhu dalam kisaran waktu tertentu. Papain mempunyai pH optimum 7,2 pada substrak BAEE (Benzoil Arginil Etil Ester), pH 6,5 pada substrak kasein, pH 7,0 pada albumin dan pH 5,0 pada gelatin (Muchtadi dkk., 1992). Suhu optimal papain sendiri 50-60 °C. Papain relatif tahan terhadap suhu, bila dibandingkan dengan enzim proteolitik lainnya seperti bromelin dan lisin (Winarno, 1986).

Sebagai enzim proteolitik, papain memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak digunakan dalam industri besar. Meskipun telah diketahui ada beberapa enzim protease yang dihasilkan dari tanaman lain, namun papain merupakan enzim yang paling banyak dan sering digunakan. Oleh karenanya, potensi pasar papain dalam perdagangan dunia masih cukup besar (Kalie, 1999). Dalam dunia perdagangan, dikenal dua macam papain, yaitu papain kasar (crude papain) dan papain murni (Crystal papain). Papain kasar adalah getah pepaya yang telah dikeringkan, kemudian dihaluskan hingga menjadi tepung.

Metode yang dapat digunakan dalam isolasi crude enzim papain ada empat cara, yaitu cara Packolt, cara Walt, cara Balls dan cara Lineweaver. Di antara keempat metode isolasi crude enzim papain tersebut, metode yang paling baik adalah cara Balls dan Lineweaver, karena rendemen selanjutnya dapat ditentukan. Papain murni adalah hasil pemisahan dan pemurnian papain kasar menjadi empat macam protein proteolitik, yaitu papain, chimopapain A, chimopapain B, dan papain peptidase (Warisno, 2003).

Chimopapain A dan chimopapain B sifatnya agak mirip, maka keduanya dapat disebut sebagai chimopapain saja. Keempat jenis enzim proteolitik tersebut biasanya disebut papain saja atau papain kasar. Sifat daya enzimatik papain kasar ini sangat tinggi karena terdiri dari gabungan keempat enzim tersebut. Papain murni adalah hasil pemisahan pemurnian papain kasar menjadi keempat enzim proteolitik diatas. Papain murni banyak digunakan dalam industri farmasi (Kalie, 1999). Berbagai penelitian kini sedang dilakukan dalam usaha pemanfaatan enzim papain atau enzim sejenis lainnya dalam bidang industri lain yang belum digunakan,

Penggunaan enzim papain dalam bidang perikanan telah banyak dikembangkan, seperti dilaporkan Haryati *dkk*, (2015) meneliti efek dari penggantian pakan alami dengan pakan buatan, pakan yang digunakan adalah pakan komersial. Penelitian menunjukkan bahwa pada pemeliharaan larva kepiting lumpur mulai dari zoea 1 ke stadia megalopa, pakan buatan baru bisa diberikan mulai dari stadia zoea 3. Optimalisasi penggunaan pakan buatan dalam pemeliharaan larva untuk diimplementasikan lebih cepat bisa dilakukan dengan predigest pakan yang akan digunakan, dengan menambahkan enzim eksogen untuk pakan. Salah satu enzim eksogen yang bisa digunakan adalah enzim papain.

Selanjutnya Haryati *dkk* (2018), melakukan riset mengenai penambahan enzim papain dalam pakan buatan dalam pemeliharaan larva kepiting lumpur (*Scylla olivacea*). Dari hasil riset tersebut didapatkan bahwa dengan penambahan enzim papain dengan dosis 3,0 - 4,5% mampu mempercepat penggunaan pakan buatan yaitu pada stadia zoea 2 dengan mengamati derajat hidrolisis protein pakan buatan dan aktivitas enzim protease larva kepiting lumpur. Pemanfaatan enzim papain terhadap pertumbuhan dan sintasan dapat dilihat pada riset yang dilakukan oleh Haryati *dkk* (2018) yang mengkaji mengenai ekektifitas suplementasi enzim papain dalam pakan buatan terhadap

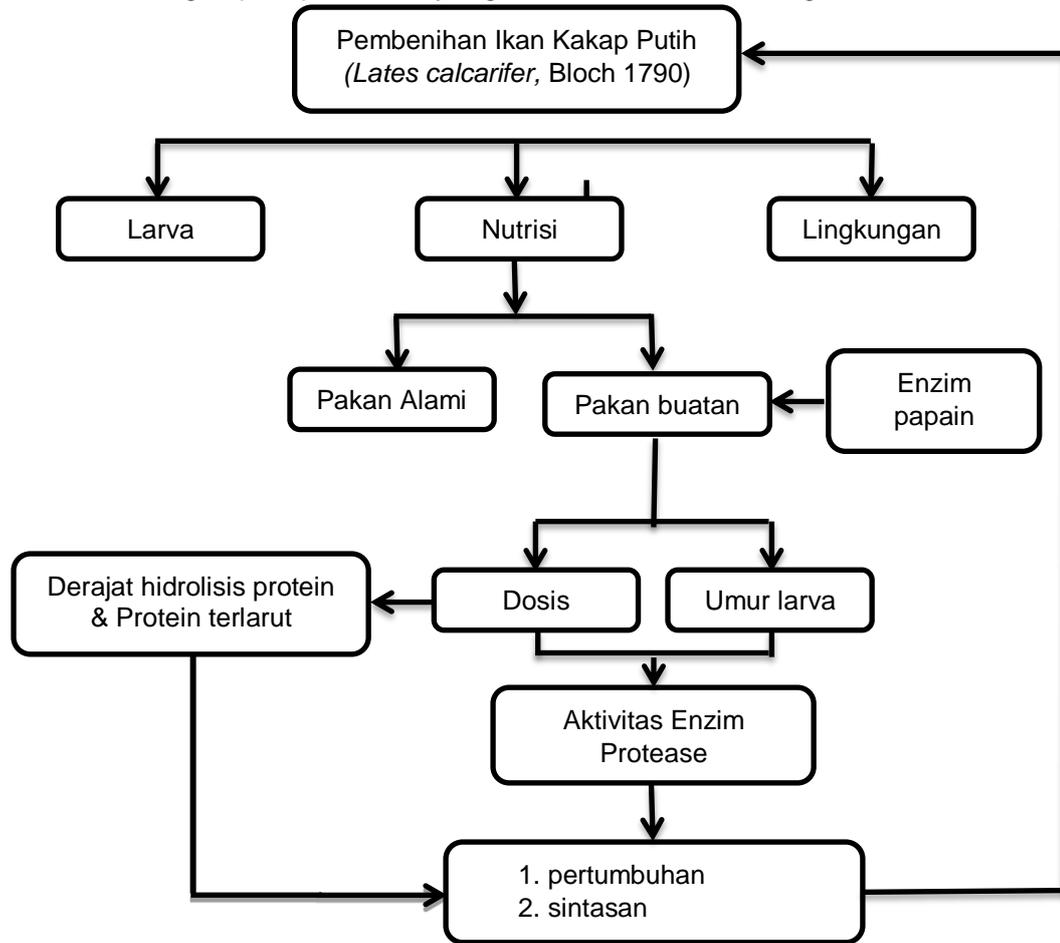
pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup larva kepiting bakau (*Scylla olivacea*). Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa larva kepiting bakau bisa diberi pakan yang telah dipredigest dengan enzim papain 3% mulai stadia zoea 2.

Hutabarat dkk (2015) melakukann riset mengenai Penggunaan enzim papain pada pakan buatan dengan dosis 3,375% menunjukkan hasil yang signifikan terhadap pertumbuhan namun tidak pada kelulus hidupan benih lobster air tawar (*C. quadricarinatus*). Khodijah dkk (2015) meneliti mengenai penambahan enzim papain pada pakan buatan yang diujikan pada benih ikan lele juga menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan benih, namun tidak berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup. Pada penelitian ini didapatkan dosis yang optimal yaitu 2,53% dengan laju pertumbuhan 5,05%/hari untuk ikan lele sangkuriang (*C. garipenus*).

Enzim eksogen telah terbukti untuk meningkatkan nilai gizi pakan dan mengurangi pencemaran lingkungan pada hean darat (Claseen 1996), suplementasi pakan dengan enzim eksogen juga dikenal untuk meningkatkan pemanfaatan pakan dan mengurangi polusi air (Kolkovski dkk., 1997). Menurut Fadli dkk (2013) bahwa pemberian enzim papain pada pakan komersil mampu meningkatkan kandungan protein, yaitu: 3% dosis papain (49,66), 4% dosis papain (51,42%) dan 5% dosis papain 953,15%) yang dapat dimanfaatkan sepenuhnya oleh ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) untuk pertumbuhan serta memberikan pengaruh nyata pada efesiensi pakan, menunjukkan bahwa pemberian enzim papain pada pakan buatan dengan dosis tertentu memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan. Enzim papain mampu menghidrolisis protein yang terkandung dalam pakan menjadi asam amino lebih tinggi untuk diserap dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan.

## G. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

## H. Hipotesa Penelitian

Adapun hipotesis penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Jika enzim papain digunakan untuk mempredigest pakan buatan dengan dosis yang tepat akan menghasilkan derajat hidrolisis protein dan protein terlarut pakan larva ikan kakap putih yang terbaik.
- Jika enzim papain digunakan untuk mempredigest pakan buatan dengan dosis dan waktu pemberian pakan yang tepat akan menghasilkan aktivitas enzim protease larva ikan kakap putih yang terbaik.
- Jika enzim papain digunakan untuk mempredigest pakan buatan dengan dosis dan waktu pemberian pakan yang tepat akan menghasilkan pertumbuhan dan sintasan larva ikan kakap putih yang terbaik.