

**PENENTUAN 'TIME SCHEDULE' PEMBERIAN PAKAN  
BUATAN BERFITOEKDISTEROID UNTUK MENANGGULANGI  
SINDROM MOLTING PADA METAMORFOSIS LARVA  
RAJUNGAN  
(*Portunus pelagicus*)**

**TIME SCHEDULE DETERMINATION OF  
PHYTOECDYSTEROID FEEDING ARTIFICIAL TO OVERCOME  
MOULTING SYNDROME TO METAMORPHOSIS OF BLUE  
SWIMMING CRAB LARVAE  
(*Portunus pelagicus*)**



**ANDI NIKHLANI  
P010 030 8017**

**PROGRAM PASCASARJANA ILMU PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**PENENTUAN “TIME SCHEDULE” PEMBERIAN PAKAN  
BUATAN BERFITOESTEROID UNTUK MENANGGULANGI  
SINDROM MOLTING PADA METAMORFOSIS LARVA  
RAJUNGAN  
(*Portunus pelagicus*)**

**Disertasi  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor**

**Program Studi  
Ilmu Pertanian**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANDI NIKHLANI**

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

DISERTASI  
PENENTUAN “TIME SCHEDULE” PEMBERIAN PAKAN BUATAN  
BERFITOEKDISTEROID UNTUK MENANGGULANGI SINDROM MOLTING  
PADA METAMORFOSIS LARVA RAJUNGAN  
(*Portunus pelagicus*)

Disusun dan diajukan oleh  
ANDI NIKHLANI  
Nomor Pokok P0100308017  
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi  
pada tanggal 16 Agustus 2013  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasihat

Prof. Dr. Ir. Muh. Yusri Karim, M.Si  
Promotor

Prof. Dr. Ir. Yushinta Fujaya, M.Si  
MP  
Kopromotor

DR. Ir. Siti Aslamyah,  
Kopromotor

Diketahui

Ketua Program Studi  
Pascasarjana  
Ilmu Pertanian

Direktur Program  
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. Saleh S Ali, M.Sc  
M.Sc

Prof. DR. Ir. Mursalim,

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Andi Nikhlani  
Nomor Mahasiswa : P0100308017  
Program Studi : Ilmu Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Sumber informasi yang berasal dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

2013

Makassar, 5 Agustus

Yang menyatakan

Andi Nikhlani

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpah karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan September 2011 sampai Agustus 2012 dengan judul Penentuan 'Time Schedule' Pemberian Pakan Buatan Berfitoekdisteroid untuk Menanggulangi Sindrom Molting pada Metamorfosis Larva Rajungan (*Portunus pelagicus*).

Selesainya karya ilmiah ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Melalui prakata ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Mulawarman dan Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman, Samarinda yang telah memberikan kesempatan mengikuti Program Doktor pada Universitas Hasanuddin, Makassar.
2. Rektor dan Direktur Pascasarjana Universitas Hasanuddin serta Ketua Program Studi Ilmu Pertanian yang berkenan menerima penulis melanjutkan pendidikan Program Doktor.
3. Departemen Pendidikan Nasional dalam hal ini Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penulis selama mengikuti

Pendidikan Program Doktor di Universitas Hasanuddin melalui Dana BPPS.

4. Bapak Prof. Dr. Ir. Muh. Yusri Karim, M.Si, Ibu Prof. Dr. Ir. Yushinta Fujaya, M.Si, Ibu Dr. Ir. Siti Aslamyah, MP, selaku Komisi Pembimbing, Bapak Prof. Dr. Ir. Hattah Fattah, M.Si, Bapak Dr. Ir. Dodi Darmawan Trijuno, M.App.Sc, Bapak Dr. Ir. Hilal Anshari, M.Sc, Bapak Dr. Ir. Zainuddin, M.Si, selaku penguji, atas segala petunjuk, saran dan bimbingannya.
5. Balai Penelitian dan Pengembangan Daerah dan RISTEK atas penyediaan sarana dan prasarana penelitian.
6. Kepala beserta staf Laboratorium Patologi, Balai Besar Veteriner, Maros, dan Laboratorium Nutrisi dan Teknologi Pakan, Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros yang telah memberikan izin dan fasilitas selama penelitian.
7. Saudara Fath Akbar, Iqbal, Azis, Fachruddin, dll, atas kerjasamanya selama penelitian
8. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2008 pada Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, dan khususnya pada konsentrasi Ilmu Perikanan : Dr. Nova Yuniarti, SPi, MP, Dr. Ir. Agustina Soumokil, MSi, dan Dr. Ernawati Syahrudin Kaseng, MSi,

serta semua pihak atas kerjasamanya selama penulis mengikuti pendidikan di Universitas Hasanuddin.

9. Khusus kepada kedua orang tua penulis Drs. H. Andi Makmur Asbar dan Dra.Hj. Andi Nurmy Azis (Almh), Andi Syarkiah, S.Pd, kedua mertuaku H. Andi Gallu (Alm) dan Hj. Andi Asiah (Almh), suamiku Ir. M. Hidayat Andi Gallu, kedua anakku Andi Batari Tenripada Hidayat dan Andi Batari Tenriukke Hidayat, adik-adikku dr. Andi Yuswardani, SpJ, Andi Suswani, SKM, M.Kes, dan Andi Rizky Amaliah SKM, M.Kes, Andi Radyah Alfrida, dan Andi Nasywah Alyah, kakekku Andi Abdul Azis Hamzah, Dra Rusniati dan keluarga serta seluruh keluarga atas segala pengorbanan, dukungan, bantuan, pengertian, dan doa yang selalu menyertai penulis selama mengikuti pendidikan di Universitas Hasanuddin.

Semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipatganda atas segala bantuan yang telah diberikan.

Akhir kata, semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Makassar, September 2013

*Andi Nikhlani*

## ABSTRAK

**ANDI NIKHLANI.** *Penentuan "Time Schedule" Pemberian Pakan Buatan Berfitoekdisteroid untuk Menanggulangi Sindrom Molting pada Metamorfosis Larva Rajungan (*Portunus Pelagicus*)* (dibimbing oleh Muh. Yusri Karim, Yushinta Fujaya, dan Siti Aslamyah).

Tujuan penelitian ini adalah menentukan *time schedule* pemberian pakan buatan berfitoekdisteroid untuk menanggulangi sindrom molting pada metamorfosis larva rajungan (*portunus pelagicus*).

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama, perkembangan organ pencernaan secara morfologi dan aktivitas enzim pencernaan secara kimiawi. Tahap kedua, yaitu menyangkut kecepatan metamorfosis, kelangsungan hidup, dan mortalitas larva rajungan. Kedua tahap penelitian tersebut dianalisis secara deskriptif, kecuali kelangsungan hidup larva rajungan (tahap kedua) didesain dengan menggunakan rancangan acak lengkap berpola faktorial.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa organ pencernaan larva rajungan sudah terbentuk sejak hari pertama setelah penetasan. Organ pencernaan larva rajungan mulai berkembang ke fase definitif pada hari kelima dan mencapai kesempurnaan saat larva berumur tiga belas hari. Kelangsungan hidup tertinggi pada stadia zoea sebesar 54%, sedangkan pada stadia megalopa dan *crab*, yaitu sebesar 10% dan 9,3%. Selain mortalitas larva dengan penyebab yang tidak teridentifikasi, sindrom molting, jamur, kelainan morfologi, dan kanibalisme juga merupakan penyebab kematian larva rajungan selama pemeliharaan. Pada umumnya dosis fitoekdisteroid dan jadwal pemberian pakan pada larva berpengaruh terhadap mortalitas larva rajungan. Formulasi fitoekdisteroid dalam pakan buatan dengan dosis 4mg/100 g pakan buatan dapat meningkatkan kecepatan metamorfosis larva rajungan stadia megalopa dan *crab*.





## ABSTRACT

**ANDI NIKHLANI.** *Time Schedule Determination of Feeding Artificial Phytoecdysteroid Feed to Overcome Molting Syndrome to Metamorphosis of Blue Swimming Crab Larvae (Portunus pelagicus)* , (supervised by **Muh. Yusri Karim, Yushinta Fujaya, and Siti Aslamyah**).

The purpose of this research is to determine the time schedule of feeding artificial phytoecdysteroid feed to overcome molting syndrome on metamorphosis of *blue swimming crab larvae*.

The research was conducted in 2 stages: 1) the development of morphology of digestive organ and chemical digestion of enzyme activity, in this stage, the study was analyzed descriptively and stage 2) metamorphosis speed, survival and mortality of the crabs were also analyzed descriptively. Metamorphosis speed and mortality of the crab larvae were analyzed descriptively, while the survival of the crab larvae was designed using complete random design by having factorial pattern.

The results indicate that the digestive organ of the crab larvae have been formed since the 1<sup>st</sup> day after hatching. Digestive organs of the crab larvae start to develop to the definite phase on the 5<sup>th</sup> day and reach the perfection on the 13<sup>th</sup> day. The highest survival on the zoea stadium is 54%, while at the megalopa and crab stadia amounting to 10% and 9.3%. In addition to the larva mortality causes which are not indentified, molting syndrome, fungi, morphological abnormalities, and cannibalism are also a cause of death of crab larvae during breeding. In general, phytoecdysteroid dose and schedule of larva feeding have effect on mortality of crab larvae. Phytoecdysteroid in artificial feed formulation at a dose of 4 mg/100g of artificial diet can increase the metamorphosis speed of megalopa and crab stadium.



## DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
PRAKATA.....	v
RIWAYAT HIDUP .....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	8
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A.. Perkembangan Larva Rajungan .....	10
B. Organ Pencernaan dan Pencernaan dan Aktifitas Enzim Pencernaan Larva Rajungan .....	16
C. Molting dan Hormon Fitoekdisteroid.....	24
D. Pakan dan Penggantian Pakan pada Larva .....	37
E. Kebutuhan Nutrien Larva Rajungan dan Kandungan Nutrien Pakan.....	43
F. Kualitas Air.....	45

H. Kerangka Konseptual .....	47
I. Hipotesis .....	48
.....	
BAB III. PERKEMBANGAN ORGAN PENCERNAAN SECARA MORFOLOGI DAN AKTIFITAS ENZIM PENCERNAAN SECARA KIMIAWI	
A. Pendahuluan .....	49
B. Metode Penelitian .....	53
a. Rancangan Penelitian.....	53
b. Lokasi dan Waktu .....	56
c. Pengamatan Parameter.....	56
d. Analisis Data.....	58
C. Hasil dan Pembahasan .....	61
D. Kesimpulan dan Saran .....	90
.....	
BAB IV. KECEPATAN METAMORFOSIS, KELANGSUNGAN HIDUP, DAN MORTALITAS LARVA RAJUNGAN ( <i>Portunus pelagicus</i> ) DENGAN “TIME SCHEDULE” PEMBERIAN PAKAN BUATAN BERFITOEKDISTEROID	
A. Pendahuluan .....	92
B. Metode Penelitian .....	96
a. Rancangan Penelitian.....	96
b. Lokasi dan Waktu .....	102
c. Pengamatan Parameter.....	102
d. Analisis Data.....	105
C. Hasil dan Pembahasan .....	106
D. Kesimpulan dan Saran .....	143
.....	
BAB V. PEMBAHASAN UMUM.....	146
.....	
BAB VI.KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	154
B. Saran.....	155
.....	
DAFTAR PUSTAKA	
.....	
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1. Hasil analisis aktivitas enzim (U/mL/menit) pakan alami rotifera dan naupli artemia.....	87
4.1. Larval stage indeks (LSI) (Redzuari <i>dkk.</i> , 2012).....	101
4.2. Kecepatan metamorfosis larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) berdasarkan larva stage indeks (LSI).....	104
4.3. Persentase kelangsungan hidup larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) selama penelitian .....	119
4.4. Persentase mortalitas larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) yang tidak teridentifikasi selama penelitian.....	127
4.5. Persentase mortalitas larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) karena gagal molting selama penelitian.....	130
4.6. Persentase mortalitas larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) karena jamur selama penelitian.....	133
4.7. Persentase mortalitas larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) karena kelainan morfologi selama penelitian.....	136
4.8. Persentase mortalitas larva rajungan ( <i>Portunus pelagicus</i> ) karena kanibalisme selama penelitian.....	138

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Larva stadia zoea-1.....	
13	
2.2. Larva stadia zoea-2.....	
13	
2.3. Larva stadia zoea-3.....	
14	
2.4. Larva stadia zoea-4.....	
14	
2.5. Megalopa .....	
15	
2.6. Crablet .....	
15	
2.7. Alur kerangka konseptual.....	
47	
3.1. Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-1 .....	
61	
3.2. Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-3 .....	
62	
3.3. Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-5 .....	
64	
3.4. Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-7 .....	
65	

3.5.	Potongan membujur. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-9 .....	66
3.6.	Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-11 .....	67
3.7.	Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-13 .....	68
3.8.	Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-15 .....	69
3.9.	Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-17 .....	70
3.10.	Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-19 .....	70
3.11.	Potongan melintang. Histologi organ pencernaan larva rajungan hari ke-21 .....	72
3.12.	Aktifitas enzim amilase (a), lipase (b), tripsin (c) dan pepsin (d) dan perubahan relatif aktifitas enzim amilase (a <sub>1</sub> ), lipase (b <sub>1</sub> ), tripsin (c <sub>1</sub> ), dan pepsin (d <sub>1</sub> ) larva rajungan .....	79
4.1.	Instalasi penelitian untuk kelangsungan hidup dan mortalitas larva rajungan .....	99
4.2.	Instalasi penelitian untuk kecepatan metamorfosis larva Rajungan .....	100

4.3.	<i>Portunus pelagicus</i> , a)zoea-1, b)zoea-2, c)zoea-3, d)zoea-4, e) megalopa, f) crab .....	106
4.4.	Fluktuasi salinitas selama penelitian .....	114
4.5.	Fluktuasi suhu selama penelitian .....	116
4.6.	Fluktuasi pH selama penelitian .....	119
4.7.	Fluktuasi DO selama penelitian.....	120
4.8.	Morfologi larva rajungan yang mati tidak teridentifikasi .....	128
4.9.	Morfologi larva rajungan yang mati karena gagal molting .....	131
4.10.	Morfologi larva rajungan yang mati karena jamur .....	134
4.11.	Morfologi larva rajungan yang mati karena kelainan morfologi.....	138
4.12.	Morfologi larva rajungan yang mati karena kanibalisme .....	140

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Analisa proksimat pakan buatan yang diberikan pada larva rajungan.....	166
2. Tahapan kegiatan budidaya <i>Brachionus</i> .....	166
3. Prosedur pengkayaan pakan alami .....	167
4. Tahapan pembuatan preparat histologi .....	168
5. Pengujian aktivitas enzim $\alpha$ amilase .....	171
6. Metode pengukuran aktivitas enzim lipase .....	172
7. Pengukuran aktivitas enzim protease (pepsin dan tripsin).....	173
8. Data aktivitas enzim pencernaan larva rajungan .....	174
9. Analisis ragam tingkat kelangsungan hidup larva rajungan untuk stadia zoea .....	175
10. Uji duncan pengaruh interaksi dosis fitoekdisteroid dan jadwal pemberian pakan terhadap tingkat kelangsungan hidup larva rajungan stadia zoea.....	175
11. Analisis ragam tingkat kelangsungan hidup larva rajungan untuk stadia megalopa .....	176
12. Uji duncan pengaruh interaksi dosis fitoekdisteroid dan jadwal pemberian pakan terhadap tingkat kelangsungan hidup larva rajungan stadia megalopa.....	177
13. Analisis ragam tingkat kelangsungan hidup larva rajungan untuk stadia crab .....	177
14. Uji duncan pengaruh interaksi dosis fitoekdisteroid dan jadwal pemberian pakan terhadap tingkat kelangsungan hidup larva rajungan stadia crab.....	177
15. Stadia larva berdasarkan ciri morfologi .....	178



## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomi serta harganya yang tinggi terutama di pasar Singapura, Jepang, Amerika dan Belanda. Tingginya nilai ekonomis dan harga pasar rajungan disebabkan rasa dagingnya yang khas dan merupakan sumber protein hewani sehingga digemari oleh konsumen (Juwana dan Rumimohtarto, 2000). Dengan demikian, rajungan potensial untuk dikembangkan melalui budidaya secara intensif didukung oleh ketersediaan lahan.

Berkembangnya budidaya rajungan akibat permintaan pasar yang meningkat membawa konsekuensi terhadap meningkatnya kebutuhan akan benih. Kebutuhan benih saat ini masih dipenuhi dari hasil tangkapan di alam yang sifatnya fluktuatif sehingga kesinambungan tersedianya benih untuk budidaya sangat terbatas (Juwana, 2002). Salah satu usaha untuk mengantisipasi pasokan benih agar selalu tersedia dalam jumlah yang cukup dan ukuran yang seragam adalah melalui usaha pembenihan rajungan.

Masalah utama yang dihadapi pembenihan rajungan dewasa ini adalah tingginya tingkat kematian larva terutama pada fase perpindahan stadia zoea ke megalopa (Soundarapandian *dkk.*, 2007). Menurut Serrano (2012),

kematian tersebut dapat disebabkan oleh belum sempurnanya saluran pencernaan larva krustase saat menerima pakan eksogenus, keberadaan enzim pencernaan dalam saluran pencernaan, dan kemampuan larva mencerna pakan yang tersedia. Selain itu, nutrisi yang tidak tercukupi dan tidak sesuai untuk larva pada fase pembenihan menyebabkan terjadinya kematian pada organisme. Serrano dan Traifalgar (2012) menyatakan bahwa pembentukan dan aktivitas enzim pencernaan larva *Scylla serrata* berpengaruh terhadap kelangsungan hidup larva. Ong dan Johnston (2006), menyatakan bahwa pengetahuan mengenai perkembangan organ pencernaan dan aktivitas enzim pencernaan sangat penting diketahui untuk setiap spesies krustase dalam hubungannya dengan proses pencernaan pakan. Aktivitas enzim pencernaan yang berkesinambungan memaksimalkan efisiensi pencernaan. Menurut Brito *dkk.* (2001) perubahan yang terjadi pada aktivitas enzim pencernaan dipengaruhi oleh perubahan perkembangan saluran pencernaan dan kuantitas atau kualitas komponen pakan. Walaupun perubahan pada aktivitas enzim dan asimilasi pakan berkaitan dengan periode kritis larva, tapi penelitian mengenai aktivitas enzim pencernaan sangat terbatas untuk larva krustase.

Selama ini pakan alami yang umum digunakan pada usaha perbenihan adalah rotifer (*Brachionus*) dan *Artemia* (Southgate, 2003; Holme *dkk.*, 2009). Rotifera mengandung protein sekitar 36,06-42,50%, karbohidrat

16,65% dan lemak 8,32-10,48%, sedangkan *Artemia* mengandung protein kasar sekitar 58%. Pakan alami tersebut juga mempunyai enzim proteolitik yang sangat membantu proses pencernaan larva yang hanya berbentuk bakal saluran pencernaan (*digestive tube*). Selain itu, rotifera dan *Artemia* mempunyai lapisan eksoskeleton yang tipis sehingga mudah dicerna oleh larva (Walfrod dan Lam, 1993).

Pemberian pakan alami pada larva umumnya dilakukan pada stadia awal dan setelah itu dilanjutkan dengan pakan buatan. Pakan buatan pada stadia awal larva harus disesuaikan dengan kebutuhan dan ukuran bukaan mulut larva. Namun demikian, beberapa larva tidak dapat mencerna pakan buatan tersebut dan selalu mati dengan usus yang penuh dengan pakan buatan. Kegagalan dalam menerima pakan buatan dapat disebabkan tidak efisiennya proses pencernaan, khususnya ketika sistem pencernaan larva belum berkembang sempurna (Chen *dkk.*, 2006). Menurut Kolkovski (2001) ketersediaan enzim pencernaan merupakan kunci keberlangsungan hidup larva yang diberi pakan buatan.

Pada larva umur tertentu, struktur organ pencernaan masih sederhana dan belum mengalami diferensiasi (Sarasquete *dkk.*, 1995). Struktur morfologi yang sederhana tersebut berakibat pada rendahnya produksi enzim yang berperan dalam proses pencernaan. Perkembangan organ dan aktivitas enzim pencernaan selama stadia ontogenesis sangat menentukan

pengembangan strategi pemberian pakan. Dengan demikian, diperlukan manajemen pakan dan penentuan jadwal pemberian pakan buatan dalam pemeliharaan larva rajungan

Kematian yang tinggi pada tahap awal larva juga dapat disebabkan oleh kegagalan molting. Bowser dan Rosemark (2003) melakukan penelitian mengenai tingkat mortalitas lobster *Homarus americanus* dan diketahui bahwa sebagian lobster mengalami kematian pada proses molting. Lobster yang lain melakukan molting tapi mengalami kecacatan dan mati. Sindrom molting yang dialami oleh krustase pada tahap awal stadia larva umumnya disebabkan oleh pasokan ekdisteroid yang tidak mencukupi untuk melakukan molting (Thomton *dkk.*, 2006). Fujaya (2011) mengemukakan bahwa secara alami, untuk molting dibutuhkan ekdisteroid sebesar 500 ng/g bobot badannya. Hormon ekdisteroid yang banyak terdapat pada tanaman bayam, pakis, dan jenis paku-pakuan yang lain adalah sejenis hormon molting yang dapat membantu mempercepat kepiting dan sejenisnya untuk mengelupaskan kulit lama dan meremajakannya kembali. Suplementasi ekdisteroid dalam pakan diharapkan dapat menanggulangi kematian akibat sindrom molting.

Sehubungan dengan permasalahan diatas, untuk mengatasi rendahnya tingkat kelangsungan hidup larva rajungan diperlukan informasi tentang 'time schedule' pemberian pakan buatan berfitoekdisteroid yang

tepat, berdasarkan pembentukan organ pencernaan larva dan formulasi pakan buatan dengan fitoeksdisteroid

### **B. Rumusan Masalah**

Produksi benih rajungan pada panti pembenihan dewasa ini selalu kurang berhasil, dengan tingkat kelangsungan hidup larva yang rendah. Kematian larva yang tinggi terjadi pada tahap awal stadia yakni dari stadia zoea hingga megalopa. Penyebab rendahnya kelangsungan hidup larva adalah kurangnya pengetahuan mengenai perkembangan dan fisiologi pencernaan larva rajungan, serta tidak tepatnya 'time schedule' pergantian pemberian pakan alami ke pakan buatan. Selain itu, tingginya mortalitas pada larva diakibatkan oleh kegagalan molting yang terjadi akibat kurangnya pasokan ekdisteroid pada tubuh larva.

Penggunaan pakan alami yang berkepanjangan selain tidak praktis, juga tidak ekonomis, sehingga perlu dibatasi lama pemberiannya. Oleh sebab itu, peran pakan alami perlu segera digantikan dengan pakan buatan yang komposisi gizinya sesuai dengan kebutuhan larva. Namun dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pakan buatan dalam pemeliharaan larva sering memiliki penampilan pertumbuhan dan kelangsungan hidup lebih rendah jika dibandingkan dengan pemberian pakan alami. Oleh sebab itu, untuk mengoptimalkan keberhasilan penggunaan pakan

buatan pada pemeliharaan larva rajungan adalah menentukan saat yang tepat dimulainya penggunaan pakan buatan. Hal ini didasarkan pada definitifnya organ dan kelenjar pencernaan, serta aktivitas enzim pencernaan.

Pengetahuan mengenai proses pencernaan larva rajungan penting untuk keberhasilan perkembangan teknologi pembenihan rajungan. Walaupun beberapa penelitian tentang kapasitas pencernaan dan enzim yang diperlukan oleh larva untuk mencerna pakan telah dilakukan, namun aktivitas enzim selama perkembangan larva belum sepenuhnya telah diteliti. Kemampuan larva untuk memanfaatkan pakan bergantung kepada kelengkapan organ dan ketersediaan enzim pencernaan. Pakan buatan dapat diberikan apabila organ dan enzim pencernaan telah berada pada fase definitif. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengkajian tentang perkembangan morfologi organ dan aktivitas enzim pencernaan melalui pengamatan histologi dan perkembangan aktivitas enzim pencernaan.

Perkembangan morfologi organ dan aktivitas enzim pencernaan pada fase definitif perlu didukung dengan pemberian pakan buatan berfitoekdisteroid untuk menanggulangi gagal molting yang terjadi pada larva rajungan. Ketersediaan hormon molting yang berupa ekdisteroid terbukti mampu meningkatkan laju molting (Fujaya *dkk.*, 2011). Hormon steroid merupakan hormon yang larut dalam lemak, sehingga dapat dengan mudah menembus membran sel menuju sel target. Dengan demikian, ekdistroid

dapat meningkatkan metabolisme protein dalam sel yang akan mendorong pertumbuhan krustase (Aslamyah, 1997).

Pengetahuan tentang perkembangan organ dan aktivitas enzim pencernaan serta pemberian pakan berfitoekdisteroid yang tepat pada larva rajungan diharapkan dapat menjadi bahan informasi dan dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam menentukan saat yang tepat melakukan penggantian pakan alami dengan pakan buatan.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah, yaitu :

- a. Kapankah tercapainya fase definitif organ pencernaan (saluran dan kelenjar pencernaan) larva rajungan berdasarkan perkembangan struktur saluran pencernaan secara morfologi dan aktifitas enzim pencernaan secara kimiawi.
- b. Kapankah jadwal pemberian pakan buatan yang tepat pada larva rajungan ?
- c. Bagaimana keefektifan pakan buatan berfitoekdisteroid terhadap peningkatan kecepatan metamorfosis, kelangsungan hidup dan mortalitas larva rajungan ?

### **C. Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Menentukan tercapainya fase definitif organ pencernaan (saluran dan kelenjar pencernaan) larva rajungan berdasarkan perkembangan struktur saluran pencernaan secara morfologi dan aktivitas enzim pencernaan.
- b. Menentukan 'time schedule' pemberian pakan buatan yang tepat pada larva rajungan.
- c. Mengkaji keefektifan pakan buatan berfitoekdisteroid terhadap kecepatan metamorfosis, kelangsungan hidup, dan mortalitas larva rajungan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bahan informasi mengenai

- a. Waktu tercapainya fase definitif organ pencernaan (saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan) berdasarkan perkembangan struktur saluran pencernaan secara morfologi dan aktivitas enzim pencernaan.
- b. 'Time schedule' pemberian pakan yang tepat pada pemeliharaan larva rajungan.



- c. Keefektifan pakan buatan berfitoekdisteroid untuk meningkatkan kecepatan metamorfosis, kelangsungan hidup dan menanggulangi mortalitas larva rajungan.

Dengan demikian dapat menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan saat yang tepat melakukan penggantian pakan alami dengan pakan buatan pada pemeliharaan larva rajungan.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Perkembangan Larva Rajungan**

Pada umumnya rajungan (*Portunus pelagicus*) menghasilkan telur antara 1 juta sampai 6 juta setiap kali pemijahan. Perkembangan rajungan dimulai dari telur yang disimpan di bawah lipatan abdomen betina. Telur-telur tersebut menempel pada helaian kaki-kaki renang membentuk massa telur seperti sponge. Seiring dengan perkembangan embrio, warna telur ini berubah dari merah orange menjadi kehitaman yang menandakan bahwa bintik mata telah terbentuk dan telur akan menetas. Waktu yang dibutuhkan sejak penempelan telur hingga telur-telur menetas berkisar 8-10 hari (Soundarapandian *dkk.*, 2007).

Telur menetas menjadi larva yang terdiri atas beberapa tingkatan yakni dimulai dari zoea yang terdiri atas 4 tingkat (zoea 1-4), megalopa, crablet, dan dewasa. Larva rajungan stadia zoea bersifat planktonik, namun setelah mencapai stadia megalopa sampai dewasa bersifat bentik dan suka membenamkan diri ke dalam pasir atau lumpur (Fujaya, 2009). Menurut Soundarapandian dan Tamizhazhagan (2009) lama perkembangan masa stadia zoea sekitar 3-4 hari dalam kondisi suhu media air 20-25°C, stadia megalopa dan crablet berkisar 5-7 hari.

Menurut Arshad *dkk.* (2006) perkembangan larva rajungan terdiri dari zoea (4 tahap), megalopa, dan crablet. Pada suhu 28-30°C total durasi dari perkembangan larva dari zoea-1 sampai crab-1 diperoleh minimal 14-19 hari. Zoea-1 dan 2 berkisar 3-4 hari, zoea-3 dan 4 berkisar 2-3 hari dan megalopa selama 3-4 hari, crab-1 berkisar 15-18 hari sebelum molting ke tahap berikutnya.

### 1. *Stadia Zoea*

Semua tahap pada zoea dicirikan dengan *rostrum* yang panjang pada bagian *dorsal*, dan sepasang duri pendek pada bagian *lateral* karapas. Larva berenang menggunakan sepasang *eksopodit* pertama dan kedua yang terdapat pada *maxilla*, dengan duri pada bagian *dorsal* dan *rostrum* pada bagian *ventral*. Tiga pasang *seta* antara *telson furca* yang panjang.

Mata pada larva zoea-1 menempel dan *somit abdomen* terdiri atas 5 segmen ditambah dengan *telson* untuk zoea-2 (Gambar 2.1). Mata sudah memiliki tangkai pada zoea-2. Sepasang *plumos seta* yang pendek pada tepi bagian tengah yang terbelah (Gambar 2.2). Perut pada zoea-3 mempunyai 6 segmen. Permukaan *dorsal* pada *somit abdomen* pertama mempunyai 3 *seta* yang pendek. Kuncup *pleopod* pada abdomen berkembang dan menuju *biromous* pada *somit-2* dan 5 (Gambar 2.3) dan *uniramous* pada *somit-6* ketika larva berkembang menuju zoea-4 (Gambar 2.4)

## 2. *Stadia Megalopa*

Molting terakhir pada zoea-4 dicirikan sangat jelas dengan perubahan morfologi ke tahap megalopa (Gambar 2.5). Perkembangan larva pada tahap ini berkisar 11-14 hari. Morfologi larva pada tahap megalopa sudah menyerupai crab jika dibandingkan dengan tahap zoea. Lebar karapas berkorelasi dengan panjang, sudah memiliki capit pada ujung kaki dan ukuran lebar karapas sudah mencapai 1,2 mm. Megalopa berenang bebas menggunakan sepasang *pleopod*.

## 3. *Stadia Crab*

Megalopa akan bermetamorfosis ke stadia crab-1 (Gambar 2.6). Pada tahap ini *abdomen* sudah sempurna, melengkung di bawah *cephalothoraks* seperti kepiting dewasa. Rata-rata lebar karapas berkisar 2,5–3,0 mm. Tepi karapas bergerigi dengan 9 duri pada *anterolateral*. Terdapat 4 pasang *periopod* berkembang sempurna, dan *natatory legs* sudah mulai berfungsi.



Gambar 2.1. Larva rajungan stadia zoea-1.



Gambar 2.2. Larva rajungan stadia zoea-2.



Gambar 2.3. Larva rajungan stadia zoea-3.



Gambar 2.4. Larva rajungan stadia zoea-4.



Gambar 2.5. Megalopa (tampak dorsal)



Gambar 2.6. Crab-1 (tampak dorsal)

## **B. Organ Pencernaan dan Aktivitas Enzim Pencernaan Larva Rajungan**

Enzim adalah katalisator biologis dalam reaksi kimia yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan. Enzim adalah protein yang disintesis di dalam sel dan dikeluarkan dari sel yang membentuknya melalui proses *eksositosis*. Enzim yang disekresikan keluar digunakan untuk pencernaan di luar sel (di dalam rongga pencernaan) atau disebut "*extra cellular digestion*", sedangkan enzim yang dipertahankan di dalam sel digunakan untuk pencernaan di dalam sel itu sendiri atau disebut "*intra celluler digestion*" (Affandi dkk., 2009).

Kemampuan larva krustase untuk menghasilkan enzim erat kaitannya dengan perkembangan organ pencernaan. Pemahaman tentang morfologi pembentukan dan fisiologis organ pencernaan (saluran dan kelenjar pencernaan) penting dan sangat diperlukan. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memahami dan mempelajari organ pencernaan organisme adalah dengan melakukan histologi pada organ pencernaan organisme tersebut (Luna, 1968).

Seperti halnya organ-organ lain, organ pencernaan larva rajunganpun berkembang menuju ke arah kesempurnaan. Perkembangan organ pencernaan ini sejalan dengan pola pertumbuhan larva, artinya apabila kondisi lingkungan optimal, maka perkembangan alat pencernaanpun akan



berjalan secara normal (Maheswarudu *dkk.*, 2008). Terbentuknya organ pencernaan selain dipengaruhi oleh faktor internal juga dipengaruhi oleh faktor eksternal. Dengan demikian, saat pencapaian kesempurnaan alat pencernaan ini akan berbeda antara spesies yang satu dengan spesies yang lainnya dan antara kondisi lingkungan yang satu dengan kondisi lingkungan yang lain untuk spesies yang sama (Affandi *dkk.*, 1992). Selanjutnya dikatakan bahwa perubahan struktur alat pencernaan dapat dilihat dari struktur mulut, rongga mulut, esofagus, lambung, dan usus. Modifikasi struktur organ pencernaan diduga berlangsung melalui proses evolusi yang panjang (Johnston, 1980).

Menurut Johnson (1980) dan Sousa dan Patriella (2006) umumnya saluran pencernaan kepiting dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu *foregut*, *midgut*, dan *hindgut*. Yang termasuk kedalam *foregut* adalah mulut, *esophagus*, dan *stomach*, dimana didalamnya termasuk *cardiac stomach* dan *pyloric stomach*. Mulut terletak pada bagian depan, *esophagus* menghubungkan antara mulut dan *cardiac stomach*. *Cardiac stomach* pada larva rajungan berbentuk seperti kantung sebagai ruang untuk menerima makanan dari *esophagus*. Ukuran dari *cardiac stomach* tergantung pada umur larva.

Johnston (1980) mengatakan bahwa yang termasuk kedalam *midgut* adalah usus, *midgut caeca* bagian depan, *midgut caeca* bagian belakang

dan *kelenjar midgut* (hepatopankreas). Usus berbentuk tabung dan jika diiris melintang akan berbentuk *circular*. Fungsi dari *midgut caeca* bagian depan adalah sebagai tempat enzim pencernaan pada pakan dikirim dari *stomach* sebelum masuk ke usus, juga dapat mengaktifkan enzim. Fungsi spesifik dari *midgut caeca* bagian belakang adalah diperlukan dalam transfer ion utamanya ion kalsium dan air. Pada lokasi terbentuk enzim pencernaan, terjadi absorpsi makanan dan transportasi makanan. Hepatopankreas dapat ditemukan pada tiap tahap larva. Pada tahap selanjutnya ditemukan lebih banyak cabang dengan ukuran yang lebih besar dimana kelenjar ini dominan pada daerah *chepalotoraks*. *Hindgut* pada larva rajungan berbentuk tabung sederhana, dimulai dari perut dan berlanjut sampai anus dan dilapisi oleh *epithelium* sederhana.

Perkembangan organ pencernaan ke arah yang lebih sempurna berpengaruh terhadap aktivitas enzim pencernaan. Aktivitas enzim pencernaan adalah suatu indikator yang baik untuk menentukan kapasitas pencernaan (Affandi *dkk.*, 2009). Aktivitas enzim yang tinggi secara fisiologis mengindikasikan bahwa larva siap untuk memproses pakan dari luar (Gawlicka *dkk.*, 2000). Aktivitas enzim pencernaan meningkat dengan meningkatnya umur larva. Peningkatan ini disebabkan oleh semakin sempurnanya organ penghasil enzim. Akan tetapi, untuk beberapa jenis enzim akan menurun sesuai dengan kebiasaan makanan dari larva (Infante

dan Cahu, 2001; Serrano dan Traifalgar, 2012). Haryati (2002) mengatakan bahwa 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 larva mampu mencerna pakan yang tidak mengandung enzim.

Enzim berperan dalam mengubah laju reaksi sehingga kecepatan reaksi yang diperlihatkan dapat dijadikan ukuran keaktifan enzim. Satu unit enzim adalah jumlah enzim yang mengkatalisis transformasi 1 mikromol substrat dalam waktu 1 menit pada suhu 25°C dan pada keadaan pH optimal. Aktivitas enzim bergantung pada konsentrasi enzim, substrat, suhu, pH, dan inhibitor (Affandi *dkk.*, 2009)

Kemampuan larva untuk mencerna suatu jenis pakan bergantung pada faktor fisik dan kimia pakan, jenis pakan, umur, sifat fisik dan kimia air, serta jumlah enzim pencernaan dalam sistem pencernaan (NRC, 1988). Menurut Kim *dkk.* (2001) kemampuan larva mencerna pakan buatan sangat bergantung kepada kelengkapan organ pencernaan dan ketersediaan enzim pencernaan. Aktivitas enzim tersebut bervariasi menurut umur, keadaan fisiologis dan musim. Aktivitas enzim juga berkorelasi positif dengan kebiasaan makan.

Enzim karbohidrase, protease, dan lipase mempengaruhi pencernaan makanan di usus anterior. Protease merupakan enzim yang berperan dalam

hidrolisis protein. Enzim yang paling banyak berperan dalam hidrolisis karbohidrat ialah amilase (Zonneveld *dkk.*, 1991). Enzim pencernaan yang disekresikan dalam rongga pencernaan berasal dari sel-sel mukosa lambung, pilorikaeka, pankreas, dan mukosa usus. Oleh sebab itu, perkembangan sistem pencernaan erat kaitannya dengan perkembangan aktivitas enzim di dalam rongga saluran pencernaan

Enzim berperan sebagai katalisator dalam hidrolisis protein, lemak, dan karbohidrat menjadi bahan-bahan yang sederhana. Sel-sel mukosa lambung menghasilkan enzim protease dengan suatu aktivitas proteolitik optimal pada pH rendah. Pilorikaeka yang merupakan perpanjangan usus terutama berperan mensekresikan enzim yang sama seperti yang dihasilkan pada bagian usus, yaitu enzim pencernaan protein, lemak, dan karbohidrat yang aktif pada pH netral dan sedikit basa. Cairan pankreas kaya akan tripsin, yaitu suatu protease yang aktivitasnya optimal sedikit di bawah alkalis. Selain itu, cairan ini juga mengandung amilase, maltase, dan lipase (Walford dan Lam, 1993).

Pada saat struktur anatomis dan histologis alat pencernaan belum sempurna, enzim endogen yang disekresikan sangat sedikit. Hal ini dicerminkan oleh aktivitas enzim pepsin, tripsin,  $\alpha$ -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 larva mampu mencerna pakan yang tidak mengandung enzim (Infante dan Cahu, 2001)

Menurut Fang dan Lee (1992) kebanyakan enzim pencernaan hadir sebelum pemberian pakan buatan dan perkembangan enzim menentukan saat yang tepat untuk mencerna pakan dari luar. Pada larva *Penaeus monodon* stadia zoea dan nauplius, ditemukan aktivitas enzim protease yang rendah tapi meningkat pada saat mysis, demikian pula aktivitas tripsin dan chymotripsin, sedangkan aktivitas amilase, meningkat setelah stadia post-larva. Aktivitas chitinase dan maltase tampak tinggi pada stadia zoea, tapi semakin menurun dengan bertambahnya umur larva.

Menurut Serrano dan Traifalgar (2012) aktivitas enzim amilase pada larva *Scylla serrata* rendah pada larva stadia zoea-1 sampai zoea-3 dan mencapai puncak pada stadia zoea-4 dan zoea-5, dan menurun saat memasuki stadia megalopa sampai crab. Enzim tripsin memperlihatkan peningkatan aktivitas pada stadia zoea-2, menurun pada stadia selanjutnya, dan mengalami peningkatan saat memasuki megalopa sampai crab, sebaliknya pada aktivitas Leusin aminopeptidase (LAP) yang meningkat saat zoea-3 sampai crab.

Menurut Saborowski *dkk.* (2006) larva king crab *Lithodes santolla*, memperlihatkan aktivitas enzim endopeptidase yang rendah, tetapi

mempunyai aktivitas enzim yang tinggi untuk esterase/lipase, posphatase dan eksopeptidase yang mengindikasikan bahwa kemampuan larva untuk memanfaatkan enzim yang berasal dari kuning telur. Endopeptidase atau proteinase seperti tripsin dan chymotripsin adalah sejenis enzim pencernaan yang umumnya terdapat pada beberapa spesies krustase. Le Vay *dkk.* (1993) menyatakan bahwa enzim pencernaan memiliki aktivitas yang tinggi pada hepatopankreas dan lambung. Aktivitas endopeptidase meningkat pada tahap juvenil, sehingga pemberian pakan yang berasal dari luar berpotensi diberikan pada tahap ini.

Lie *dkk.* (1989) menyatakan bahwa pada larva *S. serrata* stadia zoea-1 mempunyai aktivitas enzim protease yang tinggi tetapi menurun pada stadia zoea-5. Le Vay *dkk.* (1993) dan Kamaruddin *dkk.* (1991) menyatakan bahwa pada larva *Macrobrachium rosenbergii* stadia mysis, yang hanya diberi pakan buatan mempunyai aktivitas tripsin sangat tinggi dan sebaliknya pada larva yang diberi pakan alami atau pakan buatan yang dicampur dengan pakan alami. Selanjutnya dikatakan bahwa aktivitas enzim tripsin dan esterase pada larva *M. rosenbergii* mencapai puncaknya pada stadia 5-6 (stadia larva udang ini mempunyai 11 stadia). Aktivitas amilase tetap rendah hingga larva mencapai stadia 6-7 dan ini menunjukkan bahwa stadia awal larva spesies ini bersifat karnivora. Aktivitas amilase yang maksimum terjadi pada stadia 9 -11.

Spesies omnivora mempunyai aktivitas amilase dan rasio amilase protease lebih tinggi dibandingkan dengan spesies karnivora. Hal ini disebabkan spesies omnivora mempunyai kemampuan memanfaatkan karbohidrat lebih tinggi dibandingkan dengan spesies karnivora (Haryati, 2002).

Formulasi pakan bisa seimbang jika mengandung semua nutrisi pakan yang esensial. Nilai gizi yang baik dari formulasi pakan tergantung pada ketersediaan bahan hayati, tidak murni tergantung pada komposisi. Hewan mengandalkan fungsi sistem pencernaan untuk mengefisienkan nutrisi yang terkandung dalam pakan, dan morfologi saluran pencernaan. Kondisi fisiologis larva dan lingkungan pemeliharaan semua memegang peranan penting dalam menentukan kecernaan pakan (Lee dan Meyers, 1996).

Jones *dkk.* (1991) melaporkan bahwa aktivitas enzim larva *penaeid* dapat berada pada tingkat yang tinggi segera setelah menetas, yang menunjukkan bahwa ada korelasi antara tingkat enzim dan tingkat gastro-evakuasi, dan aktivitas enzim tertinggi bertepatan dengan waktu evakuasi usus terpendek. Untuk larva *S. serrata*, studi radiotracer telah menunjukkan bahwa usus yang terpendek pada tahap awal zoea, meningkat dengan perkembangan larva secara substansial (Genodepa *dkk.*, 2006). Aktivitas enzim spesifik pada larva kepiting bakau telah diteliti oleh Hong *dkk.* (1995), yang mengukur empat enzim pencernaan dalam usus larva; yaitu protease,

$\alpha$ -amilase, selulosa, dan lipase. Selanjutnya dilaporkan bahwa aktivitas enzim bervariasi untuk tahap perkembangan yang berbeda.

### C. Molting dan Hormon Fitoekdisteroid

#### 1. Molting

Pertumbuhan pada kepiting merupakan penambahan bobot badan dan lebar karapas yang terjadi secara berkala setelah terjadi pergantian kulit atau molting (Catacutan, 2002). Saravanan dan Kamalam (2008) mengatakan bahwa molting merupakan kebiasaan yang melekat pada krustase, yang secara periodik eksoskeleton lama akan terlepas dan terbentuk eksoskeleton baru. Hal ini memungkinkan pertumbuhan lebih lanjut atau kenaikan bobot badan. Siklus molting adalah fase paling kritis dan menantang pada fisiologi krustase. Molting mengarah ke penggantian total eksoskeleton tua, termasuk pelengkap, dengan eksoskeleton baru. Eksoskeleton yang terlepas disebut *exuvium*.

Molting bagi krustase merupakan periode kritis yang menggambarkan kondisi fisiologis dari proses pergantian eksoskeleton (Dooley *dkk.*, 2002). Molting dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti salinitas, suhu, dan faktor internal termasuk status nutrisi dan ablasi mata (Koo *dkk.*, 2005).

Peningkatan ukuran tubuh dan biomassa terjadi setelah molting yakni selama periode antar *postmolting* yakni selama periode antara *postmolt* dan *premolting* karena proses fisiologis intensif dan biokimia terjadi selama periode



tersebut (Godbout *dkk.*, 2002), sedangkan pada periode *postmolt* terjadi peningkatan pengambilan air (Dooley *dkk.*, 2002).

Menurut Styriahave *dkk.* (2004) pertumbuhan krustase dibatasi oleh keberadaan eksoskeleton yang keras. Konsekuensinya, eksoskeleton tersebut secara berkala harus diganti oleh yang baru untuk tumbuh. Pada saat keping ganti kulit, sebagian bobotnya hilang sebagai *eksuvia*. Kehilangan bobot pada setiap ganti kulit ini mengakibatkan model pertumbuhan keping bersifat diskontinyu karena hanya terjadi setelah ganti kulit. Ketika molting, keping meningkatkan pengambilan air untuk mengembangkan eksoskeleton baru dan menambah ukuran sebelum eksoskeletonnya mengeras.

Barnes (2010) mengemukakan bahwa molting atau proses ganti kulit merupakan proses alamiah yang terjadi pada krustase. Sebagai hewan dengan kerangka luar (karapas, eksoskeleton), krustase perlu mengganti karapasnya tersebut apabila badannya tumbuh membesar, hal ini dilakukan krustase karena karapas luarnya tidak ikut tumbuh. Untuk itu krustase harus keluar dari karapas lamanya dan membentuk karapas baru.

Molting merupakan proses yang rumit, dimana proses ini banyak melalui proses-proses bersifat hormonal. Setidaknya dua jenis hormon diketahui bertanggung jawab terhadap proses molting, yaitu hormon *ecdysis* dan MIH (*Molting Inhibiting Hormon*). *Ecdysis* berperan dalam memicu

proses molting, sedangkan MIH berfungsi sebaliknya, yaitu menghambat proses molting. Aktivitas kedua hormon ini sering ditentukan oleh faktor lingkungan, sehingga tidak jarang para peternak memanipulasi lingkungan hidup krustase sedemikian rupa agar hormon *ecdysis* berperan, dan MIH berkurang, dengan harapan krustase akan terpicu untuk molting sehingga pertumbuhannya menjadi cepat (Bowser dan Rosemark, 2003).

Dalam proses molting, dijumpai pula fenomena khas, yaitu proses penyerapan kalsium dari kerangka lama yang disimpan dalam organ khusus dalam perut kepiting yang disebut *gastrolith* (Barnes, 2010). Penelitian yang rinci telah dilakukan terhadap fenomena molting dari *Macrobrachium rosenbergii*. Pada udang galah, molting biasanya terjadi pada malam hari dan siklus ini berlanjut terus sampai mati. Selain pertumbuhan, molting juga menyebabkan perubahan variasi dalam perilaku umum udang (Saravanan dan Kamalam, 2008).

Selama proses molting, lobster (*Homarus americanus*) akan cenderung tidak aktif dan akan sering berdiam diri dalam tempat persembunyiannya. Setelah proses molting terjadi, kulit *H.americanus* akan lembut dan perlu beberapa waktu untuk menjadi keras kembali. Setelah itu, mereka kembali aktif dan makan lebih banyak. Selama masa pertumbuhan kulitnya, lobster tersebut memerlukan konsumsi kalsium yang cukup (Bowser dan Rosemark, 2003). Selanjutnya dikatakan bahwa pada saat *ecdysis*

lobster tidak aktif dan tidak makan, dan hanya memanfaatkan cadangan makanan, khususnya lipid yang disimpan sebelum tahap *antarmolting*. Pada krustase, organ penyimpanan utama untuk lipid adalah hepatopankreas yang berada di bawah kontrol sistem endokrin. Kadar lemak akan meningkat pada pertengahan premolting. Kolesterol yang tinggi dapat meningkatkan kecepatan molting dengan tahap *intermolt* yang pendek dan juga menghambat pertumbuhan. Jika ada kelaparan selama atau setelah molting, larva dapat menggunakan protein untuk energi.

Eksoskeleton *M. rosenbergii* mengandung *kitin* dan *kalsit*. *Kalsit* memberikan kontribusi 25% dan mineral minor seperti sejumlah natrium, kalium dan magnesium kurang dari 2,5% dari bobot total tubuh udang. Selama molting perubahan ionik dan osmotik terjadi. Secara umum, krustase menunjukkan penggunaan energi lebih selama proses molting. Hal ini jelas pada kasus lobster, di mana tingkat glukosa dalam hemolimfe meningkat tajam selama tahap premolting (Saravanan dan Kamalam, 2008).

Menurut Thomton *dkk.* (2006) proses molting setidaknya melalui empat tahap yaitu (1) *Proecdysis*, yaitu tahap persiapan molting. Pada tahap ini, sel-sel epidermis krustase memisahkan diri dari kutikel tua, dan mulai menyiapkan diri membentuk kerangka luar baru. Kalsium diserap dari kerangka lama dan disimpan dalam *gastrolith*. Bowser dan Rosemark (2003) mengemukakan bahwa krustase akan berhenti makan pada tahap ini.

Kebutuhan energinya selanjutnya diambil alih oleh hepatopankreas yang akan mensuplai energi selama proses molting berlangsung. (2) *Ecdysis*, merupakan tahap pelepasan diri dari kerangka lama. Pada saat baru keluar, kutikula kepiting dalam keadaan masih lembut. Pada fase ini terjadi penyerapan air secara cepat oleh tubuh kepiting, (3) *Metaecdysis*, merupakan tahap dimana krustase melakukan pemindahan mineral kalsium dari *gastrolith* ke kutikel barunya sebagai bahan kerangka luar. Menurut Soumoff dan O'Connor (1982) *endokutikel* juga terbentuk pada fase ini. Krustase sudah akan mulai makan dan pembentukan jaringan terjadi disertai dengan peningkatan sintesis protein dan DNA. Jaringan mulai menggantikan air yang diserap pada fase sebelumnya. (4) *Intermolt*, merupakan fase antar molting. Pada saat kerangka dan pertumbuhan jaringan sudah hampir selesai, hasil metabolisme krustase yang tadinya untuk pertumbuhan, beralih untuk pemenuhan cadangan energi (*recharge*) untuk disimpan dalam hepatopankreas. Cadangan ini sangat diperlukan oleh krustase untuk proses molting berikutnya.

Warner (1977) mengemukakan bahwa proses pergantian kulit pada kepiting terdiri atas 5 fase yaitu persiapan ganti kulit (*pramolt*), *ekdisis*, ganti kulit (*molting*), pasca ganti kulit (*postmolt*), periode waktu antar ganti kulit (*intermolt*). Pada persiapan ganti kulit pertama, *epidermis* menyebar dari lapisan membran dan *epikutikula* baru, dan mobilisasi *glikogen* pada jaringan

*epidermal*. Pada persiapan ganti kulit kedua, *endokutikula* baru mulai disekresi, duri baru keluar dari jaringan lipatan *daktilus*, dan lapisan membran lama mengalami degenerasi menjadi lapisan *gelatin*. Pada persiapan ganti kulit ketiga, periode reabsorpsi eksoskeleton tua. Pada persiapan ganti kulit ke empat, reabsorpsi lengkap, eksoskeleton tua retak sepanjang garis epimeral dan penyerapan air dimulai. Pada *ekdisis*, krustase melepas eksoskeleton tua dan penyerapan air dipercepat. Pada periode ganti kulit pertama, eksoskeleton terdiri atas membran yang sangat lunak, kaki belum dapat menyanggah bobot badan, krustase tidak aktif, penyerapan air kontinyu, dan mineralisasi eksoskeleton dimulai. Pada periode ganti kulit kedua, eksoskeleton terasa keras, kaki sudah dapat menyanggah bobot badan, kandungan air dalam tubuh konstan sekitar 86% dan mulai terjadi penumpukan dan mineralisasi pada endokutikula. Pada periode pasca ganti kulit pertama, eksoskeleton umumnya tidak cacat. Pada periode pasca ganti kulit kedua, bagian-bagian eksoskeleton kaku, dan krustase mulai mencari pakan. Pada periode waktu *antarmolting* pertama, karapas hampir seluruhnya kaku kecuali *branchiostegites*, *sternites*, *carpus* dan *merus* dari kaki jalan dan periode pertumbuhan jaringan. Pada periode waktu *antarmolting* kedua, karapas seluruhnya kaku, *branchiostegites*, *sternites*, *carpus* dan *merus* dari kaki jalan hampir kaku dan retak jika ditebuk, dan jaringan terus tumbuh. Pada periode waktu *antarmolting* ketiga, seluruh

eksoskeleton kaku, tetapi mineralisasi pada endokutikula terus berlangsung, lapisan membran bagian dalam sampai akhir tidak lengkap, pertumbuhan sempurna dan lapisan membrane melekat pada eksoskeleton.

Bowser dan Rosemark (2003) mengemukakan bahwa molting merupakan tahap kritikal dalam kehidupan krustase. Kematian kerap terjadi pada periode ini. Kematian terjadi mulai dari akibat gagal molting, infeksi pathogen, dan akibat kanibalisme. Sesaat setelah keluar dari kerangka lamanya, dengan kondisi kutikel yang masih lunak, krustase nyaris tidak mempunyai perlindungan apapun terhadap musuhnya atau serangan krustase lainnya. Oleh sebab itu, krustase memerlukan tempat persembunyian yang cukup agar bisa terlindung dari krustase lain selama proses molting berlangsung.

Pada *M. rosenbergii*, panjang siklus molting bervariasi tergantung pada ukuran, jenis kelamin dan umur hewan. Namun, tidak jelas durasi yang pasti dari setiap tahap. Pada penaeid, umumnya siklus molting pendek untuk juvenil dan panjang untuk dewasa. Periode *antarmolting* pada Giant freshwater berkisar 30-80 hari, *pramolting* singkat (sekitar 10-12 hari) dan periode *postmolt* sangat singkat (sekitar 2 sampai 6 hari). Pada *Penaeus marguensis*, molting yang sebenarnya berlangsung selama 40 detik dan pada *P. duorarum* hanya 20-30 detik (Bowser dan Rosemark, 2003),

Level kalsium berfluktuasi selama siklus molting, menunjukkan pentingnya mineral tersebut untuk pembentukan eksoskeleton. Krustase memiliki tingkat kebutuhan kalsium yang berbeda dan berubah tergantung pada tahap molting. Pada udang air tawar, seperti pada krustase lainnya, pasokan kalsium sebagian besar dari mobilisasi kalsium dari eksoskeleton. Pada *M.rosenbergii*, penambahan vitamin D3 mengganggu metabolisme kalsium dan fosfor anorganik dalam jaringan, dan mengubah frekuensi moulting (Kamaruddin *dkk.*, 1991).

## **2. Hormon fitoekdisteroid**

Secara umum hormon mengatur aktivitas kehidupan seperti metabolisme, reproduksi, pertumbuhan, dan perkembangan. Hormon berfungsi sebagai pembawa pesan kimiawi antar sel atau antar kelompok sel (Affandi *dkk.*, 1992).

Hormon steroid mengontrol molting, *prekursornya* adalah ekdison, sebuah ekdisteroid. Konsentrasi hormon steroid berfluktuasi pada hemolimfe, menjadi rendah selama tahap *postmolt* dan tinggi selama *premolt*. Para pelengkap terganti dengan cepat dan ketika terlepas, konsentrasi hormon molting *20-hydroxyecdysone* meningkat 3 kali lipat pada hemolimfe (Saravanan dan Kamalam, 2008).

Hormon steroid merupakan hormon yang larut dalam lemak, sehingga dapat dengan mudah menembus membran sel menuju sel target. Dengan

demikian, ekdistroid dapat meningkatkan metabolisme protein dalam sel yang akan mendorong pertumbuhan kepiting. Hal tersebut memicu terjadinya molting (pelepasan cangkang) dan terbentuknya cangkang baru untuk mewadahi pembesaran ukuran kepiting. Hormon steroid resisten terhadap penguraian yang dilakukan oleh enzim-enzim pencernaan, juga termasuk hormon yang cepat larut dalam pakan. Selain itu, steroid dapat meningkatkan efisiensi konversi pakan, dan membantu penyerapan nutrisi dalam pakan ke dalam jaringan tubuh (Aslamyah, 1997).

Pada sitoplasma, terjadi ikatan antara hormon steroid dengan reseptor membentuk hormon reseptor kompleks, yang selanjutnya ditranslokasikan dan ditransformasi ke dalam inti sel. Hormon reseptor kompleks di dalam inti sel akan mengaktifkan gen khusus (DNA) untuk memacu transkripsi messenger (mRNA) baru, yang kemudian memberi kode untuk sintesa protein-protein yang khas pada wilayah ribosom. Asam-asam amino yang diidentikkan dengan kodon-kodon dalam ribosom dirakit menjadi polipeptida. Molekul-molekul protein bergerak melintasi retikulum endolasma menuju kompleks golgi, di sana molekul-molekul tersebut dipakatkan dan dibentuk menjadi tetes-tetes atau granula-granula yang diselubungi membran. Sebagian protein yang baru terbentuk dilepaskan ke luar sel dan sebagian yang lainnya berinteraksi dengan unsur lain dalam sel untuk menghasilkan tanggapan (Turner dan Bagnara, 1988).



Ekdisteroid yang ditemukan berasal dari ekstrak bayam (*Amaranthacea tricolor*), mengandung *20-hidroxyecdison* (20E) (Fujaya dkk., 2011). Ekdison ini disintesis dengan bahan sterol, yaitu dengan merombak kolestrol menjadi *7-dehidro-kolestrol*, kemudian dihidrolisasi pada suhu atom C25, C22, dan C20. Mekanisme sintesis kolestrol dikendalikan oleh organ-Y. Secara umum, steroid disekresikan oleh *korteks adrenal*, testis, ovary, dan plasenta. Setelah disekresi oleh organ-Y dalam hemolimfee dikonversi menjadi hormon aktif, *20-hidroxyecdysone* oleh enzim *20 hidroksylase* yang terdapat di epidermis organ dan jaringan tubuh yang lain (Aslamyah, 1997).

Grebenak dkk. (1991) mengemukakan bahwa ekdisteroid yang ditemukan dominan pada bayam (*Spinacia oleracea*) adalah *20-hydroxyecdysone (2-beta,3-beta,14-alpha, 20R, 22R,25-hexahydroxy-5-beta-cholest-7-en-6-satu)* dengan kehadiran sejumlah kecil *polypodine B (2-beta,3-beta,5-beta,14-alpha, 20R, 22R,25-hepta-hydroxycholest-7-en-6)*. Ekdisteroid terdapat pada embrio biji sebanyak 14-mu-g ekdisteroid/biji, dan level ekdisteroid meningkat pada tanaman selama pertumbuhan dan perkembangan. Pada tahap awal produksi ekdisteroid, rasio ekdisteroid terhadap total sterol berada pada nilai satu sampai sekitar sepuluh selama seminggu. Bayam dapat berfungsi sebagai model untuk mempelajari biosintesis ekdisteroid pada tanaman.

*Phytoecdysteroids* adalah keluarga dari sekitar 200 tanaman steroid yang berkaitan dengan struktur hormon steroid invertebrata 20 *hydroxyecdysone*. Biasanya, komposisinya adalah C27, C28 atau C29. Grebenak *dkk.* (2008) mengemukakan bahwa bahwa ekdisteroid pada tumbuhan bertindak sebagai zat pertahanan terhadap serangga dan nematoda. Hal ini diduga bahwa 20 *hydroxyecdysone* menjadi senyawa fisiologis aktif, dapat mempengaruhi proses morfologi dan fisiologis pada tanaman.

Thomton *dkk.* (2006) mengemukakan bahwa ekdisteroid merupakan kelompok *polyhydroxylated ketosteroids* yang hadir dalam tubuh *arthropoda* dan berfungsi untuk mengatur pertumbuhan. Ekdison disintesis dalam organ Y, dilepaskan ke dalam hemolimfee dan dikonversi kedalam 20-*hydroxyecdysone* (20-HE) yang aktif dengan jaringan-jaringan sekelilingnya. Ekdison memajukan perubahan-perubahan psikologi yang dikaitkan dengan pergantian kulit. Sintesis dan pelepasan ekdisteroid tersebut berdasarkan kontrol inhibitory (bersifat menghambat) oleh hormon penghambat *neuropeptide* (MM) yang dihasilkan dari kelenjar sinus organ-X dalam tangkai mata (Soumoff dan O'Connor, 1982), dan kontrol stimulator oleh *methyl farnesoate* (MF), sebuah senyawa *sespiterpenoid* yang diproduksi oleh organ-organ mandibular (Tamone dan Chang, 1993). Sirkulasi konsentrasi ekdisteroid dalam hemolimfe secara khusus rendah selama

antar-pergantian kulit (*intermolt*), meningkat secara signifikan selama pra pergantian kulit (*premolting*) dan berkurang secara drastis tepat sebelum pergantian kulit (Chang dan Bruce, 1980).

Ekdison dikeluarkan dari organ-Y menstimulasi molting. Setelah dilepaskan ke dalam darah, ekdison dikonversi menjadi *20-hydroxyecdysone* yang merupakan hormon molting aktif. Sekresi ekdison diblokir oleh *neurohormon* yang disebut *Molting Inhibiting Hormon* (MIH) yang diproduksi oleh tangkai mata (Thomton *dkk.*, 2006).

Peranan ekdisteroid pada kepiting secara primer mengontrol pergantian kulit, namun demikian ekdisteroid juga diasingkan dalam indung telur selama *vitellogenesis* dan *embryogenesis* yang mengimplikasikan sebuah peranan tambahan selama reproduksi. *Ecdysone*, *20-hydroxy-ecdysone*, dan *ponasterone A* (berkonjugasi dan bebas) ada pada embrio kepiting *Dungeness* (Okazaki dan Chang, 1991).

Kepiting dikenal mengalami *vitellogenesis* hanya ketika mereka tidak berada pada tahap *premolting* (Sudha dan Anilkumar, 1996). Sebaliknya, pada udang, pertumbuhan dan maturasi ovarian merupakan kejadian-kejadian yang bersinergi (Wilder dan Aida, 1995). Pada serangga, pengaruh ekdisteroid tidak hanya pada pertumbuhan namun juga terhadap reproduksi (Bocking *dkk.*, 1995). Kehadiran ekdison dan *20-hydroxyecdysone* juga

ditegaskan untuk merangsang *spermatogenesis* pada beberapa spesies serangga (Zhang *dkk.*, 1995).

Titer ekdisteroid dalam hemolimfe kepiting saat *intermolting* ditemukan sebesar  $126,10 \pm 23,76$  ng/ 100 g bobot tubuh (rata-rata). Awal premolt sebesar  $240,70 \pm 35,15$ , dan pada saat *postmolt* (dalam 24 jam *pascaecdysis*) adalah  $165,04 \pm 23,89$  ng/100 g bobot tubuh, yang secara signifikan lebih rendah dari pada tahap *premolting*. Penemuan tersebut menunjukkan bahwa variasi pada level ekdisteroid pada hemolimfe berhubungan dengan berbagai macam tahapan ganti kulit. Titer ekdisteroid yang tinggi dapat digunakan untuk mencegah maturasi sperma pada *Metopograpsus messor*. Dengan kata lain, selama tahap *antarmolting* ketika terjadi *spermatogenesis* yang normal, serum ekdisteroid tersebut sebesar  $126,10 \pm 23,76$  ng (per 100 g bobot tubuh). Pengamatan ini menegaskan bahwa titer ekdisteroid yang rendah tidak mengendalikan maturasi sperma (Thomton *dkk.*, 2006).

Menurut Fujaya (2011) pemberian hormon molting dengan injeksi memberikan banyak keuntungan karena seluruh bahan aktif akan langsung masuk ke dalam darah dan segera mempengaruhi aktivitas molting. Namun demikian memerlukan keterampilan dan peralatan khusus untuk aplikasinya. Jika aplikasi melalui pakan mudah dilakukan karena sama saja dengan pemberian pakan pada umumnya, namun konsentrasi ekstrak yang

dibutuhkan dua kali lebih banyak untuk mengantisipasi pakan yang tidak termakan dan yang mungkin larut dalam air. Komposisi nutrisi pakan buatan yang lengkap dan seimbang juga menentukan kinerja hormon dalam menstimulasi molting.

#### **D. Pakan dan Penggantian Pakan pada Larva Rajungan**

Benih rajungan membutuhkan pakan untuk mempertahankan hidup dan pertumbuhannya. Fungsi *faali* pakan secara umum adalah sumber energi dan materi pembangun tubuh. Larva mulai mengkonsumsi pakan dari luar tubuhnya berbeda untuk setiap jenis larva (Watanabe, 1986). Larva mulai mengkonsumsi pakan dapat terjadi sesaat sebelum atau setelah kuning telur habis yakni setelah larva rajungan dapat membuka mulutnya (Soundarapandian *dkk.*, 2007).

Penyediaan pakan hidup secara berkesinambungan merupakan kendala dalam usaha pembenihan rajungan. Menurut Watanabe (1986) terdapat beberapa metode untuk mengurangi atau mengeliminasi kebutuhan pakan hidup atau meningkatkan efisiensi penggunaannya yaitu :

1. Meningkatkan efisiensi produksi pakan hidup
2. Meningkatkan nilai nutrisi pakan
3. Meningkatkan kemudahan penggunaan pakan melalui penyimpanan
4. Menggunakan pakan hidup yang dikombinasikan dengan pakan buatan
5. Penggantian pakan hidup dengan pakan buatan lebih awal

6. Mengembangkan pakan buatan yang dapat digunakan untuk larva saat pertama kali makan

Menurut Walfrod dan Lam (1993) terdapat tiga masalah utama dalam pemberian pakan berupa mikrokapsul terhadap larva yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Menjaga densitas mikrokapsul yang tersuspensi cukup tinggi di dalam media pemeliharaan.
2. Membuat mikrokapsul yang menarik larva untuk makan.
3. Membran dari mikrokapsul mudah pecah di dalam usus sehingga pakan mudah dicerna dan diasimilasikan.

Percobaan penggantian pakan alami dengan pakan buatan telah dilakukan pada beberapa jenis larva, seperti pada larva *S. serrata* (Baylon dan Failaman, 1999). Hasil percobaan menunjukkan bahwa pakan buatan yang diberikan pada larva berumur 7 hari, alat pencernaan maupun jaringan hepatopankreas tidak mengalami perkembangan, bahkan mengalami penyusutan. Hal ini disebabkan pada umur tersebut larva belum mampu mencerna pakan buatan sehingga tidak tersedia nutrient dan energi yang akan digunakan untuk tumbuh dan berkembang. Ketika larva diberikan pakan buatan pada saat berumur 11 hari, kondisi alat pencernaan maupun jaringan hepatopankreas berkembang normal. Hal ini sesuai pendapat Kapoor *dkk.* (1975) bahwa pada larva yang kelaparan akan terjadi

penyusutan saluran pencernaan sebesar 30-35%. Penyusutan jaringan hati dan saluran pencernaan tidak hanya terjadi pada larva tapi juga terjadi pada juvenil dan dewasa. Soundarapandian *dkk.* (2007) mengemukakan bahwa pemberian rotifer pada larva rajungan zoea 1-4, nauplii *Artemia* pada zoea 3 sampai megalopa dan daging kerang (5% dari BB) pada megalopa menghasilkan kelangsungan hidup berturut-turut sebesar (71,6%=zoea-1), (65,3%=zoea-2), (57,7%=zoea-3), (51,7%=Z4), (12,6%=megalopa), dan (4,3%=crab-1).

Penggunaan pakan buatan dalam bentuk mikro (*mikrodiet*) menjamin ketersediaan, biaya produksi lebih rendah, komposisi nutrisinya dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan organism budidaya dan fleksibilitasnya lebih tinggi. Beberapa tipe formulasi pakan telah dikembangkan untuk digunakan dalam pemeliharaan larva krustase, lebih dikenal sebagai *mikroencapsulated diet* (MED) atau *microbound diet* (MBD). Meskipun jarang digunakan sebagai pakan larva. Selain itu tersedia sebagai *mikro-coated diet* (MCD), *flakes*, pakan bergranula, dan pakan liquid (Fegan, 2004). Keuntungan formulasi pakan buatan, tidak seperti pakan alami, ukuran dan komposisi *mikro-partikulat diet* bisa disesuaikan dengan ketersediaan variasi spesies dan tingkat perkembangan larva (Holme *dkk.*, 2009). Partikel MBD murah untuk diproduksi, memungkinkan untuk penyimpanan pakan untuk jangka pendek dan penyimpanan pakan jangka menengah (Fegan, 2004).

Beberapa hatchery dan laboratorium di dunia telah sukses melaporkan penggunaan MBD, tetapi formulasi pakan ini menunjukkan stabilitas yang kurang di air, sehingga hal ini berpotensi menurunkan kualitas air media pemeliharaan dan proliferasi bakteri, serta kekurangan gizi sebagai akibat dari pencucian (Holme *dkk.*, 2009). Selain itu studi penggunaan pakan buatan dalam pemeliharaan larva menunjukkan perkembangan dan kelangsungan hidup larva tidak sebaik yang diberi pakan hidup. Penampilan pertumbuhan yang kurang baik tersebut kemungkinan disebabkan belum lengkapnya perkembangan organ pencernaan pada stadia awal pertumbuhan larva, sehingga berpengaruh terhadap ketersediaan enzim pencernaan (Lauff dan Hofer, 1984).

Percobaan penggunaan pakan buatan telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hasil percobaan Juwana *dkk.* (2010) menghasilkan produksi benih rajungan yang berhasil ditingkatkan yaitu dari 2,2 menjadi 8,7% dengan menggunakan probiotik komersil untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen *vibrio*, mengatur kepadatan awal larva, menyediakan nutrisi yang baik dan ukuran pakan yang sesuai untuk setiap perkembangan larva. Juwana (2002) mengemukakan bahwa larva rajungan mengalami kematian tertinggi terjadi pada saat larva yaitu dari stadia zoea-4 ke megalopa. Pemberian pakan tunggal berupa rotifera pada pemeliharaan larva rajungan dapat menghasilkan sintasan sebesar 5,8% (Panggabean *dkk.*, 1982), dan



pemberian nauplii *Artemia* pada larva kepiting bakau dapat menghasilkan sintasan sebesar 10% (Samidjan, 2001). Juwana (2000) menyatakan bahwa kelangsungan hidup larva rajungan yang diberi nauplii *Artemia* sebesar 21,7% lebih tinggi dibandingkan dengan kelangsungan hidup larva yang diberi pakan buatan berupa tepung kerang hijau dan tepung rebon yaitu sebesar 16,6%. Maheswarudu (2008) menyatakan bahwa larva rajungan stadia zoea-1 yang diberi pakan alami berupa *Brachionus rotundiformis* (ukuran 100  $\mu\text{m}$ ), zoea-2 diberi *B. rotundiformis* dewasa (ukuran <220  $\mu\text{m}$ ), zoea-3 dan zoea-4 diberi *B. plicatilis* (ukuran <350  $\mu\text{m}$ ), megalopa diberi nauplii *Artemia* (<500  $\mu\text{m}$ ) tanpa pengkayaan, dikombinasi dengan “*crumble shrimp feed*” (ukuran <200  $\mu\text{m}$ ), berturut-turut menghasilkan kelangsungan hidup sebesar 70% (Z1-Z2), 56% (Z1-Z3), 40% (Z3-Z4), (21%), dan 5,3% (megalopa-crablet). Baylon dan Failaman (1999) mengemukakan bahwa kelangsungan hidup zoea yang hanya diberi pakan nauplii *Artemia* mencapai 96%. Akan tetapi kelangsungan hidup tersebut menurun drastis setelah mencapai tahap zoea-5. Pada percobaan yang lain, pemberian pakan alami nauplii *Artemia* pada zoea dikombinasikan dengan pemberian *Brachionus* berhasil mencapai stadia megalopa dengan kelangsungan hidup 82%. Parado dan Qunitio (2005) menyatakan bahwa kombinasi pemberian pakan alami berupa *Brachionus* dan *Artemia* menghasilkan tingkat kelangsungan hidup pada larva *Scylla serrata* sebesar 65% sampai zoea-5,

tingkat metamorfosis yang tinggi sebesar 56% untuk megalopa dihasilkan dalam waktu yang paling singkat (17 hari sejak penetasan).

Quinitio *dkk.* (1999) melakukan penelitian mengenai kemungkinan untuk mengganti pakan alami dengan pakan buatan yang langsung diberikan pada zoea-1 *S.serrata*. Hasil yang didapatkan ternyata bahwa yang diberi pakan buatan mempunyai tingkat pertumbuhan yang lebih rendah, dan tingkat kecacatan yang tinggi jika dibandingkan dengan larva yang diberi pakan alami saja. Selanjutnya, larva zoea-1 tidak bertahan ke tahap zoea-3 ketika hanya diberi pakan udang, walaupun pakan ini memiliki komposisi asam lemak (khususnya EPA dan DHA) mirip dengan zoea kepiting dibandingkan dengan pakan alami (*Brachionus* dan *Artemia*). Pada percobaan yang sama, larva yang diberi pakan alami 100% mampu molting dan sampai pada tahap megalopa dengan kelangsungan hidup yang tinggi. Pada perlakuan pemberian pakan alami dikombinasikan dengan cacahan cacing, larva mampu molting dan sampai pada tahap megalopa, sedangkan kelangsungan hidup tertinggi tercatat untuk larva yang diberi pakan alami 100%.

Penelitian serupa telah dilakukan pada larva *S. serrata* zoea-3, di mana larva diberi *Artemia* 100%, dan *Microbound Diet* (MBD) 100% atau 50 : 50 kombinasi *Artemia* dan MBD (Holme *dkk.*, 2009.). Tingkat kelangsungan hidup tertinggi dan perkembangan larva tercepat pada stadia zoea 4 dicatat

untuk larva yang diberi pakan kombinasi 50:50. Keberhasilan molting ditemukan pada larva yang diberi pakan alami dan MBD. Hasil ini menunjukkan bahwa MBD yang digunakan dalam penelitian ini lebih tinggi kandungan nutrisinya dibandingkan dengan pakan alami, tapi karena sistem pencernaan larva masih belum berfungsi sepenuhnya, maka larva zoea-3 masih bergantung pada kehadiran enzim yang terdapat dalam pakan alami. Genodepa (2006) menyatakan bahwa larva *S. serrata* stadia megalopa yang diberi pakan buatan MBD 100% memperlihatkan hasil yang menggembirakan, dimana dicatat tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang tinggi. Hal ini diduga disebabkan stadia megalopa pada larva *S. serrata* sudah memiliki enzim pencernaan yang lengkap dan efisien untuk mengkatalis *breakdown food*.

#### **E. Kebutuhan Nutrien Larva Rajungan dan Kandungan Nutrien Pakan**

Masalah mendasar dalam pengembangan pakan buatan dalam pemeliharaan larva adalah tidak adanya informasi tentang kebutuhan nutrient untuk pertumbuhan larva tersebut. Watanabe (1986) mengemukakan bahwa kebutuhan nutrisi dalam menyusun suatu formulasi pakan bagi larva dapat berpedoman pada :

1. Komposisi nutrisi bahan kering dari pakan alami, namun komposisi pakan tersebut bervariasi bergantung pada komposisi nutrisi media pemeliharaan.

2. Komposisi unsur yang terdapat dalam kuning telur larva, komposisi unsur tersebut kemungkinan mempunyai keseimbangan ideal untuk larva. Akan tetapi komposisi unsur dalam kuning telur juga bervariasi bergantung kepada komposisi nutrisi pakan induk dan kondisi lingkungan selama pemeliharaan induk.
3. Kebutuhan nutrisi pada ikan yang sama yang ukurannya lebih besar.

Percobaan untuk mengetahui kebutuhan nutrisi larva kepiting sudah dilakukan pada *S. oceanica*. Pakan alami yang diberikan adalah kombinasi *Brachionus*, nauplii *Artemia* dan pakan buatan, dimana pakan buatan yang diberikan berupa *microencapsulated diet* dengan komposisi protein sebesar 46%, lemak 18%, HUFA 2,5%, abu 0,12% dan *moisture* sebesar 8,5% (Anil dan Suseelan, 1999). Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa dari zoea-3, dibutuhkan nauplii *Artemia* sekitar 15 individu/mL/hari dan meningkat menjadi 20 individu/ml/hari pada stadia zoea-5. Stadia zoea-4 membutuhkan *Brachionus* sebanyak 20 individu/mL/hari. *Microencapsulated diet* diberikan sebanyak 50mg/larva/hari, ditingkatkan sebanyak 10 mg/larva/hari setiap molting dan menjadi 90-100 mg/larva/hari pada stadia zoea-5. Nauplii *Artemia* diberikan sebanyak 70 mg/larva/hari dan untuk pakan hidup diberikan dua kali sehari.

## F. Kualitas Air

Kualitas air yang sangat mempengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan larva rajungan adalah suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH, nitrat dan amonia. Suhu dapat mempengaruhi proses metabolisme dan kelarutan gas dalam air. Suhu yang optimal untuk perkembangan larva rajungan adalah berkisar 24–30°C (Maheswarudu *dkk.*, 2008), 26-27°C (Arshad *dkk.*, 2006), 26–32°C (Susanto, *dkk.*, 2003), 28-31°C (Soundarapandian dan Tamizhazhagan, 2009) dan (Soundarapandian *dkk.*, 2007), 27,5-28,0°C (Juwana, 1996), 28-31°C, 28±2,0°C (Ravi dan Manisseri, 2012), dan 30-34,3°C (Oniam *dkk.*, 2012).

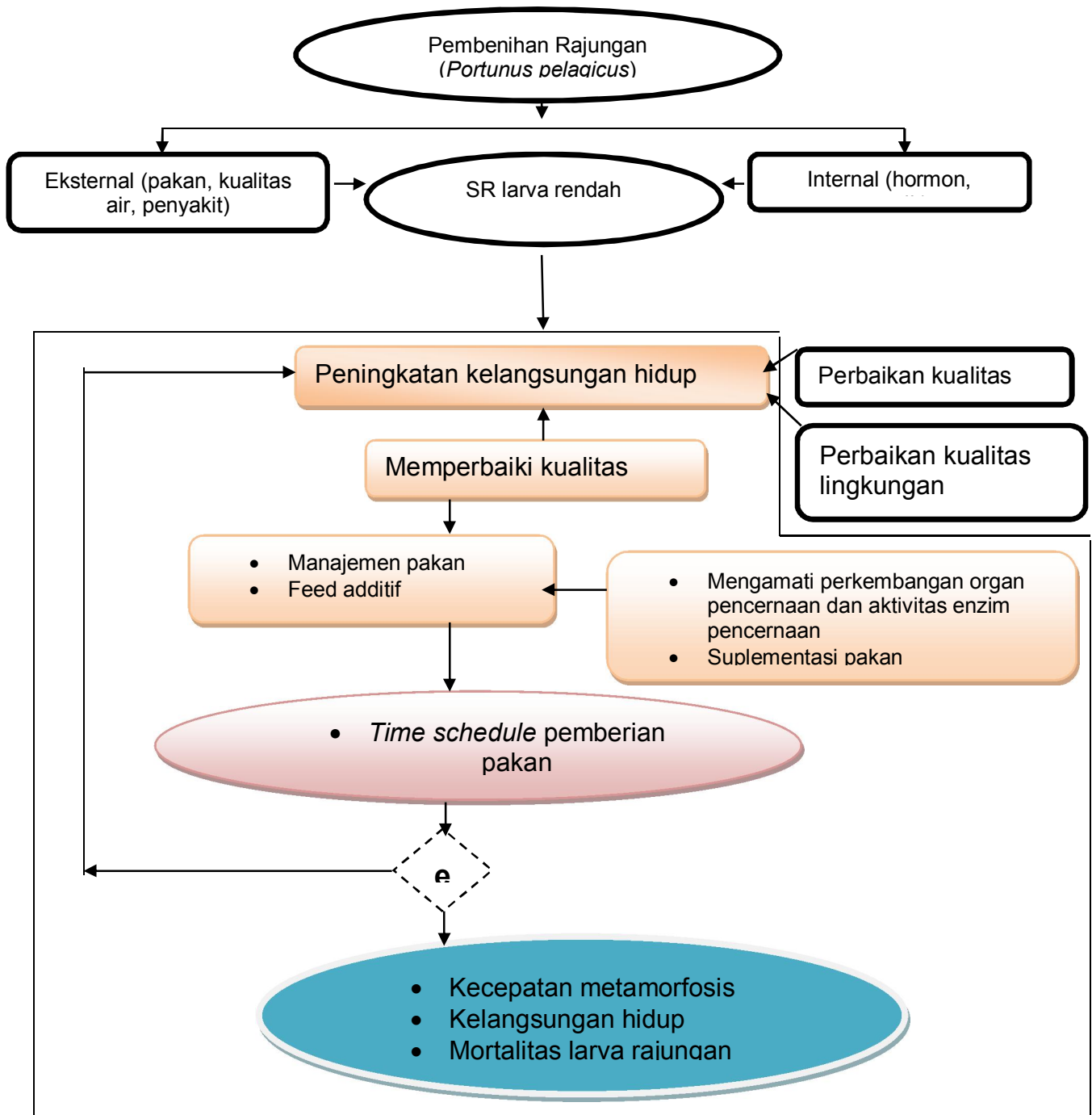
Salinitas sangat berpengaruh terhadap proses osmoregulasi, terutama pada setiap tingkat metamorfosa. Pada pemeliharaan larva rajungan diperlukan salinitas berkisar 30-33 ppt (Juwana, 2002), 31-32 ppt (Maheswarudu *dkk.*, 2008) sedangkan Arshad *dkk.* (2006) menyarankan untuk pemeliharaan larva rajungan digunakan salinitas berkisar 30-32 ppt, Soundarapandian dan Tamizhazhagan (2009) dan Soundarapandian *dkk.* (2007) menyarankan salinitas berkisar 33-35 ppt, 35 ppt (Ravi dan Manisseri, 2012), dan 31-35 ppt (Oniam *dkk.*, 2012)

Juwana (2002) menyatakan bahwa pada pemeliharaan larva rajungan menggunakan pH berkisar 8-8,5 menghasilkan kelangsungan hidup larva rajungan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelangsungan hidup

larva rajungan pada pemeliharaan larva dengan pH dibawah dan diatas kisaran pH tersebut. Arshad *dkk.* (2006) mendapatkan tingkat kelangsungan hidup larva rajungan terbaik pada media air yang dipelihara pada pH antara 7,77–7,96, sedangkan Soundarapandian dan Tamizhazhagan (2009) dan Soundarapandian *dkk.* (2007) menyarankan pada pemeliharaan larva rajungan dengan pH berkisar 7,5-8,0.  $8,1 \pm 0,2$  (Ravi dan Manisseri, 2012), dan 8,18-9,29 (Oniam *dkk.*, 2012)

Oksigen terlarut sangat diperlukan oleh larva rajungan dalam proses respirasi dan proses metabolisme sedangkan kadar oksigen yang disarankan  $\geq 6,0$  ppm. Arshad *dkk.* (2006) menyarankan bahwa untuk pemeliharaan larva rajungan, kelarutan oksigen yang layak pada media pemeliharaan adalah 7,00-7,30 ppt, Juwana (1996) menyarankan kadar oksigen berkisar 6,3-6,8 ppm. Soundarapandian *dkk.* (2007) menyarankan kadar oksigen berkisar 5-6 ppm, sedangkan Oniam *dkk.* (2012) melakukan penelitian dengan menggunakan media pemeliharaan dengan kadar oksigen 4,03-8,96 ppm.

## H. Kerangka Konseptual



Gambar 2.7. Alur Kerangka Konseptual

## I. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian, dapat disusun beberapa hipotesis sebagai berikut :

1. Terdapat fase definitif tercapainya organ pencernaan larva rajungan berdasarkan terbentuknya struktur saluran dan kelenjar pencernaan serta aktifitas enzim pencernaan.
2. Terdapat 'time schedule' pemberian pakan buatan yang tepat pada larva rajungan untuk memanfaatkan pakan eksogeneus.
3. Pakan buatan berfitoekdisteroid efektif meningkatkan kecepatan metamorfosis, kelangsungan hidup, dan menanggulangi mortalitas larva rajungan.



### **BAB III. PERKEMBANGAN ORGAN PENCERNAAN SECARA MORFOLOGI DAN AKTIVITAS ENZIM PENCERNAAN SECARA KIMIAWI**

#### **A. Pendahuluan**

Pencernaan adalah proses penyederhanaan makanan melalui mekanisme fisik dan kimiawi sehingga makanan menjadi bahan yang sederhana dan melarut yang dengan mudah dapat diserap dan diedarkan keseluruh tubuh melalui sistem peredaran darah (Fujaya, 1999). Sistem pencernaan erat kaitannya dengan organ pencernaan yang terdiri atas saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan.

Pada umumnya saluran pencernaan meliputi mulut, rongga mulut, esophagus, lambung, usus, dan anus, sedangkan kelenjar pencernaan meliputi hepatopankreas yang berlokasi pada 2 sisi dari organ pencernaan (Affandi *dkk.*, 2009). Pencernaan secara fisik atau mekanik dimulai pada bagian rongga mulut, yaitu berperannya gigi pada proses pemotongan dan penggerusan makanan. Pencernaan secara mekanik ini dilanjutkan pada segmen lambung dan usus yaitu dengan adanya gerakan-gerakan (kontraksi) otot pada segmen tersebut. Pencernaan secara mekanik pada segmen lambung dan usus terjadi lebih efektif karena adanya enzim pencernaan (Fujaya, 1999). Proses pencernaan secara kimiawi dimulai dibagian lambung. Hal ini dikarenakan enzim pencernaan yang berperan dalam proses pencernaan secara kimiawi mulai dihasilkan oleh kelenjar