

PENINGKATAN SINTASAN DAN PERTUMBUHAN KEPITING
BAKAU (*Scylla olivacea*) STADIA ZOEAE MELALUI APLIKASI
PAKAN ALAMI HASIL BIOENKAPSULASI KAROTENOID
CANGKANG KEPITING NON EKONOMIS

SRI RAHAYU EKAWATI



PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008

**PENINGKATAN SINTASAN DAN PERTUMBUHAN KEPITING
BAKAU (*Scylla olivacea*) STADIA ZOEAE MELALUI APLIKASI
PAKAN ALAMI HASIL BIOENKAPSULASI KAROTENOID
CANGKANG KEPITING NON EKONOMIS**

**Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi
Sistem-Sistem Pertanian**

Disusun dan Diajukan oleh

SRI RAHAYU EKAWATI

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

TESIS

PENINGKATAN SINTASAN DAN PERTUMBUHAN KEPITING BAKAU (*Scylla olivacea*) STADIA ZOEAE MELALUI APLIKASI PAKAN ALAMI HASIL BIOENKAPSULASI KAROTENOID CANGKANG KEPITING NON EKONOMIS

Disusun dan Diajukan oleh

SRI RAHAYU EKAWATI

Nomor Pokok P0104205008

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 19 Februari 2008

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,

Dr. Ir. Haryati L Tandipayuk, MS
Ketua

Dr. Ir. Muh. Yusri Karim, M.Si
Anggota

Ketua Program Studi
Sistem-Sistem Pertanian,

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin,

Prof.Dr.Ir. Sjamsuddin Garantjang, M.Sc Prof.Dr.dr.A.Razak Thaha, M.Sc

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sri Rahayu Ekawati
Nomor Mahasiswa : P0104205008
Program Studi : Sistem-Sistem Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Februari 2008
Yang menyatakan

Sri Rahayu Ekawati

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala Rahmat dan Karunianya sehingga penelitian dan penulisan tesis yang berjudul : ‘Peningkatan Sintasan dan Pertumbuhan Kepiting Bakau (*Scylla olivacea*) Stadia Zoea Melalui Aplikasi Pakan Alami Hasil Bioenkapsulasi Karotenoid Cangkang Kepiting Non Ekonomis“, dapat terselesaikan.

Ide yang melatarbelakangi penulis tertarik mengangkat tajuk permasalahan ini, adalah setelah mengamati begitu rendahnya minat Petani untuk menggalakkan budidaya Kepiting bakau yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang cukup potensial. Ternyata kendala yang dihadapi petani dalam hal ini adalah sangat terbatasnya ketersediaan benih. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi hal itu adalah menggalakkan pembenihan kepiting secara massal. Masalah yang dihadapi dalam kegiatan pembenihan adalah rendahnya sintasan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah memperbaiki nutrisi pakan alami sebelum diberikan pada larva kepiting bakau dengan metode bioenkapsulasi.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam tahapan-tahapan penyelesaian tugas akhir ini. Namun berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini dapat terselesaikan. olehnya itu dalam kesempatan ini, dengan ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, teristimewa kepada :

1. Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang berkenan menerima penulis melanjutkan pendidikan Program Magister
2. Bapak/Ibu Dosen pengajar pada Program Studi Sistem-Sistem Pertanian Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
3. Ketua Yayasan dan Direktur Stitek Balik Diwa, Makassar yang telah memberi peluang bagi penulis untuk melanjutkan studi pada program pascasarjana Universitas Hasanuddin.
4. **Dr. Ir. Haryati L Tandipayuk, MS** sebagai Ketua Komisi Penasihat dan **Dr. Ir. Muh. Yusri Karim, M.Si** sebagai Anggota Komisi Penasihat, yang dengan penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis dari pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian, pelaksanaannya, hingga penulisan tesis.
5. Bapak Ir. H. Haruna Hamal selaku Kepala BBAP Loka Takalar beserta staf yang telah memberi izin dan fasilitas selama penelitian.
6. Semua pihak, teman, handai tolan yang tak sempat penulis sebutkan satu persatu tetapi sangat banyak membantu penulis selama penelitian dan penyelesaian tesis ini.
7. Yang tercinta dan tersayang Mama Hj. Djaliah, Papa Drs. Nahris, Suami, Syafri Adjdja, Anak-anakku “Muh. Irsyaad Tsaqif dan Fikri Fadhlurrohman” serta Adik-adikku atas segala dukungan, pengorbanan, pengertian, kesabaran dan do’a yang selalu menyertai sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini dengan baik.

Makassar, Februari 2008

Sri Rahayu Ekawati.

ABSTRAK

SRI RAHAYU EKAWATI. Peningkatan Sintasan dan Pertumbuhan Kepiting Bakau (*Scylla olivacea*) Stadia Zoea Melalui Aplikasi Pakan Alami Hasil Bioenkapsulasi Karotenoid Cangkang Kepiting Non Ekonomis; dibimbing oleh Haryati L. Tandipayuk dan Muh. Yusri Karim.

Karotenoid merupakan pigmen yang dihasilkan oleh organisme tertentu. Cangkang kepiting non ekonomis karaka merupakan salah satu sumber bahan baku yang sangat strategis diisolasi untuk memperoleh karotenoid melalui proses ekstraksi menggunakan minyak ikan (*Lavertraan Oil*).

Penelitian ini bertujuan menentukan (1) dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid yang optimal untuk meningkatkan kandungan karotenoid Pakan alami (rotifer dan nauplius *Artemia*), (2) dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid yang optimal menghasilkan sintasan dan pertumbuhan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang maksimal.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus sampai Oktober di Balai Budidaya Air Payau Loka, Takalar. sebagai lokasi pengkayaan dan pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. Olivacea*), menggunakan pola Rancangan Acak Lengkap dengan 5 (lima) perlakuan dan 3 kali ulangan. Ekstraksi dan analisis karotenoid dilakukan di laboratorium Kualitas Air Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Hasil penelitian menunjukkan pengkayaan pada rotifer dosis 10,55 g/L dan nauplius *Artemia* dosis 10,07 g/L dengan menggunakan emulsi karotenoid optimal meningkatkan kandungan karotenoid dalam tubuh rotifer dan nauplius *Artemia*. Selanjutnya rotifer dan nauplius *Artemia* hasil pengkayaan tersebut setelah diberikan pada larva kepiting bakau (*S. Olivacea*), hasilnya berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) menghasilkan sintasan maksimum 49,07% pada dosis optimal 7,17 g/L dan pertumbuhan panjang tubuh dan lebar karapas optimal dicapai pada kisaran dosis 7,10 g/L - 8,36 g/L.

ABSTRACT

SRI RAHAYU EKAWATI. The use of the carotenoid of Crab's eggshell non economic as bioencapsulan of natural food (*Branchionus plicatilis* and naupli *Artemia*) in the treatment of blue crabs (*Scylla olivacea*); Supervised by Haryati L Tandipayuk and Muh. Yusri Karim.

Carotenoid is a natural essence produced by certain pigment. The carotenoid can be isolated from many raw matters which are exists in nature. Crab's eggshell non economic is one of natural resource which is strategically isolated to gain carotenoid through extracting process by using oil fish (*Lavertraan oil*).

This research is held in BBAP (Balai Budidaya Air Payau) Loka, Takalar as a place of enrichment and treatment for *Scylla olivacea*, taking the pattern of extraction and carotenoid analyze are held in the laboratory of water quality of Faculty Marine and Fishery, Hasanuddin University.

The result of research show the enrichment on *Branchionus plicatilis* and naupli *Artemia* using carotenoid emulsion can increase the content of carotenoid in the body of *Branchionus plicatilis* and naupli *Artemia* the efektif in dosis 10,0 g/L. Then the feed of natural food (*Branchionus plicatilis* and naupli *Artemia*), which in result of the enrichment, is given to *Scylla olivacea* and the resul is clearly affected ($p < 0,01$) the optimal at dosis 5,0 g/L which produces survival rate maximum 49,07% and Length growth is 1,84 mm and widht carapace growth is 0,47 mm.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	Vii
ABSTRACT	Viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Kegunaan Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Sistematika dan Ciri Morfologi	7
B. Siklus Hidup Kepiting Bakau	9
C. Pakan	12
D. Karotenoid dan Pengkayaan	15
E. Stress	21
F. Kualitas Air	22
G. Kerangka Pikir Penelitian	24
H. Hipotesis	26
III. METODE PENELITIAN	27
A. Waktu dan Tempat	27

B. Materi Penelitian	27
1. Hewan Uji	27
2. Pakan	27
3. Emulsi Karotenoid	28
4. Wadah dan Media	28
C. Tahapan Penelitian	29
1. Pemeliharaan Induk	29
2. Penetasan	30
3. Ekstraksi dan Analisis Karotenoid	32
4. Penyediaan Rotifer (<i>Branchionus plicatilis</i>)	33
5. Penetasan Kista <i>Artemia</i>	34
6. Perlakuan dan Perancangan Percobaan	34
a. Percobaan Rotifer yang diperkaya dengan emulsi karotenoid	35
b. Percobaan nauplius <i>Artemia</i> yang diperkaya emulsi karotenoid	
c. Pemeliharaan larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) yang diberi rotifer dan nauplius <i>Artemia</i> hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid	37
D. Pengukuran dan Pengamatan Peubah	39
1. Kandungan Karotenid Rotifer dan nauplius <i>Artemia</i>	39
2. Konsumsi pakan Relatif	
3. Kandungan Karotenoid Larva Kepiting Bakau (<i>S. Olivacea</i>)	39
4. Sintasan	40
5. Ketahanan Stres	40
6. Pertumbuhan	41
7. Kualitas Air	42
	42
E. Analisis Data	43
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A. Kandungan Karotenoid Rotifer dan nauplius <i>Artemia</i>	44
B. Konsumsi Pakan Relatif	50
C. Kandungan Karotenoid Larva Kepiting Bakau (<i>S. Olivacea</i>)	54
D. Sintasan	56
E. Ketahanan Stres	59

F. Pertumbuhan	62
G. Kualitas Air	68
V. KESIMPULAN DAN SARAN	70
A. Kesimpulan	70
B. Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor		halaman
1.	Rata-rata konsentrasi karotenoid rotifer dan nauplius <i>Artemia</i> pada setiap perlakuan	44
2.	Rata-rata konsumsi pakan relatif larva Kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setiap perlakuan selama penelitian	50
3.	Rata-rata kandungan karotenoid yang terserap dalam tubuh larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setelah mengkonsumsi Pakan Pakan yang diperkaya dengan emulsi karotenoid setiap perlakuan pada akhir penelitian	54
4.	Rata-rata sintasan larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) stadia stadia zoea setiap perlakuan pada akhir Penelitian.....	56
5.	Rata-rata indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) yang diberi pakan alami hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid	60
6.	Rata-rata pertumbuhan panjang dan lebar karapaks larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid	63

DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Morfologi Kepiting Bakau	8
2. Struktur dasar karotenoid	16
3. Struktur molekul beberapa senyawa karotenoid alami	18
4. Bagan Kerangka Penelitian	25
5. Wadah yang digunakan dalam pemeliharaan larva kepiting bakau selama penelitian	29
6. Induk kepiting bakau (<i>Scylla olivacea</i>) yang baru memijah dan telur yang hampir menetas	30
7. Telur-telur hasil pemijahan induk kepiting bakau (<i>Scylla olivacea</i>) yang siap menetas	31
8. Larva kepiting bakau <i>Scylla olivacea</i> stadia zoea-1	31
9. Wadah yang digunakan saat pengkayaan Rotifer (<i>B. plicatilis</i>)..	36
10. Wadah yang digunakan saat pengkayaan nauplius <i>Artemia</i>	37
11. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid rotifer	47
12. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kadar karotenoid yang terserap nauplius <i>Artemia</i>	49
13. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>)	53
14. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>)	55
15. Hubungan antara dosis karotenoid pada Pakan alami dengan sintasan larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>)	59
16. Hubungan antara dosis karotenoid pada rotifer dan nauplius <i>Artemia</i> dengan indeks stress kumulatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>)	62
17. Hubungan antara dosis pengkayaan emulsi karotenoid dengan pertumbuhan panjang larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>)	67
18. Hubungan antara dosis pengkayaan emulsi karotenoid dengan pertumbuhan lebar karapaks larva kepiting bakau	67
19. Prosedur produksi emulsi karotenoid dengan minyak ikan	82

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
1. Metode Kultur <i>Branchionus plicatilis</i>	78
2. Metode Penetasan Kista <i>Artemia salina</i>	79
3. Metode Ekstraksi dan Analisis Kandungan Karotenoid pakan alami dan larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) serta analisis kandungan karotenoid minyak ikan	82
4. Hasil analisis kandungan karotenoid minyak ikan yang digunakan sebagai pengekstrak sebelum dan sesudah ekstraksi	85
5. Hasil analisis kandungan karotenoid rotifer, nauplius <i>Artemia</i> pada berbagai perlakuan	86
6. Deskriptif kandungan karotenoid rotifer, nauplius <i>Artemia</i> hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan	87
7. Hasil analisis ragam kandungan karotenoid Rotifer yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan	87
8. Hasil analisis ragam kandungan karotenoid nauplius <i>Artemia</i> hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan	88
9. Uji Tukey kandungan karotenoid Rotifer, nauplius <i>Artemia</i> hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan	88
10. Hasil perhitungan konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid	90
11. Deskriptif konsumsi pakan relatif harian larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) pada setiap perlakuan	90
12. Hasil analisis ragam konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setiap perlakuan	90
13. Uji Tukey laju konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setiap perlakuan	91
14. Hasil analisis kandungan karotenoid rotifer larva kepiting bakau (<i>S. Olivacea</i>) pada berbagai perlakuan	92

15.	Deskriptif kandungan karotenoid larva kepiting bakau (<i>S. Olivacea</i>) hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbadai perlakuan	93
16.	Hasil analisis ragam kandungan karotenoid larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan	93
17.	Uji Tukey kandungan karotenoid larva kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>) hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan	94
18.	Rata-rata sintasan Larva Kepiting Bakau (<i>S. Olivacea</i>) setiap perlakuan pada akhir penelitian	95
19.	Deskriptif sintasan Larva Kepiting Bakau (<i>S. Olivacea</i>) setiap perlakuan	96
20.	Hasil analisis ragam sintasan larva kepiting bakau (<i>S.olivacea</i>) setiap perlakuan	96
21.	Uji Tukey sintasan larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setiap perlakuan	97
22.	Rata-rata indeks stres kumulatif Larva Kepiting Bakau (<i>S. Olivacea</i>) setiap perlakuan pada akhir penelitian	98
23.	Deskriptif indeks stres komulatif larva kepiting bakau (<i>S. Olivacea</i>) setiap perlakuan	99
24.	Hasil analisis ragam indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (<i>S.olivacea</i>) setiap perlakuan	99
25.	Uji Tukey indeks stres komulatif larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setiap perlakuan	100
26.	Panjang tubuh awal, akhir dan pertumbuhan panjang tubuh Larva Kepiting Bakau (<i>S. Olivacea</i>) pada setiap perlakuan ...	101
27.	Lebar karapas awal, akhir dan pertumbuhan lebar karapas larva kepiting bakau (<i>S. oliacea</i>) pada setiap perlakuan	102
28.	Deskriptif pertumbuhan panjang dan lebar karapas larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) pada akhir penelitian yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid	103
29.	Hasil analisis ragam pertumbuhan panjang larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) setiap perlakuan	104
30.	Hasil analisis ragam lebar karapas larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>)	104
31.	Uji Tukey pertumbuhan panjang dan lebar karapas Larva Kepiting Bakau (<i>S. olivacea</i>)	105
32.	Hasil pengukuran fisika-kimia air media pemeliharaan larva kepiting bakau (<i>S. olivacea</i>) pada setiap perlakuan	106

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Scylla olivacea merupakan salah satu dari empat spesies kepiting bakau yang banyak ditemukan di Sulawesi Selatan dan potensial untuk dibudidayakan. Salah satu faktor penentu keberhasilan budidaya kepiting bakau adalah ketersediaan benih. Sampai saat ini kebutuhan benih masih diperoleh dari hasil penangkapan di alam yang sifatnya fluktuatif. Oleh sebab itu, diperlukan upaya alternatif penyediaan benih dengan memproduksi benih secara massal melalui usaha pembenihan.

Usaha pembenihan kepiting bakau sampai saat ini masih menghadapi masalah utama yaitu, masih rendahnya sintasan larva berkisar 18,70% – 25,67% terutama pada stadia zoea (Fujaya *et al.*, 2002; Karim *et al.*, 2003). Salah satu penyebab adalah rendahnya mutu pakan yang diberikan dan kondisi larva yang masih sangat labil, sebab larva masih berada dalam proses organogenesis, organ mata belum terbentuk sempurna. Oleh sebab itu diperlukan suplementasi nutrisi yang berkualitas untuk membantu penyempurnaan fungsi organ mata tersebut (Karim, 2006). Selain itu pada stadia awal, ketahanan tubuh larva pada berbagai perubahan dan guncangan lingkungan masih sangat rendah, sehingga diperlukan energi yang besar untuk mempertahankan diri agar terhindar

dari stres akibat perubahan-perubahan tersebut. Energi hanya dapat diperoleh larva melalui pakan yang dikonsumsi. Oleh sebab itu sebelum diberikan ke larva, pakan terlebih dahulu diperkaya dengan bahan-bahan tertentu yang mampu meningkatkan sintasan.

Pakan yang umum digunakan pada pemeliharaan larva kepiting bakau adalah pakan alami berupa rotifer (*Brachionus plicatilis*) dan nauplius *Artemia* (Watanabe, 1993 dan Yong Fu *et al.*, 1994; Karim, 2006). Manajemen aplikasi pakan sesuai kondisi hidup dan tingkat kebutuhan larva merupakan faktor penentu keberhasilan pembenihan. Berbagai penelitian yang dilakukan antara lain oleh Jantrarotai *et al.* (2002), Yunus *et al.* (1996), dan Karim *et al.* (2003) diperoleh sintasan larva kepiting bakau stadia Zoea-1 hingga megalopa berkisar antara 15 dan 23% dengan pemberian pakan berupa rotifer dan nauplius *Artemia*. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa sintasan larva kepiting bakau relatif masih rendah. Guna mengatasi rendahnya sintasan larva tersebut diperlukan berbagai upaya antara lain dengan perbaikan gizi pada pakan larva.

Salah satu bahan yang diduga dapat meningkatkan sintasan larva kepiting adalah karotenoid. Karotenoid merupakan pigmen yang dihasilkan oleh organisme tertentu, mikroalga, fitoplankton dan tumbuhan lainnya. Karotenoid ini dapat diisolasi dari berbagai bahan baku yang ada di alam. Kepiting non ekonomis Karaka (*Neopiseserma lafondi*) merupakan salah satu sumber bahan baku yang sangat strategis diisolasi

untuk memperoleh karotenoid. Selain murah dan mudah diperoleh, unsur-unsur penyusun karotenoidnya terdiri atas kelompok xantofil yang selain didominasi oleh cantaxanthin, juga mengandung luthein, astaxanthin, astacene yang turunannya sebagai sumber pigmen yang dapat memperbaiki warna ikan atau udang yang mengkonsumsinya (Shahidi dan Synowiecki, 1992; Chien dan Jeng, 1992). Selain itu karotenoid memiliki fungsi dalam respirasi saat kekurangan oksigen dan sebagai pro-vitamin A, yang pada hewan fungsinya dalam hal penglihatan, pertumbuhan, reproduksi, ketahanan terhadap penyakit. Karotenoid mengandung oksigen yang cukup tinggi dalam struktur molekulnya sehingga sangat penting sebagai antioksidan yang melindungi sel-sel sensitif dan bahan-bahan yang bersifat reaktif dari proses oksidasi (Muller *et al.*, 1980).

Penelitian tentang penambahan karotenoid pada pakan larva telah dilakukan oleh Chien dan Jeng (1992) dan hasilnya dapat meningkatkan sintasan larva udang windu. Sementara itu, Fujaya *et al.* (2002) memperoleh sintasan larva kepiting bakau (*Scylla serata*) stadia Zoea-1 sampai megalopa tertinggi 25,67% dengan suplementasi karotenoid dan asam lemak ω -3 sebagai nutrisi tambahan. Namun demikian, karotenoid tidak dapat disintesis oleh organisme dalam tubuhnya sehingga perlu disuplai melalui pakannya. Suplementasi nutrisi melalui pakan dapat dilakukan dengan memperkaya pakan hidup (rotifer dan nauplius *Artemia*) menggunakan bahan yang mengandung karotenoid. Pengkayaan dengan

karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis, diharapkan dapat meningkatkan sintasan larva kepiting bakau.

B. Rumusan Masalah

Larva kepiting bakau pada stadia awal memanfaatkan nutrisi dan energi pakan yang tersedia pada tubuhnya, yaitu kuning telur dan butiran minyak. Setelah larva dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya dan perkembangan alat pencernaan sudah memadai, larva akan mulai mengonsumsi pakan dari luar tubuhnya. Meskipun kuning telur dan butiran minyak masih tersedia, namun pakan dari luar sudah dapat diberikan. Dengan demikian, akan tersedia energi siap pakai untuk pemenuhan kebutuhan dasar agar larva dapat mempertahankan sintasannya pada fase tersebut.

Pada stadia awal, larva membutuhkan energi yang sangat besar, yang hanya dapat diperoleh melalui pakan yang dikonsumsi. Konsumsi pakan yang tinggi dapat dicapai apabila kondisi larva tetap stabil dalam menganulir perubahan-perubahan yang terjadi baik dalam tubuh maupun lingkungannya. Tingkat pemangsaan pakan yang tinggi oleh larva kepiting akan meningkatkan energi dalam tubuh.

Rotifer dan nauplius *Artemia* merupakan pakan alami yang cocok diberikan pada pemeliharaan larva kepiting bakau. Selain memiliki ukuran tubuh yang kecil, juga mengandung nutrisi yang cukup baik. Namun demikian, peningkatan nilai gizi rotifer dan nauplius *Artemia* dapat

dilakukan dengan memperkaya pakan tersebut dengan karotenoid yang secara tidak langsung berperan penting dalam kehidupan larva diantaranya menyerap dan memantulkan radiasi yang bersifat merusak organ tubuh, sebagai pro-vitamin A yang pada hewan berperan dalam hal penglihatan, pertumbuhan, ketahanan pada penyakit. Pada kondisi lingkungan yang optimum dan kandungan gizi pakan lainnya terpenuhi maka penambahan karotenoid dapat meningkatkan sintasan dan pertumbuhan larva kepiting bakau secara maksimal.

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

1. Berapa dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non-ekonomis yang optimal untuk meningkatkan kandungan karotenoid pakan alami (rotifer dan nauplius *Artemia*) ?
2. Berapa dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid hasil isolasi dari cangkang kepiting non ekonomis yang optimal untuk menghasilkan sintasan larva kepiting bakau (*Scylla olivacea*) yang maksimal?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Menentukan dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis yang optimal untuk meningkatkan kandungan karotenoid dalam pakan alami (rotifer dan nauplius *Artemia*).

2. Menentukan dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis yang optimal dalam menghasilkan sintasan dan pertumbuhan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang maksimal.

D. Kegunaan Penelitian

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan informasi bagi usaha pembenihan kepiting bakau tentang penggunaan emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis sebagai bioenkapsulan pakan hidup (rotifer dan nauplius *Artemia*).
2. Menemukan teknologi terobosan pembenihan kepiting bakau yang handal tetapi murah dan mudah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

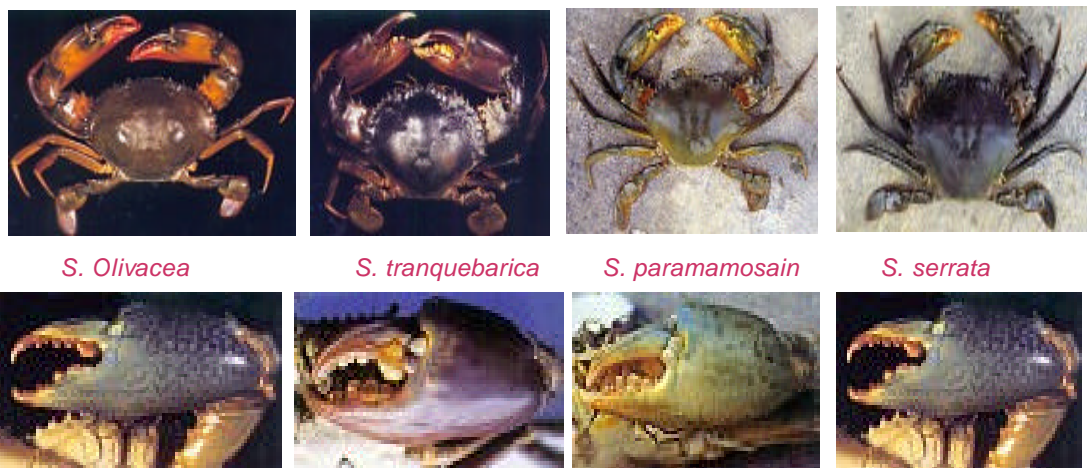
A. Sistematika dan Ciri Morfologi

Kepiting bakau tergolong dalam phylum Arthropoda, subphylum Mandibulata, kelas Crustacea, subkelas Malacostraca, seri Eumalacostraca, superordo Eucarida, ordo Decapoda, subordo Raptantia, seksi Branchiura, subseksi Branchyrhyncha, famili Fortunidae, marga *Scylla* (Motoh 1977; Warner 1977).

Menurut Motoh (1977), di dalam marga *Scylla* terdapat empat spesies masing-masing *Scylla serrata*, *S. tranquebarica*, *S. paramamosain* dan *S. olivacea*. Perbedaan dari keempatnya menurut Warner (1977) dan Keenan *et al.* (1998) dapat dilihat dari bentuk morfologi, yakni pada bentuk duri diantara mata dan keberadaan duri pada korpus. *S. serrata* memiliki bentuk duri diantara mata yang tinggi dan runcing serta terdapat dua buah duri pada sisi luar korpus, pola polygonal terdapat pada seluruh *appendages*, berwarna coklat. *S. paramamosain* memiliki bentuk duri di antara mata yang runcing, namun tidak ada duri pada sisi luar korpus, pada dua tungkai terakhir terdapat pola polygonal, sedangkan *appendages* lebih sedikit atau tidak ada, berwarna hijau, berukuran kecil dan mempunyai kaki yang panjang, tingginya sedang, terdapat pola titik-titik dan segi tiga pada duri bagian depan. *S. tranquebarica* memiliki bentuk duri di antara mata yang agak

rendah namun lebih tinggi dari *S. olivacea* dan juga bulat, berwarna hijau gelap, lunak, duri bagian depan tumpul, pada bagian korpus dan *propodus* terdapat sepasang duri yang besar, pola polygonal terdapat pada dua tangkai terakhir sedangkan pada *appendages* yang lain sedikit atau tidak ada. *S. olivacea* memiliki bentuk duri di antara dua mata yang rendah, membulat serta tidak ada duri pada sisi luar korpus, pada seluruh *appendages* tidak terdapat pola polygonal (Gambar 1).

Perbedaan antara kepiting jantan dan betina dapat diketahui dengan mengamati ruas-ruas abdomennya. Kepiting jantan ruas abdomennya sempit, sedang pada betina lebih besar. Perut kepiting jantan berbentuk segitiga meruncing, sedangkan betina berbentuk segitiga melebar. Perbedaan lain adalah *pleopod* yang terletak di bawah abdomen, dimana pada kepiting jantan *pleopod* berfungsi sebagai alat kopulasi, sedangkan pada betina sebagai tempat melekatnya telur (Motoh, 1977 dan Warner, 1977).



Gambar 1. Morfologi Kepiting Bakau (Sumber : Keenan, 1998)

Menurut Warner (1977), struktur khusus yang dimiliki oleh kepiting bakau adalah sebagai berikut : (1) Bentuk tubuh gemuk, besar dan padat dengan abdomen yang tereduksi. Pada bagian depan terdapat sepasang capit atau *cheliped* dan empat pasang kaki jalan yang terletak di sisi kanan dan kiri tubuhnya. Sumbu *transversal* tubuhnya secara umum merupakan yang terpanjang, sehingga dapat berjalan ke arah samping; (2) tubuh bersegmen, yaitu 6 segmen kepala yang bersatu, 8 segmen *thorax* dan 6 segmen *abdominal*, dan (3) karapas merupakan lapisan kutikula yang terbentang dari bagian belakang kepala untuk menutupi *thorax* secara dorsal dan lateral.

B. Siklus Hidup Kepiting Bakau

Siklus hidup kepiting bakau sebagian besar berlangsung di laut, perairan bakau atau payau dan estuaria. Kepiting bakau yang telah dewasa cenderung bermigrasi ke laut untuk memijah. Pada masa juvenil sampai menjelang dewasa atau kepiting dewasa hidup di pantai, muara-muara sungai dan hutan bakau dengan cara membuat lubang (Lavina, 1980).

Kepiting bakau melangsungkan perkawinan di perairan bakau dan secara berangsur-angsur sesuai dengan perkembangan telurnya, yang betina akan beruaya ke laut dalam untuk melepaskan telur-telurnya (ovulasi). Kepiting jantan biasanya tetap di perairan bakau atau estuaria, yaitu pada bagian-bagian perairan yang berlumpur dimana organisme

pakannya melimpah. Kepiting muda atau juvenil beruaya ke perairan pantai atau muara sungai untuk mencari pakan dan perlindungan. Kepiting muda dan dewasa seringkali dijumpai dalam lubang-lubang pada habitat berlumpur dan di sela-sela akar bakau. Kepiting jantan biasanya tetap di perairan bakau atau estuaria, yaitu pada bagian-bagian perairan yang berlumpur dan banyak tersedia pakannya (Mardjono *et al.*, 1994).

Kepiting bakau mengalami perkembangan mulai dari telur sampai mencapai ukuran dewasa dengan beberapa tingkat perkembangan yaitu : zoea, megalopa, kepiting muda dan dewasa. Sebagai fase awal larva adalah stadia zoea yang terdiri atas 5 tingkatan. Setiap tingkatan dibedakan dengan adanya penambahan/perkembangan organ tubuh, baik organ tubuh yang menunjang kemampuan bergerak maupun untuk aktivitas makan. Perkembangan larva kepiting dari tingkat zoea-1 ke zoea selanjutnya memerlukan waktu 3 – 4 hari. Setelah melewati 5 tingkat zoea dengan cara 5 kali *molting* (pergantian kulit) terbentuklah stadia megalopa. Pergantian kulit pada zoea dan megalopa berlangsung melalui perobekan pada bagian punggung yaitu antara *cephalothorax* dan *abdomen* (Warner, 1977; Mardjono *et al.*, 1994).

Larva kepiting mengalami 6 (enam) kali metamorfosa sebelum mencapai kepiting muda dalam bentuk definitif, yakni : zoea-1, zoea-2, zoea-3, zoea-4, zoea-5 dan megalopa. Larva pada stadia zoea-1 nampak transparan, panjang tubuh mencapai 1,15 mm, duri-duri rostrum 0,35 mm, duri dorsal 0,48, duri lateral 0,19 mm, mata menempel, antenula tidak

bersegmen serta pendek dan mempunyai 3 *aesthetes* panjang, antenna berduri panjang, *exopodite* antenne merupakan duri pendek dan seta panjang. Stadia zoea-2 panjang mencapai 1,51 mm, duri rostrum 0,39 mm, duri dorsa 0,54 mm, duri lateral 0,2 mm, mata bertangkai, antenula dengan 4 *aesthetes* dan 2 seta pendek yang panjangnya tidak sama, antenna seperti pada substadia zoea-1 tetapi ukurannya berbeda. Stadia zoea-3 panjang mencapai 1,93 mm, duri rostrum 0,52 mm, duri dorsal 0,63 mm, duri lateral 0,24 mm, antenula seperti pada zoea-2 tetapi lebih besar, antenna merupakan kuncup kecil yang berpangkal pada flagellum. Stadia zoea-4 panjang 2,40 mm, duri dorsal 0,72 mm, duri lateral 0,28 mm, antenula mempunyai *aesthetes* panjang dan 2 seta serta sub-terminal, antenna mempunyai *flagellum* atau *endopodite* panjang. Pada Stadia zoea-5 panjang mencapai 3,43 mm, duri dorsal 1,31 mm, duri rostral 1,07 mm, duri lateral 0,32 mm, antenula dengan *aesthetes* dalam tiga tingkatan dan *endopodite* merupakan kuncup, seluruh *periopod* bertambah panjang dan mulai bersegmen. Dari stadia zoea ke dewasa, kepiting melakukan pergantian kulit (*moulting*) sebanyak 20 kali. Pergantian kulit pada setiap stadia zoea berlangsung relatif cepat (3 sampai 4 hari), tergantung lingkungan (ketersediaan pakan). Perkembangan dari zoea ke megalopa berlangsung selama 18 sampai 20 hari, megalopa ke kepiting muda atau juvenile (Crab I) selama 11 sampai 12 hari dan kepiting muda ke dewasa selama 30 sampai 34 hari. Fase keempat atau fase menjelang dewasa dicapai setelah mengalami moulting

kurang lebih 20 kali sejak dari fase zoea, dan kepiting bakau mulai dewasa pada ukuran panjang karapas 42,70 mm (Mardjono *et al.*, 1994).

Jumlah zoea yang dihasilkan pada setiap kali pemijahan tergantung pada ukuran induk dan frekuensi pemijahan. Semakin besar kepiting, semakin banyak jumlah telurnya namun semakin tinggi frekuensi pemijahan, jumlah telur yang dihasilkan makin sedikit. Seekor kepiting betina dengan bobot \approx 500 gram dan memijah pertama kali untuk satu siklus reproduksi dapat menghasilkan \approx 2.000.000 telur. Telur kepiting sebaiknya ditetaskan pada suhu air laut \approx 28 sampai 31 °C dan salinitas 30 sampai 35 ppt. Kepiting muda yang baru berganti kulit dari megalopa dan memenuhi muara sungai dapat mentolerir salinitas air yang rendah (0 sampai 24 ppt) dan suhu 10°C (Mardjono *et al.*, 1994).

C. Pakan

Larva kepiting, seperti hewan laut lainnya, membutuhkan pakan untuk mempertahankan vitalitasnya (eksistensi hidup dan pertumbuhan). Fungsi pakan secara umum adalah sebagai sumber energi dan materi pembangun tubuh. Materi pembangun tubuh terdiri atas protein, sedangkan sebagai sumber energi berasal dari karbohidrat dan lemak (Anwar dan Piliang, 1992). Manajemen aplikasi pakan sesuai kondisi hidup dan tingkat kebutuhan larva merupakan faktor penentu keberhasilan pembenihan. Tujuan akhir dari aplikasi pakan adalah untuk mendapatkan kelangsungan hidup yang tinggi, laju pertumbuhan yang pesat dengan

biaya yang terjangkau, mudah penanganannya, dan mampu menghasilkan larva dengan vitalitas yang tinggi.

Kepiting bakau dewasa termasuk jenis hewan pemakan segala bangkai (*omnivorous scavenger*). Pada saat larva, kepiting bakau memakan plankton, dan pada saat juvenil menyukai detritus, sedangkan kepiting dewasa menyukai ikan dan mollusca terutama kekerangan (Sheen, 2000; Millamena dan Quinito, 2000).

Pada pemeliharaan larva, pakan yang cocok diberikan adalah pakan hidup yang mempunyai ukuran tubuh lebih kecil dari pada ukuran larva. Pakan yang telah berhasil meningkatkan kelulusan hidup larva adalah rotifer dan nauplius *Artemia* (Yong Fu *et al.*, 1993).

Pada pembenihan kepiting bakau, rotifer dan nauplius *Artemia* merupakan pakan hidup yang penting karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan dapat diproduksi secara mudah (Takeuchi, 2000; Karim, 2006). Menurut Fernandes-Reiriz *et al.* (1993), rotifer mengandung 36,06% protein, 16,65% karbohidrat dan 10,48% lemak. Kedua jenis pakan tersebut diberikan pada larva kepiting bakau secara berkesinambungan, yakni rotifer untuk zoea-1 sampai zoea-3, kombinasi antara rotifer dan naupli *Artemia* hingga megalopa.

Rotifer memiliki ukuran relatif kecil sesuai dengan bukaan mulut larva sehingga sangat penting dalam penggunaannya sebagai pakan alami, selain memiliki kandungan gizi yang baik. Rotifer ini dapat ditingkatkan gizinya melalui pengelolaan kualitas nutrisi sehingga

memungkinkan diadakannya manipulasi kualitas nutrisi secara mudah. Manipulasi kualitas nutrisi dapat dilakukan dengan cara bioenkapsulasi sebelum diberikan kepada larva (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Artemia sp banyak digunakan sebagai pakan alami karena mempunyai lapisan eksoskeleton yang tipis, sehingga mudah dicerna oleh larva. Pada stadia naupli, terjadi defisiensi nutrisi, pada *Artemia* dewasa, defisiensi tersebut sudah dapat dikurangi, karena merupakan organisme non-selektif plankton feeder. Penambahan nutrisi pada naupli *Artemia* tersebut dapat diperoleh dengan penambahan dari luar, salah satunya melalui metode bioenkapsulasi menggunakan minyak ikan kaya karotenoid (Fernandes-Reiriz *et al.*, 1993).

Selain kualitas proteinnya yang cukup tinggi, juga ukurannya yang relatif kecil (100 sampai 200 μ), nauplius *Artemia* merupakan salah satu jenis pakan alami yang sangat ideal sebagai pakan bagi organisme krustase (udang dan kepiting), bahkan untuk benih-benih ikan laut lainnya (Harefa, 1997).

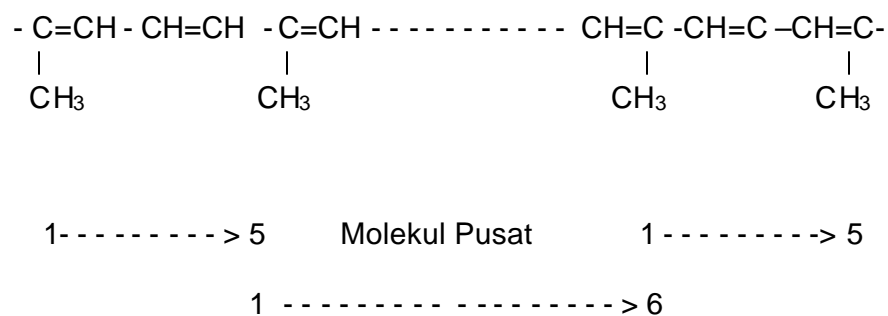
D. Karotenoid dan Pengkayaan

Karotenoid merupakan suatu pigmen yang dihasilkan oleh organisme tertentu, mikroalga, fitoplankton, dan tumbuhan lainnya. Karotenoid tersebut disintesa kemudian menghasilkan senyawa beragam seperti vitamin A. Dari sejumlah jenis pigmen alami, karotenoid merupakan pigmen alami yang paling banyak ditemukan. Karotenoid bersama dengan protein lain menghasilkan warna kuning dan merah yang terang pada tanaman warna coklat, jingga, hijau dan biru pada ikan dan krustase. Warna yang dimiliki oleh karotenoid bersumber dari gugus khromofor yang terdapat dalam molekul pigmen dan merupakan hidrokarbon atau turunannya yang tersusun dari 8 unit isoprene (C_5H_8) dan membentuk alifatik-alifatik (Davis, 1985).

Sumber karotenoid yang sangat potensial adalah cangkang krustase terutama udang dan kepiting, namun sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan baik. Kuantifikasi karotenoid dari limbah udang dan kepiting yang berasal dari daerah dingin menunjukkan kadar antara 119,6 dan 147,7 mg karotenoid/kg berat basah cangkang (Shahidi dan Synowiecky, 1992).

Karotenoid dapat dikelompokkan menjadi empat golongan yaitu karoten, xantofil yang merupakan turunan oksidasi dan hidroksi, ester xantofil dengan asam lemak dan asam-asam karotenoid. Karotenoid mempunyai sifat-sifat tertentu diantaranya tidak larut dalam air, larut dalam minyak, larut dalam hidrokarbon alifatik dan aromatik seperti heksana dan benzene serta larut dalam hidrokarbon terklorinasi seperti kloroform dan

metilen klorida. Pigmen karotenoid mempunyai struktur alifatik atau alisiklik yang pada umumnya disusun oleh delapan unit isoprena, dimana kedua gugus metil yang dekat pada molekul pusat terletak pada posisi C₁ dan C₆, sedangkan gugus metil lainnya terletak pada posisi C1 dan C5, serta diantaranya terdapat ikatan ganda terkonjugasi. Semua senyawa karotenoid mengandung sekurang-kurangnya empat gugus metil dan selalu terdapat ikatan ganda terkonjugasi diantara gugus metil tersebut (Mappiratu, 1990). Struktur dasar karotenoid dan struktur molekul beberapa senyawa karotenoid alami dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



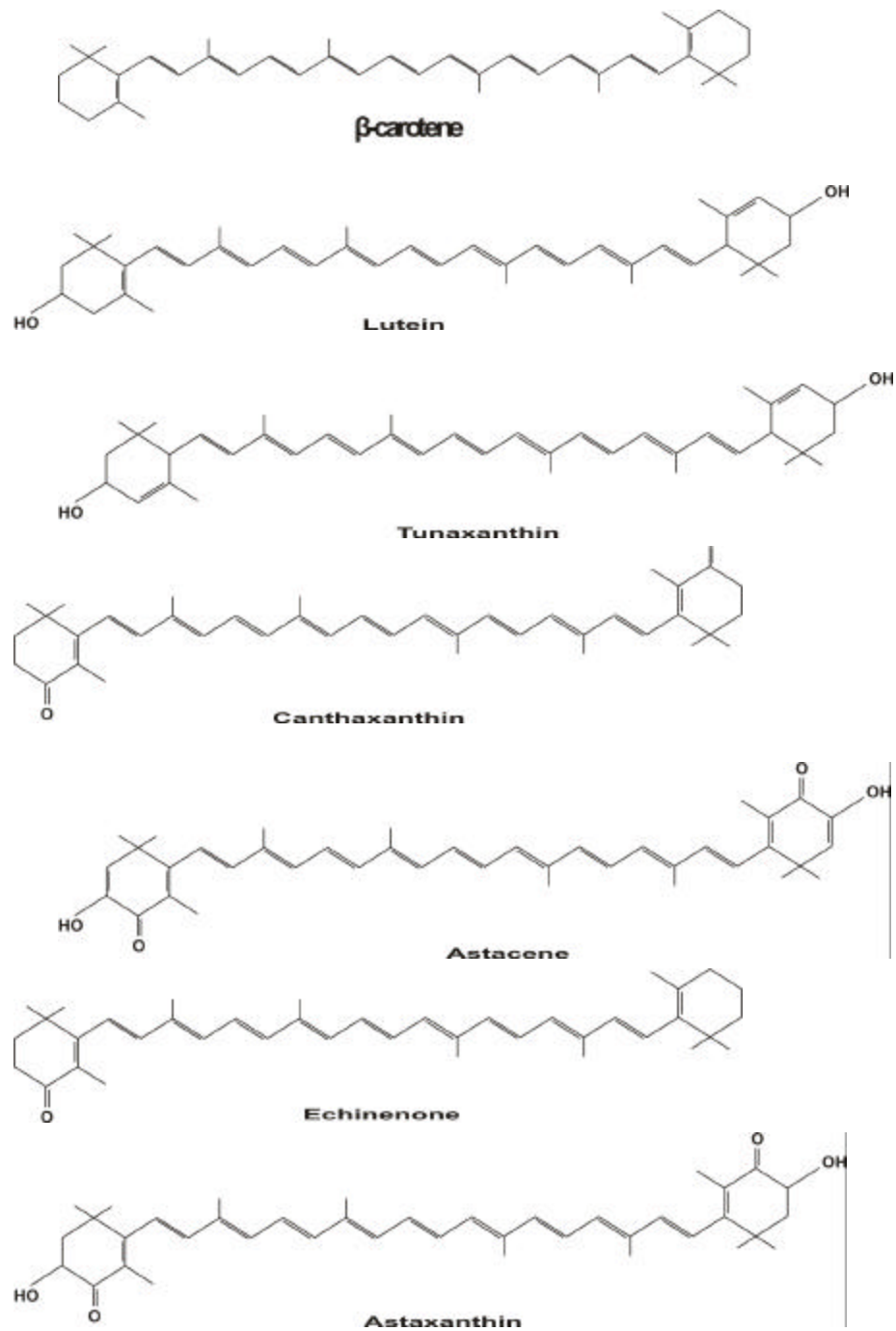
Gambar 2. Struktur dasar karotenoid (Mappiratu, 1990).

Fungsi penting karotenoid yang sampai saat ini diketahui antara lain kemampuannya menyerap dan memantulkan radiasi yang bersifat merusak organ tubuh hewan (Muller *et al.*, 1980), sebagai antioksidan yang melindungi sel-sel sensitif dan bahan-bahan yang bersifat reaktif dari proses oksidasi (Tacon, 1981), memiliki fungsi fisiologis dalam proses respirasi saat kekurangan oksigen dan sebagai pro-vitamin A (Craick,

1985). Pada hewan, Vitamin A berperan dalam penglihatan, pertumbuhan, reproduksi, ketahanan terhadap penyakit yang disebabkan oleh fungi dan bakteri, untuk pertumbuhan kulit dan mukosa secara normal (Czeezuga, 1979 ; Shimizu *et al.*, 1981).

Aspek terpenting karotenoid untuk pigmentasi spesies ikan budidaya berhubungan dengan kuantitas pigmen karotenoid dalam pakan. Pigmen karotenoid dipengaruhi oleh warnanya sendiri dan pengaruh warna dalam jaringan khusus, struktur kimianya, konfigurasi, bentuk ikatan serta daya larutnya (Latscha, 1990).

Penambahan karotenoid dalam pakan larva memegang peranan penting dalam peningkatan sintasan. Hal ini disebabkan karotenoid merupakan komponen biologi penting, namun hewan tidak dapat mensintesisnya secara *de-novo* (sendiri dalam tubuh) sehingga perlu mendapatkannya dari pakan (Chien dan Jeng, 1992). Fujaya *et al* (2002) mengemukakan bahwa penambahan karotenoid ke dalam pakan larva merupakan salah satu cara pencegahan infeksi parasit dari dalam tubuh larva itu sendiri. Selanjutnya Rosa dan Johny (1999) mengemukakan bahwa pencegahan infeksi parasit dari luar dapat menggunakan trifularion, fungisida dan malachite green oksalat.



Gambar 3. Struktur molekul beberapa senyawa karotenoid alami (Simpson, 1982)

Teknologi sederhana dapat digunakan untuk mengisolasi karotenoid dari buangan cangkang kepiting maupun udang. Karotenoid yang diisolasi dari cangkang buangan dapat digunakan untuk pakan ikan dalam industri budidaya. Isolasi karotenoid dari buangan cangkang kepiting dan udang yang akan digunakan untuk pakan sebaiknya diekstraksi dengan minyak ikan. Penggunaan minyak ikan untuk ekstraksi pigmen karotenoid dapat menambah kandungan asam lemak ω -3 yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva (Shahidi dan Synowiecky, 1992).

Larva kepiting bakau yang mengkonsumsi pakan yang telah diperkaya dengan minyak ikan kaya karotenoid dari limbah udang secara nyata menunjukkan peningkatan sintasan dan pertumbuhan serta memperlihatkan daya tahan tubuh yang lebih tinggi dibanding dengan kepiting yang mengkonsumsi pakan tanpa pengkayaan. Karotenoid dan asam lemak ω 3 dalam minyak ikan (MIK) telah digunakan sebagai bioenkapsulan pakan hidup. Karotenoid dari kepala udang dan asam lemak ω 3 dari minyak ikan mampu meningkatkan nutrisi pakan hidup larva kepiting bakau. Pakan hidup yang diperkaya dengan kombinasi 10 g MIK dengan lama pengkayaan 24 jam, menunjukkan tingkat daya tahan yang tinggi terhadap serangan parasit sehingga menghasilkan sintasan larva yang tinggi yakni 25,67% dibanding yang tanpa pengkayaan (Fujaya *et al.*, 2002).

Rotifer dapat ditingkatkan gizinya melalui pengelolaan kualitas nutrisi sehingga memungkinkan diadakannya manipulasi kualitas nutrisi secara mudah. Manipulasi kualitas nutrisi dapat dilakukan dengan cara bioenkapsulasi sebelum diberikan kepada larva (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Beberapa penelitian tentang pengkayaan rotifer dan nauplius *Artemia*, antara lain dilakukan oleh Watanabe *et al.* (1993) ; Karim (2000) dan Karim (2006) telah meningkatkan kandungan asam lemak esensial Eikosapentaenoat (EPA) dan Dokosa Heksaenoat (DHA) rotifer dan nauplius *Artemia* yang memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan dan sintasan ikan dan krustase.

Teknik pengkayaan nutrisi *Artemia* (*enrichment*) juga dapat dilakukan dengan metode perendaman dengan memberikan larutan emulsi minyak hati ikan kod yang mengandung ? 3 HUFA tinggi pada stadia naupli, perlakuan ini dapat meningkatkan ? 3 HUFA dari 3 menjadi 11% (Kanazawa, 1985).

Karim (2006) menyatakan bahwa pengkayaan nauplius *Artemia* dengan asam lemak yang digunakan sebagai pakan dalam pemeliharaan larva udang windu menghasilkan sintasan 80% dengan tingkat ketahanan stres hanya berkisar 22,0 sampai 22,5%.

E. Stres

Stres merupakan suatu respon yang terakumulasi akibat adanya stimulasi dari faktor eksternal organisme akuatik (Pickering, 1981). Selanjutnya Wedemeyer dan McLeay (1981) mengemukakan bahwa stress merupakan suatu akibat perubahan lingkungan yang menekan *homeostatic* atau melebihi proses stabilisasi normal pada tingkat organisasi biologi suatu organisme yang diakibatkan oleh suatu *stressor* atau faktor lingkungan itu sendiri. Dalam hal ini *stressor* (stres) merupakan suatu perubahan yang menghasilkan respon fisiologis.

Perubahan fisiologis yang terjadi pada tingkat organisme diistilahkan sebagai sindrom adaptasi umum. Gejala adaptasi umum tersebut terdiri atas : (1) reaksi peringatan dini yang berkaitan dengan pelepasan hormon catecholamine dan corticosteroid, (2) suatu keadaan resisten pada masa adaptasi, dan (3) keadaan kelelahan yang sangat akibat stres (Wedemeyer and McLeay, 1981).

Bagi organisme akuatik, termasuk kepiting bakau, apabila mengalami stres akibat perubahan lingkungan yang ekstrim, maka refleksi yang diberikan antara lain perubahan tingkah laku atau aktifitas pergerakan yang tidak normal, mudah terserang penyakit, penurunan pertumbuhan dan kematian (Ako *et al.*, 1994).

F. Kualitas Air

Salah satu faktor yang berpengaruh pada pemeliharaan larva kepiting bakau, adalah faktor lingkungan sebab sangat menentukan sintasan dan pertumbuhan. Oleh sebab itu, agar sintasan dan pertumbuhan optimal maka diperlukan kondisi lingkungan yang optimal untuk kepentingan proses fisiologis pertumbuhan. Beberapa faktor lingkungan yang sangat berpengaruh adalah; suhu, salinitas, pH, oksigen dan lain-lain.

Suhu dapat mempengaruhi berbagai fungsi metabolisme dari organisme akuatik seperti laju perkembangan embrionik, pergerakan, proses metamorfosa (*moulting*), pertumbuhan, nafsu makan, dan reproduksi kepiting bakau. Menurut Mardjono *et al.* (1994), suhu yang baik untuk pemeliharaan larva kepiting bakau berkisar 24 sampai 31°C.

Setiap fase dalam siklus hidup suatu species membutuhkan kisaran salinitas dan pH yang berbeda. Menurut Hoang, (1999) dan Rusdi *et al.* (1999) pada pH yang tinggi daya racun amonia akan meningkat, oleh sebab itu kisaran pH yang baik untuk pemeliharaan larva kepiting bakau adalah 7,5 sampai 8,5.

Rusdi (2007) mendapatkan salinitas optimum untuk Larva kepiting bakau (*S. olivacea*) berkisar 26,61 sampai 27,81 ppt. Mardjono *et al.* (1994) mengemukakan bahwa salinitas yang layak bagi kelangsungan hidup larva kepiting bakau (*S. serrata*) adalah 30 sampai 35 ppt. Larva kepiting bakau pada stadia zoea dapat mengalami kematian apabila

berada pada salinitas lebih rendah dari 17 ppt, pada sub-stadia zoea-1 tidak toleran terhadap salinitas rendah di bawah 17,5 ppt.

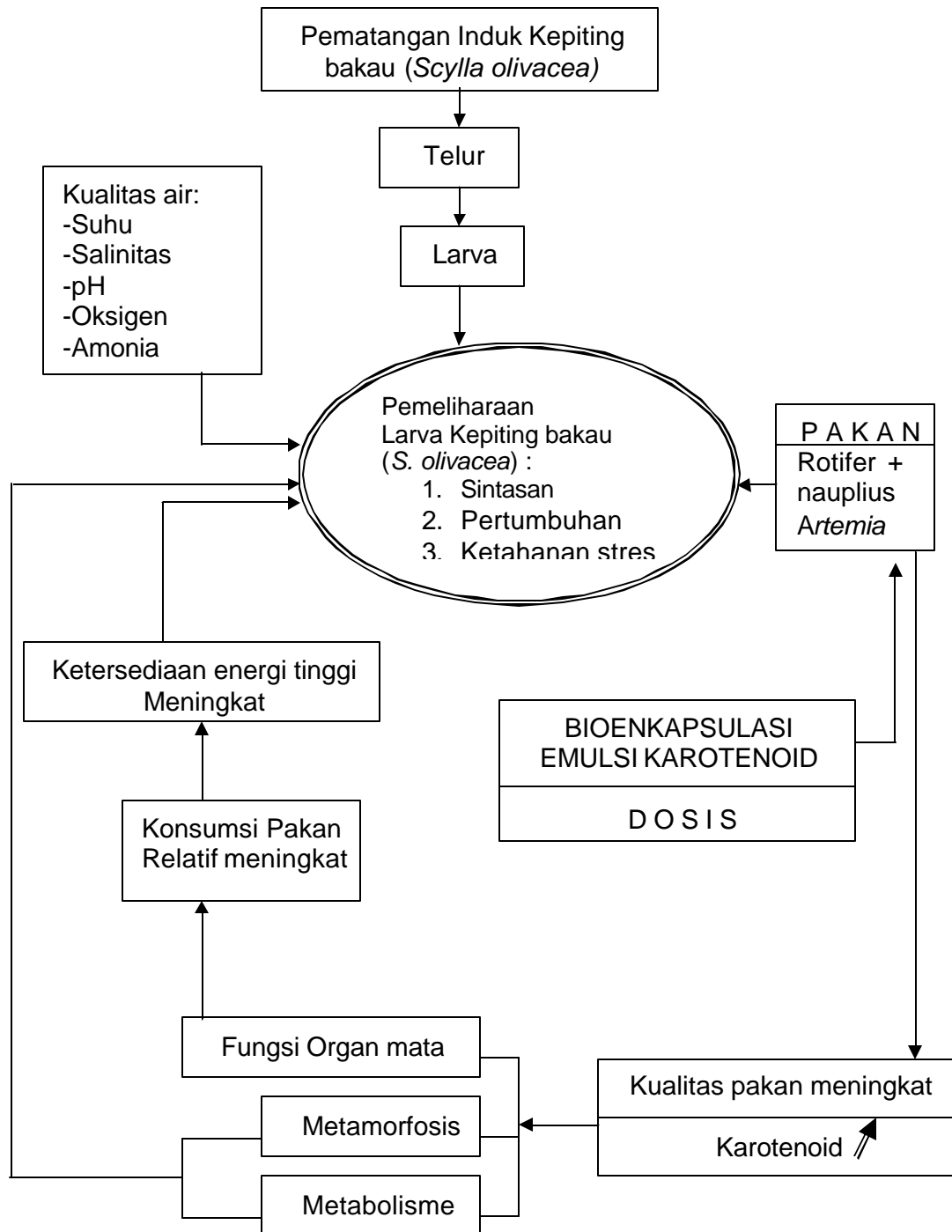
Secara umum, kandungan oksigen terlarut yang rendah (< 3 ppm) akan menyebabkan nafsu makan organisme menurun dan berpengaruh pada tingkah laku dan proses fisiologis organisme akuatik (Boyd, 1990; Cheng *et al.*, 2003).

Umumnya semua organisme yang dibudidayakan (ikan dan krustase) tidak mampu mentolerir fluktuasi oksigen yang ekstrim. Oleh sebab itu, kandungan oksigen terlarut harus selalu dipertahankan dalam kondisi optimum. Untuk pemeliharaan larva, kandungan oksigen sebaiknya lebih besar dari 3 ppm (Hoang, 1999 ; Karim, 2006).

Amoniak bersifat toksik sehingga dalam konsentrasi yang tinggi dapat meracuni organisme. Oleh sebab itu, agar larva kepiting bakau dapat hidup dengan baik, maka konsentrasi amoniak dalam media disarankan tidak lebih dari 0,1 ppm (Roscoe *et al.*, 2004 ; Karim, 2006;).

G. Kerangka Pikir Penelitian

Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan usaha pembenihan kepiting bakau adalah tersedianya pakan yang berkualitas untuk larva. Kualitas pakan dapat ditingkatkan dengan suplementasi karotenoid melalui metode pengkayaan (bioenkapsulasi). Fungsi penting karotenoid adalah sebagai pro Vitamin A yang berperan dalam penglihatan, pertumbuhan, reproduksi, ketahanan terhadap penyakit. Selain itu setelah karotenoid disintesis dalam tubuh larva, akan membantu proses *moulting* metabolisme energi. Suplementasi karotenoid pada rotifer dan nauplius *Artemia* sebelum diberikan ke larva diharapkan dapat meningkatkan perkembangan fungsi organ mata sehingga larva dapat mengkonsumsi pakan secara optimal, yang pada akhirnya akan meningkatkan sintasan dan pertumbuhan larva kepiting bakau. Adapun alur pemikiran dari penelitian ini disajikan pada Gambar 4 :



Gambar 4. Bagan Kerangka Penelitian

H. Hipotesis

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. Diduga bioenkapsulasi emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis dengan dosis optimal dapat meningkatkan kandungan karotenoid pakan alami (rotifer dan nauplius *Artemia*).
2. Diduga peningkatan kualitas pakan alami hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis pada dosis optimal dapat meningkatkan sintasan dan pertumbuhan larva kepiting bakau (*S. olivacea*).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Budidaya Air Payau (BBAP), Takalar sebagai lokasi pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. olivacea*). Ekstraksi dan analisis karotenoid dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Perikanan Fakultas Kelautan dan Perikanan, UNHAS. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus sampai Oktober 2007.

B. Materi Penelitian

1. Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah larva kepiting bakau (*S. olivacea*) stadia zoea-1 (Gambar 8). Larva diperoleh dari hasil penetasan di Balai Budidaya Air Payau, Takalar.

2. Pakan

Pakan yang digunakan pada penelitian ini adalah rotifer (*B. plicatilis*) dan nauplius *Artemia* yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid. Rotifer sebagai pakan uji diperoleh dari hasil kultur secara

massal di Balai Budidaya Air Payau Takalar, sedangkan nauplius *Artemia* berasal dari hasil penetasan kista strain *Great Salt Lake* produksi USA.

3. Emulsi Karotenoid

Emulsi karotenoid diperoleh melalui metode ekstraksi sederhana dengan menggunakan minyak ikan cod (*Lavertraan Oil*) sebagai pelarut, untuk melarutkan karotenoid yang terikat pada cangkang kepiting (Shahidi dan Snowiecky, 1992).

4. Wadah dan Media

Wadah penelitian yang digunakan berupa ember plastik hitam berkapasitas 5 L berjumlah 15 buah yang diisi dengan air sebanyak 4 L (Gambar 5). Air media yang digunakan adalah air laut bersalinitas 32 – 33 ppt (Mardjono *et al.*, 1994). Sebelum digunakan, air laut disaring terlebih dahulu dengan menggunakan *Sand-Filter* lalu ditampung pada bak penampungan, selanjutnya dari bak penampungan, air *ditreatment* dengan penyinaran UV untuk selanjutnya dialirkan ke wadah-wadah penelitian. Pergantian air dengan salinitas yang sama dilakukan setiap hari sebanyak 25% dari total volume wadah. Kelarutan oksigen media penelitian dapat dipertahankan dengan melengkapi aerasi pada setiap media penelitian.



Gambar 5. Wadah yang digunakan dalam pemeliharaan larva kepiting bakau selama penelitian

C. Tahapan Penelitian

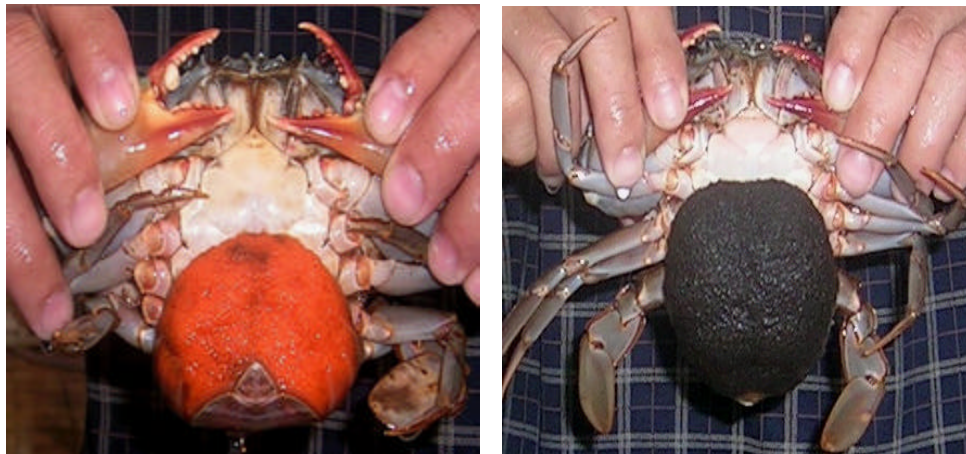
Tahapan penelitian meliputi : penyediaan bahan dan peralatan, pengadaan dan pemeliharaan induk matang gonad, penetasan, dan kultur pakan alami.

1. Pemeliharaan Induk

Induk betina yang matang gonad dipelihara dalam bak beton berukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing: 5 x 1 x 1,5 m yang dilengkapi dengan aerasi. Wadah diisi air laut bersalinitas 32 sampai 34 ppt dengan suhu berkisar 30 sampai 33°C. Selama pemeliharaan, induk kepiting diberi pakan berupa ikan rucah dan daging kerang. Dosis

pakan diberikan sebanyak 15% dari bobot tubuh dengan frekuensi pemberian dua kali sehari yakni pada pagi dan sore hari.

Kualitas media pemeliharaan dijaga dengan membuang sisa-sisa pakan dan kotoran setiap hari dengan cara menyaser dan pergantian air dilakukan 50% dari volume total bak pemeliharaan. Induk kepiting yang siap menetas telur-telurnya (Gambar 6) segera dipindahkan ke media penetasan.



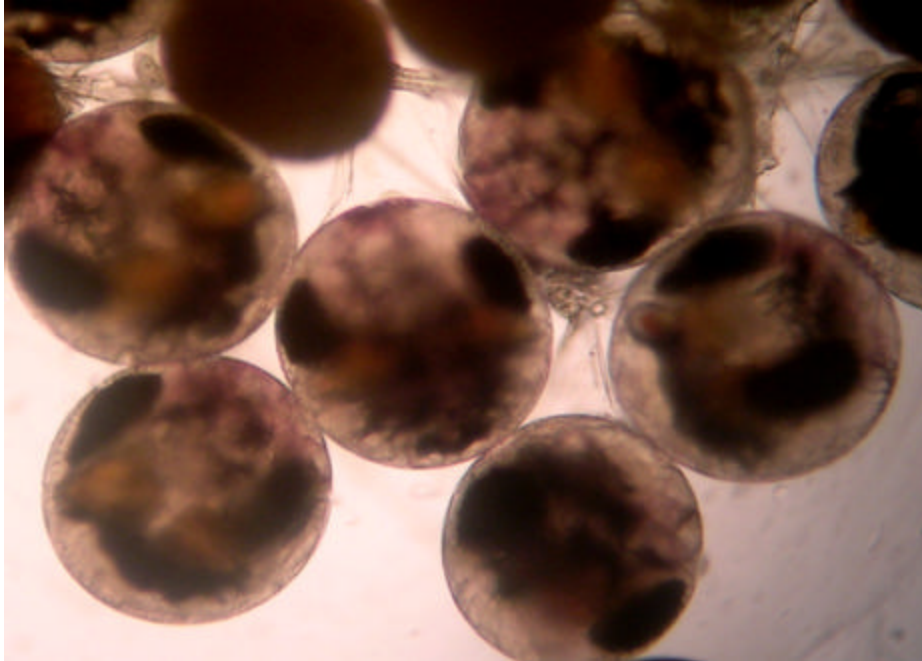
(a)

(b)

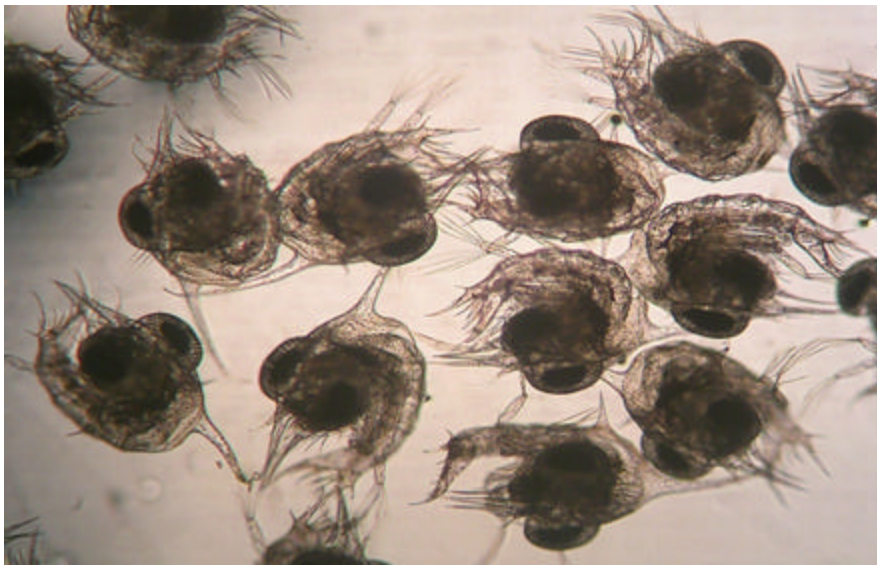
Gambar 6 Induk kepiting bakau (*S. olivacea*) yang baru memijah (a) dan telur yang hampir menetas (b)

2. Penetasan

Wadah penetasan terbuat dari *fibre glass* berbentuk bulat berdiameter 1,2 m dan berukuran tinggi 0,5 m. Setelah induk kepiting bakau menetas telur-telurnya dalam wadah penetasan, induk segera dipisahkan dari larva selanjutnya dipindahkan ke media pemeliharaan dan dipelihara seperti semula.



Gambar 7. Telur-telur hasil pemijahan induk kepiting bakau (*S. olivacea*) yang siap menetas (red. Pembesaran 1000 μ)



Gambar 8. Larva kepiting bakau (*S. olivacea*) stadia zoea-1 (red. Pembesaran 1000 μ)

3. Ekstraksi dan Analisis Karotenoid

Ekstraksi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis karaka (*N. lafondi*) mengikuti petunjuk Shahidi dan Snowiecky (1992) yakni : Cangkang kepiting dicuci bersih kemudian dikering udarakan, dihaluskan dengan menggunakan blender. Cangkang yang telah halus, dicampur minyak ikan dengan perbandingan 1 : 4, lalu diagitasi. Campuran lalu dipanaskan dalam oven pada temperatur 60°C selama 2 sampai 3 jam. Selanjutnya disaring dengan menggunakan pompa vakum dan kertas saring Whatman No. 42 untuk memisahkan antara residu dengan larutan emulsi. Hasil saringan inilah yang merupakan emulsi karotenoid yang akan digunakan sebagai bahan pengkaya pada rotifer dan nauplius *Artemia* (Gambar 19 dan Lampiran 3).

Metode yang digunakan untuk analisis karotenoid didasarkan pada metode yang dikemukakan oleh Metusalach *et al.* (1997). Peralatan utama yang digunakan untuk ekstraksi adalah blender, pompa vakum dan kertas saring. Sampel diekstrak dengan menggunakan pelarut aseton (1:4 b/v), lalu diagitasi (diseker) pada temperatur 60°C dalam ruangan dengan cahaya yang terbatas selama 2 jam. Hasil ekstraksi disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no.42. Emulsi karotenoid yang telah disaring kemudian diukur volumenya dengan menggunakan gelas ukur. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam tabung untuk disentrifius selama \pm 30 menit pada putaran 4000 rpm. Kandungan

pigmen karotenoid dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer pada ? (panjang gelombang) 468 nm (Lampiran 3).

Total Emulsi karotenoid hasil ekstraksi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada ? 468 nm dan dihitung menggunakan persamaan Chen dan Meyers (1982), yakni :

$$C_{(\text{ppm})} = \frac{A_{468\text{nm}} V_{\text{ekstrak}}}{E^{1\%}_{1\text{cm}} \times B_{\text{Sampel}}}$$

dimana : C = Total kandungan karotenoid (ppm);

A = Absorpsi maksimum pada panjang gelombang 468 nm;

V = Volume ekstrak (mL);

E = Koefisien extension (absorpsi) dari 1% standar dalam petroleum ether dan dalam 1 cm tabung kuvet = 0,2

B = Berat sampel yang diekstrak (g berat basah).

4. Penyediaan Rotifer (*B. plicatilis*)

Penyediaan rotifer dilakukan dengan mengkultur secara massal. Wadah yang digunakan untuk kultur rotifer adalah bak beton berkapasitas 2 ton air. Kultur rotifer diberi pakan berupa *Chlorella* sp. *Chlorella* sp dikultur murni dan ditumbuhkan pada air media yang dipupuk dengan urea 100 mg/L, TSP 20 mg/L dan FeCl₃ 2 mg/L serta diberi aerasi agar pupuk dan algae tersebar merata (Lampiran 1).

Setelah *Chlorella* sp. berkembang baik (\pm 4 hari), bibit rotifer dipindahkan ke dalam wadah kultur massal. Rotifer dalam waktu

5 sampai 7 hari dapat dipanen dan siap untuk diperkaya dengan emulsi karotenoid sesuai perlakuan.

5. Penetasan Kista *Artemia*

Kista yang akan ditetaskan diinkubasikan ke dalam wadah penetasan, yang berisi air laut bersalinitas 30 sampai 33 ppt selama 24 jam. Selanjutnya ke dalam media penetasan ditambahkan 2 g NaHCO_3/L untuk memudahkan pelepasan cangkang telur (Lampiran 2). Wadah yang digunakan untuk penetasan kista *Artemia* terbuat dari *fibre glass* dengan dasar berbentuk kerucut dengan tujuan agar tidak ada kista yang mengendap di dasar, kapasitas wadah 100 L yang dilengkapi dengan peralatan aerasi.

Kista hasil inkubasi yang telah menetas menjadi nauplius *Artemia* dipanen dengan cara menyipon, kemudian ditampung dalam saringan berdiameter 120 μ . Selanjutnya nauplius *Artemia* diperkaya dengan emulsi karotenoid sesuai perlakuan.

6. Perlakuan dan Perancangan Penelitian

Perlakuan yang dicobakan adalah pengkayaan emulsi karotenoid pada rotifer dan nauplius *Artemia* dengan dosis berbeda. Dosis yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

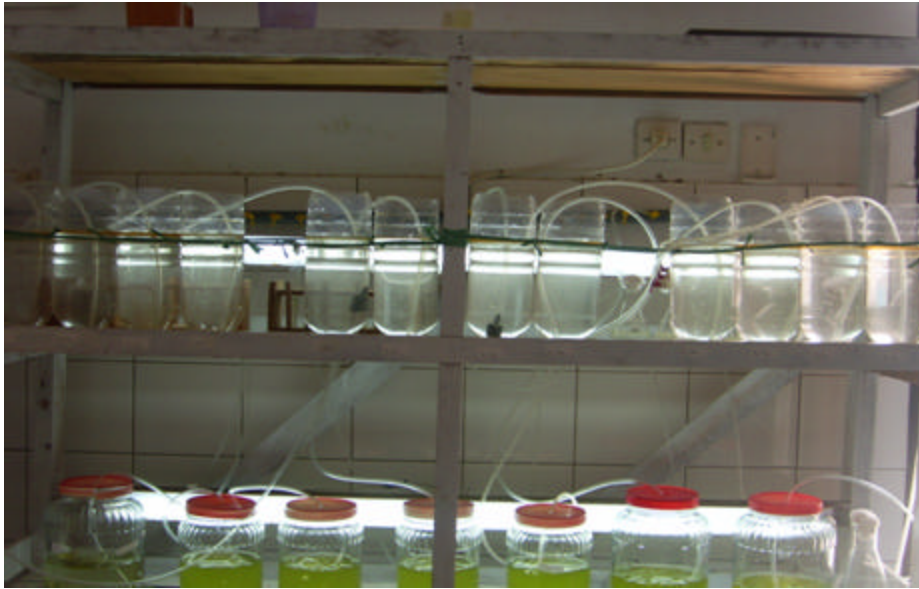
- A. 0 g/L air media
- B. 5 g/L air media
- C. 10 g/L air media
- D. 15 g/L air media
- E. Minyak Ikan.

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap percobaan yaitu :

- (1) Percobaan rotifer yang diperkaya dengan emulsi karotenoid,
- (2) Percobaan nauplius *Artemia* yang diperkaya dengan emulsi karotenoid dan
- (3) Percobaan pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diberi rotifer dan nauplius *Artemia* hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid.

a. Percobaan rotifer yang diperkaya dengan emulsi karotenoid

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid pada peningkatan kandungan karotenoid rotifer. Pengkayaan rotifer dilakukan dengan metode perendaman menggunakan wadah berbentuk kerucut volume 1 L diisi air laut sebanyak 0,5 L dilengkapi aerasi. Wadah percobaan ditempatkan secara acak dalam ruangan tertutup pada suhu 29 sampai 30°C, salinitas 32 sampai 35 ppt. Wadah diisi rotifer dengan kepadatan 500.000 individu/L air media dan siap diberi bahan pengkaya sesuai dosis perlakuan dengan lama pengkayaan 8 jam (Karim, 1998).



Gambar 9. wadah yang digunakan saat pengkayaan Rotifer (*B. plicatilis*)

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan dan masing-masing 3 ulangan. Dengan demikian, pada penelitian ini terdapat 12 satuan percobaan.

b. Percobaan nauplius *Artemia* yang diperkaya dengan emulsi karotenoid

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis bioenkapsulasi emulsi karotenoid pada peningkatan kandungan karotenoid nauplius *Artemia*. Pengkayaan nauplius *Artemia* dilakukan dengan metode perendaman menggunakan wadah berbentuk kerucut volume 1 L diisi air laut sebanyak 0,5 L dilengkapi aerasi. Penempatan wadah dilakukan secara acak dalam ruangan tertutup pada suhu 29 sampai 30°C, salinitas 32 sampai 35 ppt. Wadah diisi nauplius *Artemia* dengan kepadatan 300.000 individu/L air media dan diberi bahan

pengkaya sesuai dosis perlakuan dengan lama pengkayaan 24 jam (Karim, 1998).



Gambar 10. wadah yang digunakan saat pengkayaan nauplius *Artemia*

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan dan masing-masing 3 ulangan. Dengan demikian, pada penelitian ini terdapat 12 satuan percobaan.

c. Pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diberi rotifer dan nauplius *Artemia* hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimal pengkayaan emulsi karotenoid pada rotifer dan nauplius *Artemia* yang menghasilkan sintasan dan pertumbuhan yang maksimal bagi larva kepiting bakau (*S. olivacea*).

Rancangan penelitian yang digunakan dalam tahapan ini adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 5 perlakuan dan masing-masing 3 ulangan. Dengan demikian tahapan penelitian ini terdiri atas 15 satuan percobaan. Penelitian ini berlangsung dari stadia zoea-1 sampai zoea-5 dengan lama pemeliharaan 21 hari. Kepadatan larva yang digunakan adalah 50 ekor /L (Karim, 2000).

Rotifer yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid pada berbagai dosis pengkayaan mulai diberikan pada hari pertama. Pemberian pakan pada larva kepiting uji dilakukan dengan metode penambahan setiap hari, dengan kepadatan rotifer 30 ind/mL air media mulai stadia zoea-1 hingga stadia zoea-3 (Fujaya *et al.*, 2002). Saat memasuki stadia zoea-3 rotifer digabung dengan nauplius *Artemia* dengan kepadatan 5 ind/mL air media hingga memasuki zoea-5. Sisa pakan setiap hari dikeluarkan dan dihitung, untuk mengetahui tingkat konsumsi konsumsi pakan relatif larva.

Pemberian pakan pada larva kepiting uji dilakukan sehari sekali, yakni pada pagi hari. Pergantian air dilakukan setiap hari sebelum pemberian pakan sebanyak 20% dari total volume media.

D. Pengukuran dan Pengamatan Peubah

1. Kandungan karotenoid Rotifer dan Nauplius *Artemia*

Kandungan karotenoid rotifer dan nauplius *Artemia*, diketahui dengan mengukur kandungan karotenoid tubuh rotifer dan nauplius *Artemia*. Pengukuran dilakukan dengan berpedoman pada prosedur yang digunakan Metusalach *et al.* (1997). Sampel yang akan dianalisis ditimbang, kemudian digerus sampai halus. Hasil gerusan dilarutkan dengan menggunakan aseton dengan perbandingan 1 : 4. Selanjutnya larutan diseker selama 2 sampai 4 jam untuk melepaskan karotenoid. Hasilnya disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Hasil saringan disentrifius selama ± 30 menit pada putaran 4000 rpm. Kandungan pigmen karotenoid kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada $\lambda 468$ nm.

2. Konsumsi Pakan Relatif

Konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau dihitung dengan menggunakan rumus (Borner dan Lonclin, 1981) sebagai berikut :

$$C = \frac{C_t}{I} \times 100$$

dimana : C = Konsumsi Pakan relatif (%);

C_t = Jumlah pakan yang dikonsumsi (I - F)

I = Jumlah Pakan yang diberikan (ind/mL)

F = Jumlah pakan yang tersisa (ind/mL)

3. Kandungan karotenoid Larva Kepiting Bakau (*S. Olivacea*)

Kandungan karotenoid larva kepiting bakau dapat diketahui dengan melakukan pengukuran kandungan karotenoid tubuh larva. Prosedur pengukuran sama dengan prosedur pengukuran kandungan karotenoid pada tubuh rotifer dan *Artemia*. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui kandungan karotenoid dalam tubuh larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setelah mengkonsumsi pakan yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid dan pengaruhnya pada sintasan dan pertumbuhan larva tersebut.

4. Sintasan

Sintasan larva kepiting bakau dihitung pada akhir penelitian, dengan menggunakan rumus Huynh dan Fotedar (2004) sebagai berikut :

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

dimana : SR = sintasan larva kepiting bakau (%)

N_t = jumlah larva kepiting bakau yang hidup sampai akhir penelitian (ekor),

N_o = jumlah larva kepiting bakau pada awal penelitian (ekor).

5. Ketahanan Stres

Uji ketahanan stres dilakukan untuk melihat kondisi fisiologis larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setelah mengkonsumsi pakan alami yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid. Dalam uji ini dilakukan pengukuran resistensi larva kepiting bakau dengan kejutan osmotik mengikuti petunjuk Tackaert *et al.* (1989). Pada akhir penelitian, 15 ekor larva kepiting bakau secara acak diambil dari media pemeliharaan dan dimasukkan ke dalam beker gelas yang berisi air bersalinitas rendah (0 - 1 ppt) dengan volume 1 L. Banyaknya larva kepiting bakau yang stres diamati pada setiap interval 5 menit selama periode 1 jam.

Penilaian ketahanan larva kepiting uji pada stres dilakukan secara kualitatif. Penilaian didasarkan atas respon tingkah laku atau pergerakan larva kepiting bakau uji yang tidak normal hingga mati selama penelitian stres berlangsung.

Evaluasi ketahanan stress larva kepiting uji dihitung dengan menggunakan formula Indeks Stres Kumulatif (*Cumulative Stress Index*, CSI) dari formula Ress *et al.* (1994) sebagai berikut :

$$\text{CSI} = D_5 + D_{10} + \dots + D_{60}$$

dimana : CSI = indeks stres kumulatif

DT = Jumlah larva yang stress pada waktu t.

6. Pertumbuhan

Pertumbuhan larva kepiting bakau, diketahui dengan melakukan pengukuran panjang total tubuh dan lebar karapas larva. Pengukuran dilakukan pada awal dan akhir penelitian dengan menggunakan mikrometer yang ditempatkan di bawah lensa mikroskop.

Pertumbuhan panjang tubuh mutlak (ΔL) dan Lebar karapas mutlak (ΔCW) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta L = \bar{L}_t - \bar{L}_o$$

dimana : ΔL = pertumbuhan panjang tubuh mutlak (mm),
 \bar{L}_t = panjang tubuh rata-rata pada akhir penelitian (mm),
 \bar{L}_o = panjang tubuh rata-rata pada awal penelitian (mm).

$$\Delta CW = \bar{CW}_t - \bar{CW}_o$$

dimana : ΔCW = Pertumbuhan lebar karapas (mm)
 \bar{CW}_t = Lebar karapas rata-rata pada akhir penelitian (mm)
 \bar{CW}_o = Lebar karapas rata-rata pada awal penelitian

7. Kualitas Air

Peubah kualitas air yang diukur meliputi salinitas, suhu, pH, oksigen terlarut, dan amoniak. Salinitas media pemeliharaan larva kepiting bakau diukur dengan menggunakan hand refractometer ketelitian 0,1 ppt, suhu dengan termometer air raksa ketelitian 0,1°C, pH dengan pH-meter ketelitian 0,1, oksigen terlarut diukur dengan DO-meter, dan kadar amoniak diukur dengan menggunakan spektrofotometer.

Pengukuran salinitas, suhu, dan pH dilakukan setiap hari (pagi, siang, dan sore), oksigen terlarut diukur setiap 3 hari sekali sampai akhir penelitian, sedangkan kadar amoniak diukur 3 kali selama penelitian, yaitu awal, pertengahan dan akhir penelitian.

E. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila hasilnya berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan Uji *Tukey*. Untuk mengetahui keeratan hubungan sebagai respon perlakuan, digunakan korelasi regresi (Steel and Torrie, 1993). Sebagai alat Bantu untuk uji statistik digunakan paket Program SPSS Versi 13.0.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Karotenoid Rotifer dan nauplius *Artemia*

Karotenoid merupakan pigmen yang dihasilkan oleh organisme tertentu, yang dapat digunakan sebagai bahan pengkaya pada pakan alami (rotifer dan nauplius *Artemia*) untuk meningkatkan nutrisi pakan alami tersebut. Karotenoid setelah dikonsumsi, kemudian disintesa dan menghasilkan berbagai senyawa seperti vitamin A, steroid, sterol, yang sangat besar peranannya dalam menunjang kehidupan organisme akuatik termasuk larva kepiting bakau.

Hasil analisis kandungan karotenoid rotifer dan nauplius *Artemia* hasil bioenkapsulasi dengan karotenoid yang diisolasi dari cangkang kepiting non ekonomis disajikan pada Tabel 1 dan Lampiran 5.

Tabel 1. Rata-rata kandungan karotenoid rotifer dan nauplius *Artemia* pada setiap perlakuan

Perlakuan	Karotenoid Rotifer (ppm) ; n = 3	Karotenoid <i>Artemia</i> (ppm) ; n = 3
A (0,00 g/L)	4,25 ± 1,25 ^d	8,95 ± 5,00 ^b
B (5,00 g/L)	9,23 ± 0,40 ^c	21,45 ± 0,38 ^c
C (10,0 g/L)	17,61 ± 1,16 ^a	24,28 ± 0,11 ^a
D (15,0 g/L)	12,11 ± 0,91 ^b	20,65 ± 0,64 ^c
E (Minyak Ikan)	7,60 ± 1,04 ^c	18,33 ± 0,46 ^{bc}

Keterangan : Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan pada taraf 5% ($p < 0,05$)

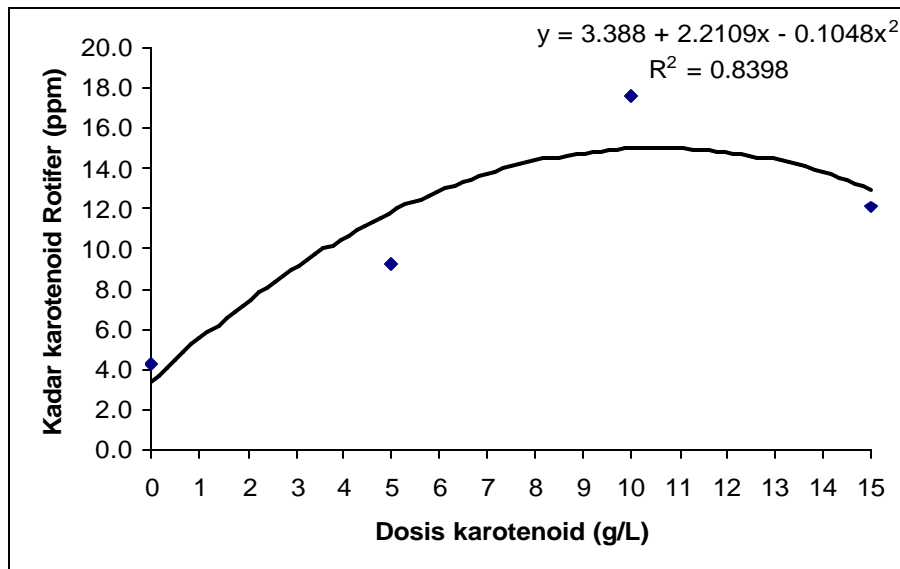
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengkayaan rotifer dengan menggunakan emulsi karotenoid berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada kandungan karotenoid rotifer (Lampiran 7). Selanjutnya hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa pengkayaan rotifer dengan dosis 10,0 g/L emulsi karotenoid (perlakuan C) berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan kandungan karotenoid rotifer yang diperkaya dengan emulsi karotenoid dosis 5,0 g/L, (perlakuan B), 15,0 g/L (perlakuan D) serta perlakuan yang diperkaya hanya dengan minyak ikan (perlakuan E). Selain itu terlihat bahwa pengkayaan rotifer pada perlakuan minyak ikan, kandungan karotenoidnya lebih besar dibanding dengan yang tanpa pengkayaan (perlakuan A). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan rotifer menyimpan karotenoid dalam tubuhnya terbatas. Kandungan karotenoid rotifer setelah diperkaya selama 8 jam pengkayaan memperlihatkan hasil yang sangat bervariasi. Rotifer bersifat filter non selektif yakni mampu memetabolisme bahan-bahan organik yang terdapat pada mediumnya.

Dosis 10 g/L emulsi karotenoid (perlakuan C) merupakan batas maksimum rotifer menyimpan karotenoid dalam tubuhnya yakni rata-rata sebesar 17 ppm. Selanjutnya peningkatan dosis 15 g/L, menyebabkan kandungan karotenoid dalam tubuh rotifer lebih rendah. Rendahnya kandungan karotenoid rotifer pada dosis tersebut diduga disebabkan dosis emulsi karotenoid yang terlalu tinggi menyebabkan viskositas media tinggi, sehingga menyebabkan terhambatnya daya serap rotifer terhadap bahan pengkaya dari media. Fenomena yang sama diperoleh Karim

(2000) pada percobaan pengkayaan rotifer dengan menggunakan emulsi ICS. Dengan demikian, diduga batas maksimal penyerapan karotenoid oleh rotifer terbatas pada dosis tersebut. Sementara itu, rendahnya konsentrasi emulsi karotenoid yang dikandung rotifer pada dosis 5 g/L (9,23) ppm disebabkan rendahnya konsentrasi emulsi karotenoid sebagai bahan pengkaya pada medium, sehingga kandungan karotenoid rotifer juga rendah.

Pada perlakuan E (minyak ikan) baik pada rotifer maupun nauplius *Artemia* juga memperlihatkan adanya penambahan kandungan karotenoid dibanding kontrol (Tabel 1). Hal ini disebabkan minyak ikan yang digunakan sebagai bahan pengekstrak juga mengandung karotenoid meski dalam jumlah yang kecil. Hasil analisis minyak ikan sebelum digunakan sebagai pengekstrak, diketahui kandungan karotenoidnya sebesar 1,54 ppm. Selanjutnya ekstraksi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis dengan menggunakan minyak ikan menyebabkan peningkatan karotenoid pada minyak ikan tersebut menjadi 3,30 ppm (Lampiran 4). Hal ini membuktikan bahwa minyak ikan baik digunakan sebagai pengekstrak, sebab selain dapat melarutkan karotenoid yang terkandung dalam cangkang kepiting non ekonomis juga dapat menambah asam lemak omega-3 sebelum digunakan sebagai bahan aditif dalam pakan hewan budidaya. Fujaya *et al.* (2001) mengemukakan bahwa dalam mengekstraksi karotenoid sebaiknya menggunakan minyak ikan.

Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid rotifer berpola kuadratik disajikan pada Gambar 11



Gambar 11. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid rotifer

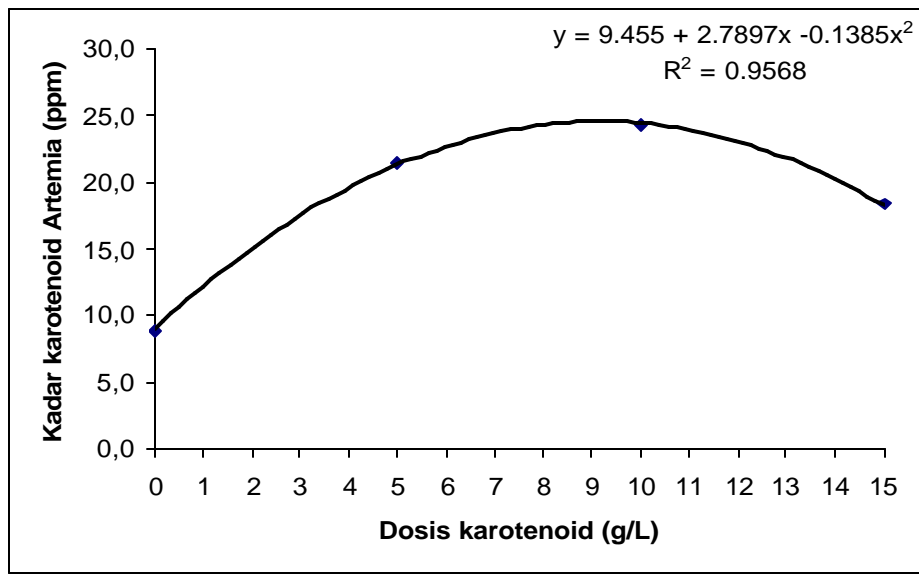
Gambar 11 di atas memperlihatkan bahwa terdapat korelasi atau hubungan antara dosis pengkayaan karotenoid dengan kandungan karotenoid rotifer yang berpola kuadratik, dengan persamaan regresi, $Y = 3,388 + 2,2109x - 0,1048x^2$; $R^2 = 0,8398$. Berdasarkan persamaan tersebut dapat diprediksi Kandungan karotenoid maksimum rotifer sebesar 15,05 ppm dapat dicapai pada dosis optimum karotenoid sebesar 10,55 g/L.

Berdasarkan Tabel 1 di atas juga terlihat bahwa terjadi peningkatan kandungan karotenoid pada nauplius *Artemia* yang telah diperkaya dengan berbagai dosis karotenoid. Kandungan karotenoid nauplius

Artemia yang telah diperkaya lebih tinggi dibanding dengan yang tanpa pengkayaan. Rata-rata kandungan karotenoid *Artemia* yang diperkaya, tertinggi dihasilkan pada perlakuan C (10 g/L) yakni sebesar 24,28 ppm, dan terendah pada perlakuan A (tanpa pengkayaan) yakni hanya 8,95 ppm.

Hasil analisis ragam (Lampiran 8) menunjukkan bahwa pengkayaan nauplius *Artemia* dengan emulsi karotenoid berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kandungan karotenoid nauplius *Artemia*. Selanjutnya hasil Uji lanjut Tukey memperlihatkan bahwa perlakuan A berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan B, C dan D. Akan tetapi tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan E. Hal ini menunjukkan bahwa pengkayaan dengan emulsi karotenoid dapat meningkatkan kandungan karotenoid nauplius *Artemia*. Fernandes-Reiriz *et al.* (1993) dan Karim (2006) mengemukakan bahwa nauplius *Artemia* yang baru menetas akan mengalami defisiensi nutrisi, oleh sebab itu untuk meningkatkan kembali nutrisinya, perlu diperkaya (*enrich*).

Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid nauplius *Artemia* berpola kuadratik, disajikan pada Gambar 12



Gambar 12. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kadar karotenoid yang terserap nauplius *Artemia*

Persamaan regresi seperti terlihat pada Gambar 12 di atas, $Y = 9,455 + 2,7897x - 0,1385x^2$; $R^2 = 0,9568$, menunjukkan korelasi yang kuat antara dosis emulsi karotenoid dengan kandungan karotenoid dalam tubuh nauplius *Artemia*. Dari persamaan regresi ini dapat diprediksi bahwa kandungan karotenoid nauplius *Artemia* maksimum sebesar 23,50 ppm dapat dicapai pada dosis optimal karotenoid sebesar 10,07 g/L.

B. Konsumsi Pakan Relatif

Konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau selama penelitian berlangsung disajikan pada Tabel 2 dan Lampiran 10.

Tabel 2. Rata-rata konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setiap perlakuan selama penelitian

Perlakuan	Konsumsi pakan relatif (%)
A (0,00 g/L)	40,29 ± 9,33 ^c
B (5,00 g/L)	63,56 ± 9,93 ^a
C (10,0 g/L)	54,10 ± 8,87 ^b
D (15,0 g/L)	51,57 ± 9,97 ^b
E(Minyak Ikan)	47,07 ± 8,88 ^{bc}

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antar perlakuan pada taraf 5% ($P > 0,05$)

Hasil analisis ragam (Lampiran 12) memperlihatkan bahwa pengkayaan dengan emulsi karotenoid terhadap rotifer dan nauplius *Artemia* sebagai pakan larva selama penelitian berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*). Selanjutnya hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 13) memperlihatkan bahwa pengkayaan dengan emulsi karotenoid dosis 5,0 g/L (perlakuan B) berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan lainnya. Antara perlakuan dosis 10,0 g/L, 15,0 g/L dan E (minyak ikan) tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata ($p > 0,05$). Demikian pula halnya antara perlakuan A dan E tidak memperlihatkan perbedaan nyata ($p > 0,05$) meskipun nilai konsumsi pakan relatif perlakuan E lebih tinggi dari A.

Terjadinya variasi konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau ini, diduga disebabkan bervariasinya perkembangan organ mata larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setelah mengkonsumsi pakan yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid. Organ mata yang berkembang baik, berimplikasi pada tingkat pemangsaan pakan yang lebih besar sehingga menghasilkan konsumsi pakan relatif yang tinggi.

Salah satu peran karotenoid yang sangat penting adalah sebagai pro-vitamin A yang bekerja pada organ mata. Mata memiliki sistem optikal yang mampu melakukan pengumpulan cahaya dan membentuk suatu fokus bayangan untuk dianalisis oleh retina. Proses melihat dari suatu organisme diawali saat cahaya memasuki mata melalui kornea, yakni selaput bening yang merupakan jendela mata bagian depan, masuk ke dalam rhodopsin pada retina yang selanjutnya mengalami perubahan secara kimiawi menjadi retinen. Vitamin A dalam proses ini berfungsi sebagai katalisator yang dapat mempercepat reaksi kimia tersebut. Dengan demikian jika mata kekurangan vitamin A, maka proses tersebut akan terhambat. Menurut Fujaya (2004), retina merupakan bagian terpenting dari mata, menutupi lebih separuh bagian dalam bola mata yang terdiri atas jaringan urat saraf peka cahaya. Walaupun kornea tidak berpengaruh pada kekuatan optikal pada mata hewan air, namun distribusi pigmen yang terdapat pada kornea berfungsi menyaring cahaya. Species yang hidup pada kondisi cahaya remang-remang memiliki lebih banyak fotoreseptor yang berbentuk batang (rod) yang diselimuti oleh

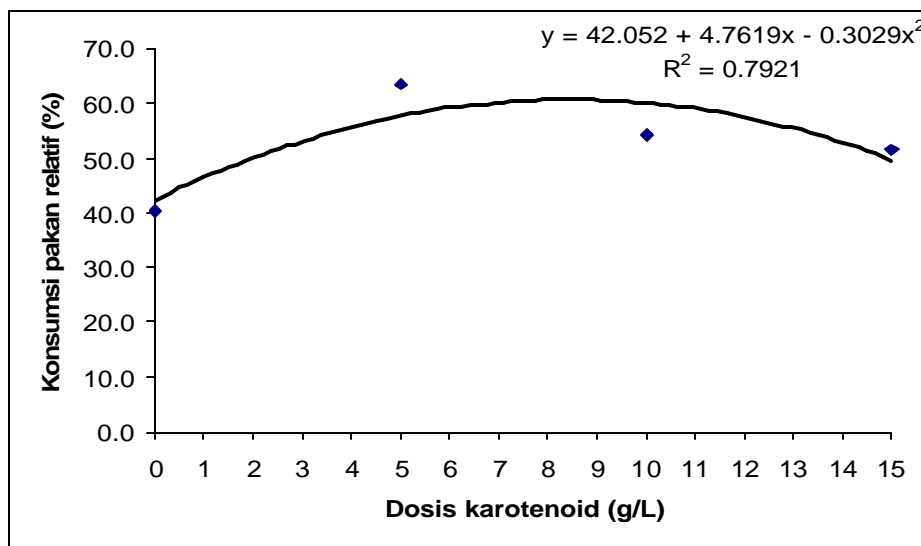
epitelium yang berpigmen, bertanggung jawab pada penglihatan dengan cahaya samar.

Konsumsi pakan relatif larva tertinggi dihasilkan pada perlakuan B (5,0 g/L). Hal ini diduga perkembangan organ mata pada perlakuan tersebut relatif lebih baik dibanding perlakuan lain. Dengan demikian, daya pemangsaan larva terhadap pakan lebih banyak. Dosis 5,0 g/L emulsi karotenid ini diduga sesuai dengan kebutuhan larva akan karotenoid yang fungsinya antara lain sebagai pro-vitamin A yang berperan pada penglihatan, daya tahan tubuh dan pertumbuhan. Menurut Czeezuga (1979) dan Shimizu *et al.* (1981), setelah larva mengkonsumsi pakan yang mengandung karotenoid, selanjutnya akan disintesa dalam tubuh menjadi beberapa senyawa penting diantaranya vitamin A. Namun kebutuhan larva terhadap Vitamin A terbatas sesuai kebutuhannya sehingga dosis karotenoid yang diberikan harus sesuai kebutuhannya. Meyers dan Latscha (1997) mengemukakan bahwa meskipun karotenoid dikonversi menjadi vitamin A dalam tubuh, namun jika dosisnya melebihi kebutuhannya dapat menyebabkan reaksi toksik.

Sebaliknya pada perlakuan A dan E, terlihat bahwa konsumsi larva terhadap pakan yang diberikan sangat rendah. Hal ini diduga dosis karotenoid perlakuan tersebut kurang memenuhi kebutuhan larva, akibatnya perkembangan fungsi organ mata larva juga sangat lambat, sehingga secara visual larva sulit memangsa pakan dalam jumlah yang banyak. Karim (2006) mengemukakan bahwa pada stadia awal, larva

masih berada dalam proses organogenesis, organ mata belum terbentuk sempurna sehingga diperlukan suplementasi nutrisi yang berkualitas untuk membantu penyempurnaan fungsi organ mata tersebut.

Hubungan antara dosis pengkayaan karotenoid dengan konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau disajikan pada Gambar 13



Gambar 13. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*)

Gambar 13 di atas menunjukkan bahwa ada korelasi antara dosis emulsi karotenoid dengan konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*). Dari persamaan regresi $Y = 42,052 + 4,7619x - 0,3029x^2$; $R^2 = 0,7921$, dapat diprediksi bahwa konsumsi pakan relatif maksimum sebesar 61,07 ppm dicapai pada dosis optimal karotenoid sebesar 7,86 g/L.

C. Kandungan karotenoid Larva Kepiting Bakau (*S. olivacea*)

Sebagaimana hewan laut lainnya, larva kepiting bakau membutuhkan pakan yang berkualitas untuk mempertahankan eksistensi hidup dan pertumbuhannya. Pengkayaan pakan hidup (rotifer dan nauplius *Artemia*) dengan menggunakan karotenoid terbukti dapat meningkatkan kandungan karotenoid tubuh larva yang mengkonsumsi pakan hasil pengkayaan.

Rata-rata kandungan karotenoid larva setelah mengkonsumsi pakan yang diperkaya dengan karotenoid disajikan pada Tabel 3 dan Lampiran 14 dan 15.

Tabel 3. Rata-rata kandungan karotenoid larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setelah mengkonsumsi pakan yang diperkaya dengan emulsi karotenoid pada setiap perlakuan

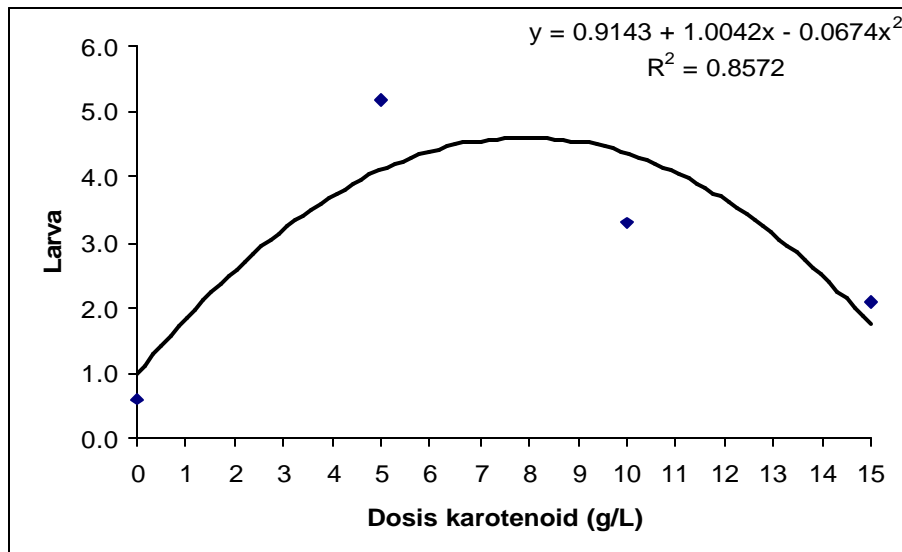
Perlakuan	Karotenoid larva kepiting bakau (ppm)
A (0,00 g/L)	0,61 ± 0,10 ^e
B (5,00 g/L)	5,17 ± 0,22 ^a
C (10,0 g/L)	3,29 ± 0,07 ^b
D (15,0 g/L)	2,09 ± 0,08 ^d
E(Minyak Ikan)	1,12 ± 0,07 ^c

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan pada taraf 5% ($p < 0,05$)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dosis pengkayaan emulsi karotenoid berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kandungan karotenoid larva (Lampiran 16). Selanjutnya hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata ($p < 0,05$) antara semua perlakuan (Lampiran 17). Perbedaan-perbedaan tersebut disebabkan tingkat konsumsi pakan relatif larva yang berbeda. Tingginya kandungan

karotenoid larva pada dosis 5,0 g/L disebabkan jumlah pakan yang dikonsumsi larva lebih banyak, sehingga ketersediaan karotenoid dalam tubuh larva juga tinggi. Sebaliknya rendahnya kandungan karotenoid dalam tubuh larva pada dosis 15,0 g/L, yakni hanya sebesar 1,12 ppm diduga akibat tingkat konsumsi pakan oleh larva rendah. Fujaya (2003) mengemukakan bahwa larva krustase (udang dan kepiting) secara alami akan mengkonversi karotenoid kedalam tubuhnya sesuai kebutuhannya dan akan menghentikannya saat tubuh telah mencukupi kebutuhannya.

Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid larva kepiting bakau berpola kuadratik dan disajikan pada Gambar 14



Gambar 14. Hubungan antara dosis pengkayaan dengan kandungan karotenoid larva kepiting bakau (*S.olivacea*)

Berdasarkan persamaan regresi, $Y = 0,9143 + 1,0042x - 0,0674x^2$; $R^2 = 0,8572$, menggambarkan korelasi yang kuat antara dosis pengkayaan karotenoid dengan jumlah karotenoid yang dikandung tubuh larva kepiting bakau. Dari persamaan tersebut dapat diprediksi bahwa dosis optimum yang menghasilkan kandungan karotenoid larva kepiting bakau stadia zoea yang maksimum sebesar 4,65 ppm adalah 7,45 g/L.

D. Sintasan

Sintasan merupakan salah satu gambaran yang dialami organisme sebagai hasil interaksi yang saling mendukung antara lingkungan dan pakan. Sintasan larva kepiting bakau yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid setiap perlakuan disajikan pada Tabel 4 dan Lampiran 18 dan 19.

Tabel 4. Rata-rata sintasan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) stadia zoea setiap perlakuan pada akhir penelitian

Perlakuan	Sintasan (%)
A (0,00 g/L)	18,80 ± 6,83 ^b
B (5,00 g/L)	49,07 ± 3,26 ^a
C (10,0 g/L)	25,33 ± 8,04 ^b
D (15,0 g/L)	25,07 ± 13,42 ^b
E(Minyak Ikan)	23,20 ± 5,00 ^b

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antar perlakuan pada taraf 5% ($P > 0,05$)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada pakan alami berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap sintasan larva kepiting bakau (Lampiran 20). Selanjutnya hasil uji lanjut Tukey (Lampiran 21) menunjukkan bahwa dosis 5,0 g/L

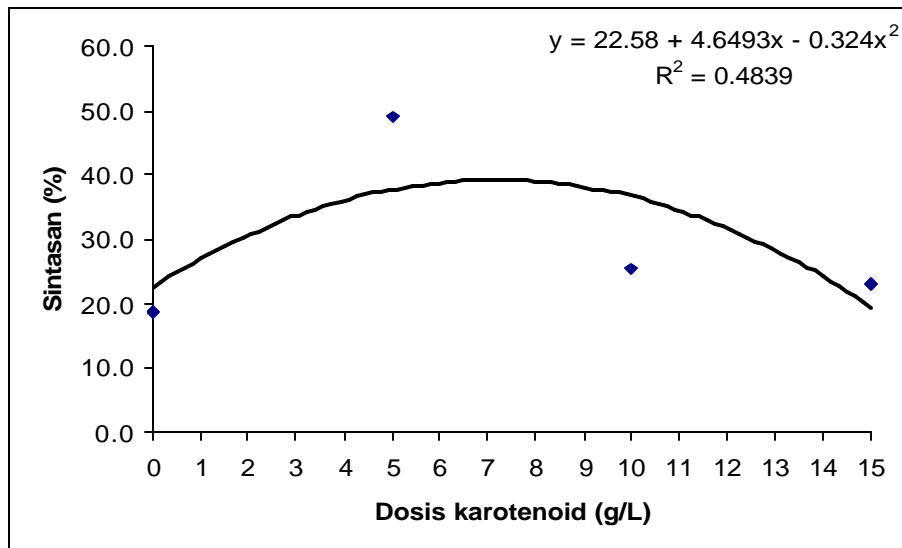
(perlakuan B) berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan semua dosis emulsi karotenoid yang dicobakan, akan tetapi antara dosis emulsi karotenoid pada perlakuan A, C, D dan E tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($p > 0,05$). Perbedaan sintasan ini dipengaruhi oleh ketersediaan energi dalam tubuh larva sebagai implikasi dari tingkat konsumsi larva terhadap pakan yang diberikan.

Tingginya sintasan larva kepiting bakau yang dihasilkan pada perlakuan B (5,0 g/L), erat kaitannya dengan tingginya pakan yang dikonsumsi larva dan ketersediaan karotenoid yang cukup sebagai sumber steroid dan sterol yang berperan dalam proses metamorfosis (*moulting*) dan pertumbuhan. Semakin tinggi pakan yang dikonsumsi larva maka ketersediaan energi dalam tubuh larva juga tinggi sehingga mendukung berbagai proses fisiologi pada larva seperti: proses metamorfosis (*moulting*) untuk tumbuh, yang merupakan proses tersulit dihadapi larva.

Rendahnya sintasan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) pada perlakuan A (kontrol), yakni sebesar 18,80 ppm disebabkan kandungan karotenoid pakan yang dikonsumsi oleh larva rendah. Fujaya *et al.* (2002) menyatakan bahwa larva kepiting bakau yang mengkonsumsi pakan yang telah diperkaya dengan minyak ikan kaya karotenoid secara nyata meningkatkan sintasan dan pertumbuhan serta memperlihatkan daya tahan tubuh yang lebih tinggi dibanding larva kepiting yang mengkonsumsi pakan tanpa pengkayaan.

Pada penelitian sebelumnya, sintasan yang diperoleh Fujaya *et al.* (2002) dengan menggunakan emulsi karotenoid hasil isolasi dari limbah udang sebagai bahan pengkaya pakan hidup, tertinggi dihasilkan 25,67% dengan dosis 10 g/L. Perbedaan ini diduga disebabkan perbedaan dominasi komposisi karotenoid yang dikandung oleh limbah udang dengan cangkang kepiting. Karotenoprotein pada limbah udang didominasi oleh astaxanthin sedang pada cangkang kepiting karotenoproteinnya selain didominasi oleh canthaxantin, juga mengandung astacene, lutein, zeaxanthin larva yang sangat besar peranannya dalam menunjang kehidupan larva. Shahidi dan Synowiecki (1991) dan Chien dan Jeng (1992) mengemukakan bahwa cangkang kepiting non ekonomis merupakan sumber karotenoid penting. Hal ini disebabkan unsur-unsur penyusunnya terdiri atas senyawa-senyawa kelompok xantophil yang didominasi oleh canthaxantin, astacene, lutein dan zeaxanthin yang turunannya menghasilkan berbagai zat dan vitamin yang berperan penting menunjang kehidupan dan proses-proses fisiologis larva misalnya untuk pernapasan, bergerak, tumbuh, berkembang dan makan. Sementara itu Karim (2000) dan Karim (2003) memperoleh sintasan larva kepiting bakau (*S. serrata*) berkisar 18,00% sampai 27,13% pada pemeliharaan larva dengan pemberian pakan alami hasil pengkayaan menggunakan asam lemak ? 3 (HUFA).

Hubungan antara dosis pengkayaan emulsi karotenoid dan sintasan larva kepiting bakau disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan antara kandungan karotenoid pada Pakan alami dengan sintasan larva kepiting bakau (*S. olivacea*)

Persamaan regresi, $Y = 22,58 + 4,6493x - 0,324x^2$; $R^2 = 0,4839$, pada Gambar 15 di atas, menggambarkan hubungan antara dosis pengkayaan emulsi karotenoid dengan sintasan larva kepiting bakau berpola kuadratik. Berdasarkan persamaan tersebut dapat diprediksi bahwa sintasan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang maksimum sebesar 40,01% dicapai pada dosis optimum yaitu 7,17 g/L.

E. Ketahanan Stres

Ketahanan larva kepiting bakau terhadap stres dievaluasi berdasarkan formula Indeks Stres kumulatif (*Cumulatif Stres Indeks*, CSI). Besarnya nilai indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diperoleh dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 5 dan Lampiran 22 dan 23.

Tabel 5. Rata-rata indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diberi pakan alami hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid

Perlakuan	Indeks stress kumulatif
A (0,00 g/L)	91,00 ± 6,56 ^b
B (5,00 g/L)	77,67 ± 1,53 ^a
C (10,0 g/L)	88,33 ± 1,15 ^b
D (15,0 g/L)	90,00 ± 3,00 ^b
E(Minyak Ikan)	90,67 ± 5,77 ^b

Keterangan : Huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata antara perlakuan pada taraf 5% ($P > 0,05$)

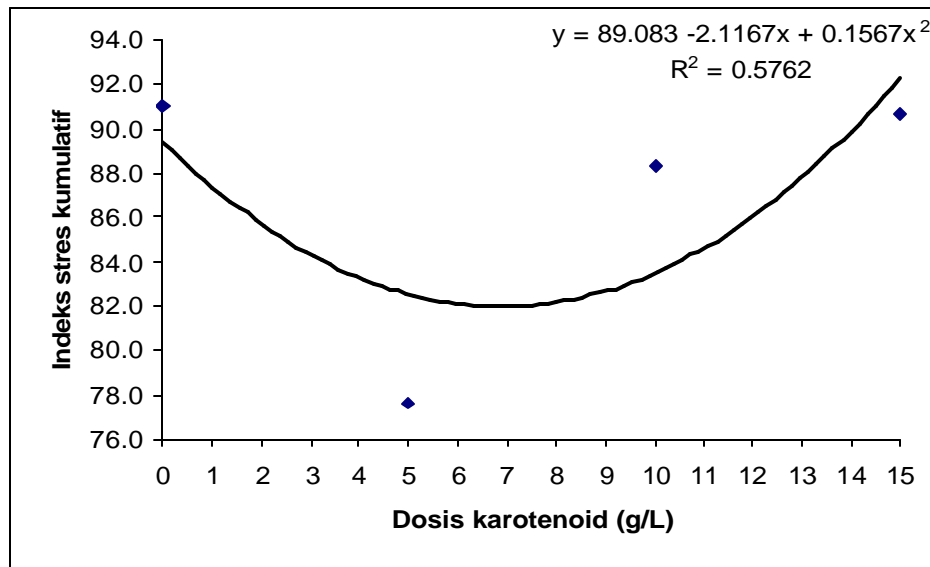
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan dosis pengkayaan pada rotifer dan nauplius *Artemia* berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap tingkat ketahanan stress larva kepiting bakau (*S. olivacea*) (Lampiran 24). Selanjutnya hasil uji lanjut Tukey memperlihatkan bahwa dosis 5,0 g/L (perlakuan B) berbeda nyata ($p < 0,01$) dengan perlakuan A, C, D dan E, akan tetapi antara perlakuan A, C, D dan E tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata (Lampiran 25).

Perbedaan tingkat ketahanan larva terhadap stres sangat dipengaruhi oleh ketersediaan energi dalam tubuh. Tingginya tingkat ketahanan larva terhadap stres pada perlakuan B, diduga disebabkan ketersediaan energi dalam tubuh larva untuk menganulir semua perubahan-perubahan yang terjadi baik di dalam maupun di luar tubuh larva, hal ini berpengaruh pada peningkatan sintasan dan pertumbuhan larva.

Rendahnya tingkat ketahanan stress larva kepiting bakau pada perlakuan A, diduga disebabkan rendahnya kandungan energi dalam

tubuh larva akibat konsumsi pakan yang rendah. Rendahnya konsumsi energi berimplikasi pada tingkat ketahanan larva terhadap stres sehingga larva mengalami gangguan dalam mempertahankan diri dari berbagai perubahan-perubahan baik internal maupun eksternal larva. Pickering (1981) mengemukakan bahwa stres merupakan suatu respon yang terakumulasi akibat adanya stimulasi eksternal organisme akuatik yang mempengaruhi respon fisiologis dan internal organisme itu sendiri. Berbagai faktor yang dapat mempengaruhi timbulnya stres pada organisme diantaranya yang dominan adalah tidak seimbangnya antara energi yang dibutuhkan dengan yang tersedia di lingkungan organisme. Ako *et al.* (1994) mengemukakan bahwa bagi organisme akuatik termasuk kepiting bakau, apabila mengalami stres maka refleksi yang diberikan antara lain adanya perubahan tingkah laku atau pergerakan yang tidak normal, mudah terserang penyakit, penurunan pertumbuhan dan kematian.

Hubungan antara kandungan karotenoid dengan indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) disajikan pada Gambar 15



Gambar 16. Hubungan antara kandungan karotenoid pada rotifer dan nauplius *Artemia* dengan indeks stress kumulatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*)

Hubungan antara dosis pengkayaan pada rotifer dan nauplius *Artemia* dengan indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) berpola kuadratik berdasarkan persamaan regresi pada Gambar 16, $Y = 89,083 - 2,1167x + 0,1567x^2$; $R^2 = 0,5762$. Dari persamaan tersebut, dapat diprediksi bahwa nilai indeks stress kumulatif minimum larva sebesar 81,93 dapat dicapai pada dosis optimum karotenoid sebesar 6,75 g/L.

F. Pertumbuhan

Pertumbuhan panjang tubuh dan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diberi rotifer dan nauplius *Artemia* hasil bioenkapsulasi dengan karotenoid disajikan pada Tabel 6 serta Lampiran 26, 27 dan 28.

Tabel 6. Rata-rata pertumbuhan panjang dan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid

Perlakuan	Pertumbuhan panjang (mm)	Pertumbuhan lebar (mm)
A (0,00 g/L)	0,94 ± 0,09 ^c	0,10 ± 0,02 ^c
B (5,00 g/L)	1,84 ± 0,09 ^a	0,47 ± 0,02 ^a
C (10,0 g/L)	1,38 ± 0,06 ^b	0,27 ± 0,06 ^b
D (15,0 g/L)	1,35 ± 0,20 ^b	0,09 ± 0,20 ^c
E(Minyak Ikan)	1,20 ± 0,10 ^{bc}	0,09 ± 0,01 ^c

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda antar perlakuan pada taraf 5% ($P>0,05$)

Hasil analisis ragam (Lampiran 29 dan 30) kedua variabel tersebut menunjukkan bahwa pemberian pakan alami hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$) terhadap pertumbuhan panjang dan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. olivacea*). Selanjutnya hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa pertumbuhan panjang larva pada perlakuan B berbeda nyata ($p<0,05$) terhadap perlakuan A, C, D dan E, akan tetapi antara perlakuan C dan D tidak berbeda ($p>0,05$). Sementara pertumbuhan lebar karapas, menunjukkan bahwa perlakuan B berbeda nyata ($p<0,05$) terhadap semua perlakuan, akan tetapi antara perlakuan A, D dan E tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata (Lampiran 31).

Tingginya pertumbuhan larva pada perlakuan B, disebabkan tingginya konsumsi pakan relatif larva sehingga dapat meningkatkan kandungan karotenoid larva. Dengan tersedianya karotenoid dalam tubuh larva maka tersedia bahan baku untuk disintesa menjadi senyawa-senyawa penting dalam menunjang berbagai aktifitas hidup larva

termasuk untuk tumbuh dan berkembang. Dosis karotenoid yang melebihi kebutuhan larva juga dapat berakibat pada menurunnya sintasan dan pertumbuhan larva. Meyers dan Latscha (1997) mengemukakan bahwa karotenoid merupakan substansi penting yang harus terdapat dalam pakan, namun ketersediaannya tetap dalam kondisi optimal.

Tingginya konsumsi pakan, mendorong tersedianya energi yang cukup bagi larva untuk pemenuhan kebutuhan dasar dan pemeliharaan membran sel tubuh sehingga larva dapat memacu pertumbuhannya. Fujaya (2004) mengemukakan bahwa sebagian besar energi dari pakan digunakan untuk metabolisme basal (pemeliharaan), kemudian sisanya digunakan untuk aktivitas, pertumbuhan dan reproduksi. Energi juga dibutuhkan dalam proses anabolisme (suatu proses yang membutuhkan energi, yakni proses sintesis senyawa kecil menjadi molekul yang lebih besar seperti asam amino menjadi protein) dan metabolisme. Oleh sebab itu, ketersediaan energi yang cukup, sangat diperlukan organisme untuk mencapai sintasan dan pertumbuhan yang tinggi.

Rendahnya pertumbuhan larva kepiting bakau yang dihasilkan pada perlakuan A (tanpa pengkayaan) diduga ketersediaan karotenoid dalam tubuh larva sangat rendah sehingga tidak memenuhi kebutuhan larva. Fujaya *et al.* (2002) mengemukakan bahwa kekurangan karotenoid sebagai sumber berbagai senyawa dan vitamin, terutama vitamin A dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan dan daya sintasan larva ikan dan krustase. Hamre *et al.* (2008) mengemukakan bahwa karotenoid

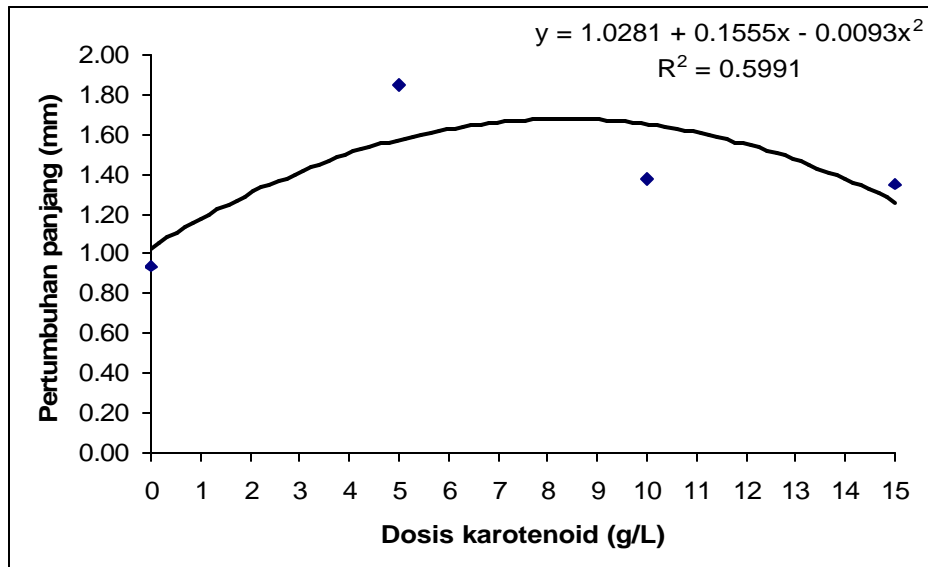
merupakan salah satu nutrisi esensial yang dibutuhkan oleh semua organisme akuatik dan ada pada makanan minimal sebesar 10 ppm.

Pertumbuhan suatu organisme hidup dapat diindikasikan sebagai salah satu parameter yang dapat memperlihatkan eksistensi hidup yang nyata dari organisme itu. Seperti halnya pada larva kepiting bakau, pertumbuhan dapat diimplikasikan pada keberhasilan larva tersebut melalui tahapan-tahapan siklus hidupnya dengan baik dan optimal. Setiap tahapan dapat dibedakan dengan adanya penambahan atau perkembangan organ-organ tubuh baik yang menunjang pergerakan, maupun untuk aktivitas makan. Keberhasilan larva melalui tahapan tersebut, diduga ketersediaan energi dalam tubuh sebagai hasil interaksi antara kualitas pakan, kandungan karotenoid yang tepat dan konsumsi pakan larva. Mardjono *et al.* (1994) mengemukakan bahwa larva kepiting mengalami enam kali metamorfosa sebelum mencapai kepiting muda. Dalam proses metamorfosa tersebut, larva memerlukan energi dan ketahanan tubuh yang besar untuk mencapai penambahan dan perkembangan organ tubuh yang maksimal.

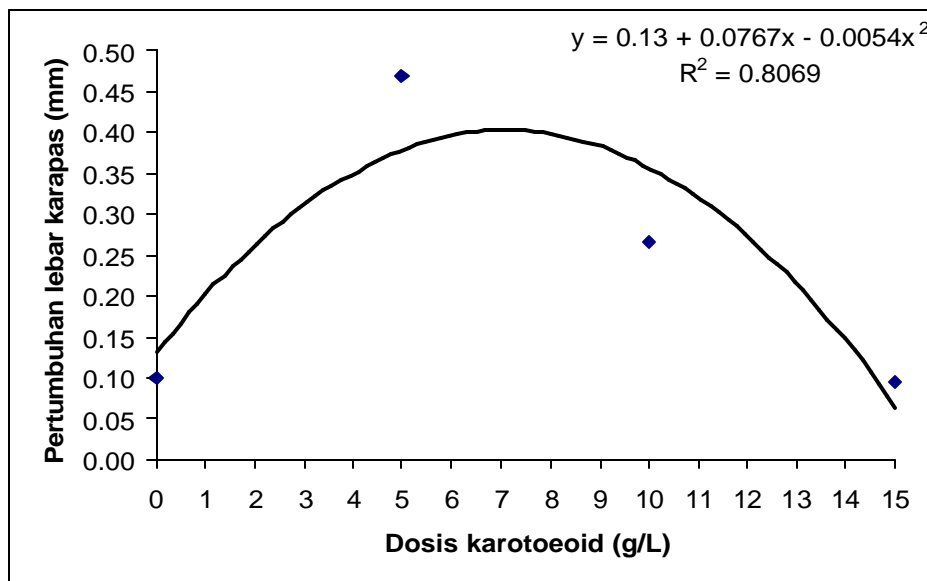
Ketersediaan karotenoid dalam tubuh akan disintesis menjadi senyawa-senyawa penting yang menunjang berbagai aktivitas hidup larva kepiting bakau yang dipelihara. Oleh sebab itu, terpenuhinya kebutuhan larva akan karotenoid maka sintasan dan pertumbuhan larva dapat maksimal. Czezug (1979) dan Shimizu *et al.* (1981) mengemukakan bahwa karotenoid merupakan pigmen potensial mengandung senyawa

yang setelah disintesis dalam tubuh organisme akan menghasilkan berbagai senyawa seperti, steroid, sterol, dan vitamin A. Vitamin A berperan penting dalam penglihatan, serta menunjang berbagai fungsi fisiologis misalnya dalam proses respirasi, metamorfosis (*moulting*), pertumbuhan dan ketahanan terhadap penyakit. Selain itu peran vitamin A yang tak kalah pentingnya dalam hal ini adalah sebagai antioksidan, sehingga asam-asam lemak yang terdapat dalam tubuh larva tidak mudah teroksidasi dan dapat berfungsi maksimal dalam meningkatkan sintasan dan pertumbuhannya. Fujaya *et al.* (2002) mengemukakan bahwa penambahan karotenoid ke dalam pakan larva merupakan salah satu cara pencegahan infeksi parasit dari dalam tubuh larva itu sendiri, sehingga dapat menunjang pertumbuhan kulit dan mukosa secara normal.

Hubungan antara dosis pengkayaan karotenoid dengan pertumbuhan panjang dan lebar karapas larva kepiting bakau disajikan pada Gambar 17 dan 18.



Gambar 17. Hubungan antara dosis pengkayaan emulsi karotenoid dengan pertumbuhan panjang larva kepiting bakau (*S. olivacea*)



Gambar 18. Hubungan antara dosis pengkayaan emulsi karotenoid dengan pertumbuhan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. olivacea*)

Gambar 17 dan 18 di atas menunjukkan hubungan dosis pengkayaan (X) dengan pertumbuhan panjang (Y_1) dan lebar karapas (Y_2) larva kepiting bakau (*S. olivacea*) berpola kuadrat dengan persamaan regresi $Y_1 = 1,0281 + 0,1555x - 0,0093x^2$; $R^2 = 0,5991$, dan $Y_2 = 0,13 + 0,0767x - 0,0054x^2$; $R^2 = 0,8069$. Berdasarkan persamaan regresi tersebut dapat diprediksi bahwa dosis karotenoid optimum yang menghasilkan pertumbuhan panjang dan lebar karapas maksimum adalah masing-masing 1,68 mm dan 0,40 mm, dapat dicapai pada dosis optimal karotenoid sebesar 8,36 g/L dan 7,10 g/L.

G. Kualitas Air

Selain pakan yang dikonsumsi, kualitas air media pemeliharaan berperan penting dalam menopang kehidupan dan perkembangan larva. Selama penelitian berlangsung dilakukan pengukuran parameter fisika-kimia air media pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. olivacea*), meliputi: suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut dan amoniak (Lampiran 32).

Suhu air dapat mempengaruhi berbagai fungsi metabolisme dari organisme akuatik. Suhu air selama penelitian berkisar 29,5 – 30,8°C. Kisaran ini masih berada dalam rentang yang layak untuk kehidupan larva kepiting bakau (*S. olivacea*). Mardjono *et al* (1994) mengemukakan bahwa suhu yang baik untuk pemeliharaan larva kepiting bakau berkisar 24 – 31°C.

Salinitas air media selama penelitian berkisar 27,0 – 29,0 ppt. Menurut Mardjono *et al.* (1994) dan Yunus *et al.* (1996), salinitas yang optimum untuk pemeliharaan larva kepiting bakau *S. serrata* berkisar 30 - 35 ppt, selanjutnya Rusdi (2007) mendapatkan salinitas yang optimum untuk larva *S. olivacea* berkisar 26,61 – 27,81 ppt.

Kisaran pH untuk semua perlakuan selama penelitian adalah 7,1 – 8,0. Nilai ini masih dalam batas yang layak untuk kehidupan larva kepiting bakau. Menurut Hoang (1999) dan Rusdi *et al.* (1999), larva kepiting bakau sebaiknya dipelihara pada media dengan kisaran pH 7,5 – 8,5.

Kandungan oksigen terlarut selama penelitian berkisar antara 4,2 – 5,6 ppm. Nilai kisaran ini masih dalam rentang yang layak bagi kehidupan maupun pertumbuhan larva kepiting bakau. Menurut Cheng *et al.* (2003), secara umum kebutuhan minimum oksigen terlarut dari organisme akuatik adalah 3 ppm. Kandungan oksigen terlarut yang rendah (< 3 ppm) akan menyebabkan nafsu makan organisme akuatik menurun dan berpengaruh terhadap tingkah laku dan proses fisiologis.

Kadar amoniak juga masih berada dalam kisaran layak bagi kehidupan dan pertumbuhan larva kepiting bakau yakni berkisar antara 0,001 sampai 0,420 ppm. Karim (2000) dan Ruscoe *et al.* (2004) mengemukakan bahwa amonia bersifat toksik sehingga dalam konsentrasi yang tinggi dapat meracuni organisme. Oleh sebab itu kadar amoniak sebaiknya tidak lebih dari 0,1 ppm.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hal-hal yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Pengkayaan rotifer dosis 10,55 g/L dan nauplius *Artemia* dosis 10,07 g/L dengan menggunakan emulsi karotenoid dari cangkang kepiting non ekonomis optimal meningkatkan kandungan karotenoid dalam tubuh rotifer dan nauplius *Artemia*.
2. Penggunaan rotifer dan nauplius *Artemia* yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid dosis 7,17 g/L optimal meningkatkan sintasan. Selanjutnya dosis optimal untuk menghasilkan pertumbuhan panjang tubuh dan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. olivacea*) stadia zoea berkisar 7,10 g/L - 8,36 g/L

B. Saran

Penggunaan rotifer dan nauplius *Artemia* dalam pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) perlu diperkaya dengan karotenoid dosis 7,10 g/L – 8,36 g/L sebelum diberikan ke larva.

DAFTAR PUSTAKA

- Ako, H., C.S. Tamara, P. Bass, and C.S. Lee. 1994. Enhancing the resistance to physical stress in larvae of *Mugil shephalus* by the feeding of enriched *Artemia* Nauplii. *Aquaculture*, 122 : 81-90.
- Anwar, H.M. dan W.G. Piliang. 1992. Biokimia dan fisiologi gizi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 153 hal.
- Borner, C.E and D.E. Lonclin., 1981. Food Consumption and Growth of Juvenil Lobster. *Aquaculture*, 24 : 285 – 300.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Birmingham publishing Co. Alabama.
- Cabello, M.A., J.P.Michel and P.M.Hopkins. (2002). Bioactive roles of carotenoids and retinoids in crustaceans. *Aquaculture Nutrition*, Vol: 229-309.
- Chien, Y.H. and S.C.Jeng, 1992. Pigmentation of kuruma prawn, *Penaeus japonicus* Bate, by various pigment sources and levels and feeding regimens. *Aquaculture*, 102 : 333-46.
- Chen, H. M and S. P. Meyers. 1982. Extraction of astaxanthin pigment from crawfish waste using a soy oil Press. *J. of Food Sci.*, 47:892-896.
- Cheng, W., Liu, and C.M Kuo. 2003. Effect of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 220: 843-856.
- Craik, J.C.A., 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. *Aquaculture*, 47:61-88.
- Czeczuga, B. 1979. Carotenoids in fish. XX. Carotenoid in *Salmo gairdneri* Rich and *Salmo trutta* morpha fario L. *Hydrobiologia*, 64:251-9.
- Davis, B.H. 1985. Carotenoid metabolism in animal. A biochemist's view pure. *Appl. Chem*, p : 57.

- Effendy, S., Sudirman, Faidar dan E, Nurcahyono., 2005. Penggunaan rotifer dan artemia yang diperkaya pada pemeliharaan larva kepiting bakau (*Scylla olivacea*) Herbs. Laporan perekayasaan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Budidaya Air Payau, Takalar hal 3; 6-8.
- Fernandez-Reiriz. M.J., U.Labarta and M.J. Ferreiro. 1993. Effect of commercial enrichment diet on the nutritional value of the rotifer (*Branchionus plicatilis*). *Aquaculture*, 112: 195-206.
- Fujaya, Y., M. Y. Karim, S. Sampelling, dan H. Juddawi. 2002. Sintasan larva kepiting bakau (*Scylla serrata* Forsskal) yang diberi pakan alami hasil bioenkapsulasi karotenoid yang diisolasi dari limbah cold storage udang. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian UNHAS-BPTP, Makassar.
- Fujaya, Y., M. Y. Karim, H.Y. Azis dan Rahmi. 2003. Kandungan asam lemak dan karotenoid minyak hati ikan setelah ekstraksi kulit udang pada suhu berbeda. *Torani, Jurnal Ilmu Kelautan*, Vol. 13 (1): 51 – 56.
- Fujaya, Y., 2004. *Fisiologi Ikan: Dasar pengembangan teknologi perikanan*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, hal 179: 131-136.
- Hamre, K, A. Srivastava, I. Ronnestad, A, Mangor-Jensen, and J. Stoss. 2008. Several micronutrients in the rotifer *Branchionus* sp. May not fulfil the nutritional requirements of marine fish larvae. *Article. Aquaculture Nutrition*.
- Hoang, D.D. 1999. Preliminary studies on rearing the larvae of the mud crab (*Scylla paramamosain*) in South Vietnam. In Keenan, C.P. and A. Blackshaws (Eds). *Mud crab Aquaculture and Biology*. Proceedings of an International Scientific Forum Held in Darwin, Australia, 21 – 24 April 1997., pp. 147-152.
- Huynh, M.S. and R. Fotedar. 2004. Growth, survival, haemolymph osmolality and organosomatic indices of the Western King Prawn (*Penaeus laticulatus*) Kihinouye, 1896) Reared at different salinities. *Aquaculture*, 234 : 601 – 614.
- Isnansetyo dan Kurniastuty. 1995. *Teknik kultur phytoplankton dan zooplankton*. Penerbit Kanisius, Jakarta.
- Jantrarotai, P., K. Taweechuer and K. Pripanapong. 2002. Salinity levels on survival rate and development of mud crab (*Scylla olivacea*) from zoea to megalopa and from megalopa to crab stage. *Kasetsort J (Naf. Sci)*, 36 : 278 – 284.

- Kanazawa, A. 1985. Nutrition of penaeid prawns and shrimp, p 121-130. In. Y. Taki, J. H. Primavera and J. A. Llobrera (Eds). Proceeding of the first international conference on the culture of penaeid prawn/shrimp. Aquacul. Dept., SEAFDEC, Iloilo, Philippines.
- Karim, M.Y. 2000. Kelangsungan hidup, pertumbuhan dan ketahanan stres larva kepiting bakau (*Scylla serrata*) yang diberi pakan rotifer (*Branchionus plicatilis*) hasil bioenkapsulasi dengan asam lemak ?-3 HUFA. Bul. Ilmu Peternakan dan Perikanan., vol VI (1) : 77 – 86.
- Karim, M.Y. 2006. Respon fisiologis larva kepiting bakau (*Scylla serrata* Forskal) yang diberi nauplius *Artemia* hasil bioenkapsulasi dengan asam lemak ?-3 HUFA. Protein. Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan dan Perikanan, Vol. 13 (1) : 70– 76.
- Karim, M.Y., H.Y. Azis dan Afriani, 2003. Vitalitas larva kepiting bakau (*Scylla serrata* Forskal) yang dipelihara pada berbagai kondisi pencahayaan. Jurnal Ilmiah Bumi Kita. Vol 2 (3) : 116 – 120.
- Keenan, C.P., F. Davie and D.L. Mann. 1998. A revision of the genus *Scylla* de Haan, 1883. Raffles Bull. Zool., 46 (1) : 217 – 245.
- Kitahara, T. 1983. Behaviour of carotenoids in the chum salmon during anadromous migration. Comp. Biochem. Physio. 76B : 97– 101.
- Lattscha, T. 1990. Carotenoid-their nature and significance in animal feeds. Department of Animal Nutrition and Health. F. Hoffman La Roche Ltd. Baselk, Switzerland. 110 p.
- Lavina , F. 1980. Notes on the biology and aquaculture of *Scylla serrata*. SEAFDEC Dept., Iloilo, Phillipenes. 39 p.
- Lightner, V.D. and T.A, Bell., 1995. A handbook of normal penaeid shrimp histology. University of Arizona environmental research laboratory 2601 E. Airport drive Tucson, Arozona 85706, USA. Aquaculture depelopment program. Departement of land and natural resources state of Hawaii. World aquaculture society pp; 1 – 10p.
- Mappiratu. 1990. Produksi beta karoten pada limbah cair tapioca dengan kapang oncom merah. Thesis Fakultas Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Mardjono, M., Anindiastuti, N. Hamid, I. S. Djunaidah dan W. H. Satyantani. 1994. Pedoman pembenihan kepiting bakau (*Scylla*

- serrata*). Direktorat Jenderal Perikanan, Balai Budidaya Air Payau, Jepara. 40 hal.
- Metusalach. 2002. Enrichment of live feeds with various oil emulsion: Effect on yellowtail larvae, and on rotifer and *Artemia*. Ph.D. Thesis, Memorial University of Newfoundland, St. John's, Canada. 237 .
- Metusalach, J.A. Brown and F. Shahidi. 1997. Effects of stocking density on colour characteristics and deposition in cultured arctic charr (*Salvelinus alpinus* L). *Aquaculture*, 142:99-106.
- Meyers, S.P dan T. Latscha, 1997. Carotenoid : Crustacean nutrition. *World Aquaculture*, 6 : 321 – 327.
- Motoh, H. 1977. Biological synopsis of alimango, Genus *Scylla*. *Quart. Res. Rep/ SEAFDEC*, 3 : 136-15.
- Muller, R.K., K. Bemhard, H. Meyer, A. Ruttiman, dan M.Vecchi. 1980. Beitrag zur analitik and synthese von 3-hydroxy-4-oxocarotenoiden. *Helv. Chim. Acta*, 63:1654-64.
- Millamena, O. M. and E. Qunitio. 2000. The effect of diet on reproductive performance of eyestalk and intact mud crab, *Scylla serrata*. *Aquaculture* 181 :81-90.
- Pickering, A.D. 1981. Introduction : The concept of biological stress. pp :1 – 10. In Pickering, A.D. *Stress and Fish*. Academic Press, New York.
- Ress, J. F., K. Cure, S. Piyatiratitivorakul, P. Sorgelos and P. Menasveta. 1994. Highly Unsaturated Fatty Acid Requirements of *Penaeus monodon* Postlarvae : An experimental approach based on *Artemia* enrichment. *Aquaculture*, 122 : 193 -207.
- Rosa, D dan F. Johny. 1999. Penggunaan berbagai fungisida pada Induk Kepiting Bakau (*Scylla serrata* Forsskal pada masa pengeraman telur untuk mencegah infeksi *Legidinum* spp terhadap larvanya. *J. Pen. Perik. Ind.*, 5 (1): 58-63.
- Ruscoe, I.M., G.R, Williams, and C.C, Shelley. 2004. Limiting the use of rotifers to the first zoal stage in mud crab (*Scylla serrata* Forsskal) larval rearing. *Aquaculture*, 231 : 517 – 527.

- Rusdi, I. 2007. Peningkatan sintasan larva kepiting bakau (*Scylla olivacea*) melalui optimalisasi salinitas. Tesis. Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar. 66 hal.
- Rusdi, I., Yunus, dan K, Sugama. 1999. Kajian produksi larva kepiting bakau (*Scylla paramamosain*). Dalam Sudradjat (Eds). Prosiding seminar nasional penelitian dan desiminasi teknologi budidaya laut dan pantai, Jakarta, 2 Desember, hal. 163 -167.
- Saito, A dan W. Regier. 1971. Pigmentation of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean waste. J. Fish. Res.Board Can., 28 : 509-512.
- Shahidi, F. and J. Synowiecki., 1992. Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards. J.Agric. Food Chem., 39: 1527-32.
- Sheen, SS. 2000. Dietary cholesterol requirement of juvenil mud crab *Scylla serrata*. Aquaculture, 189; 277-285
- Shimizu, L., S. Kitabake and M. Kato. 1981. Effect of carotenoid deficiency on phorosentives in the silkworm (*Bombix mori*). J. Insect. Physiol, 27: 593-599.
- Steel, R. G. D., dan J. H. Torrie. 1993. Prinsip dan prosedur statistika. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 748 hal.
- Tacon, A.G.J. 1981. Speculative review of possible carotenoid deficiency on phorosentivities in the silkworm (*Bombyx mori*). J. Insect. Physiol., 27:593-9.
- Takeuchi T. 2000. A Review of studies on the effect of dietary N-3 highly unsaturated fatty acids on larval swimming crab *Portunus trituberculatus* and mud crab *Scylla tranquebarica*. Di dalam: *Proceedings of JSPS-DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area*. Faculty of Fisheries and Marine Sciences -IPB Bogor-Indonesia: 244-247.
- Warner, G.F. 1977. The biology of crabs. Elek Science, London; 202p.
- Watanabe. T. 1993. Importance of docosahexaenoic acid in marine larva fish. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 152-161.

- Wedemeyer, G. A.n and D.J. McLeay. 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressor. pp: 247-276. In Pickering, A.D Stress and Fish. Academic press, New York.
- Wirahadikusuma, M. 1985. Metabolisme energi, karbohidrat dan lipid. Penerbit ITB, Bandung.S
- Yong Fu, A. Hagiwara and K. Hirayama. 1993. Crossing between seven strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis*, Nippon Suisan Gakkaishi, 59 (2): 2009-2016.
- Yunus, K., Suwiry, Kasprijo., dan I. Setyadi. 1996. Pengaruh pengkayaan rotifer (*Brachionus plicatilis*) dengan menggunakan minyak hati ikan cod terhadap sintasan larva kepiting bakau (*Scylla serrata*). Jur. Pen. Perik. Ind., Vol II (3) : 38-45.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode Kultur *Branchionus plicatilis*

Kultur *Branchionus plicatilis* (rotifer) dilakukan dengan menggunakan media alga. Jenis alga yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Chlorella* sp. Adapun prosedur kultur rotifer adalah sebagai berikut :

1. Sebelum kultur rotifer dilakukan, terlebih dahulu disiapkan alga
2. Alga yang berasal dari kultur murni secara laboratorium dipindahkan ke dalam bak besar berkapasitas 2-6 ton dan dipupuk dengan pupuk komersial dosis tertentu. Dalam penelitian ini dosis pupuk yang digunakan adalah : Urea 30 ppm, TSP 30 ppm, EDTA 3-5 ppm, FeCl₃. NPK 20 ppm dan ZA 60 ppm.
3. Rotifer yang dikultur diberi pakan algae berumur yang telah berumur 5 sampai 6 hari
4. Panen rotifer dilakukan setelah 5 hari masa pemeliharaan dengan menggunakan saringan net plankton.

Lampiran 2. Metode Penetasan Kista *Artemia salina*.

1. Wadah Penetasan

Hasil penetasan yang baik dengan kepadatan kista yang tinggi, dapat dicapai bila wadah yang digunakan berbentuk kerucut. Wadah ini bertujuan agar pengaerasian lebih merata dan tidak ada kista yang mengendap di dasar. Wadah yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari ember palstik berkapasitas 20 L. Air yang digunakan bersalinitas 30-35 ppt dengan kepadatan kista 5 g/L air laut. Sebelum ditetaskan terlebih dahulu dilakukan dekapulasi kista *Artemia*.

2. Dekapsulasi

Prosedur dekapulasi kista *Artemia* sebagai berikut :

a. Penentuan bahan-bahan dekapulasi

Bahan yang diperlukan dalam dekapulasi *Artemia* adalah larutan hipoklorit, NaOH 40% dan air laut. Volume bahan yang diperlukan untuk 1 g kista, yaitu :0,5 g bahan aktif hipoklorit; 0,33 mL NaOH 40% dan 14 mL volume total dekapulasi. Jadi untuk 1 g kista dibutuhkan air laut = 14 mL – (volume klorin + volume NaOH). Dalam penelitian ini digunakan chlorine 12% yang berarti mengandung 120 g/L bahan aktif.

b. Perendaman kista

Proses pengelupasan cangkang (khorion) akan berhasil baik apabila dalam keadaan basah dan mengembang. Oleh sebab itu, sebelum didekapsulasi kista perlu direndam dalam air tawar \pm 1 jam untuk mencapai metabolisme yang sempurna. Metabolisme ini dibutuhkan untuk awal proses penetasan. Setelah itu kista dipindahkan ke wadah air laut direndam selama \pm 2 jam, dan selama perendaman kista berlangsung dilakukan pengaerasian. Apabila perendaman kista telah selesai, kista dipanen dengan selang sedotan dan disaring dengan saringan berukuran 120 μ .

c. Dekapsulasi kista

Kista *Artemia* yang telah direndam dimasukkan dalam larutan dekapsulasi yang telah ditentukan volumenya (butir a) sambil terus dilakukan pengadukan. Dalam beberapa menit reaksi yang eksotermik (menghasilkan panas) akan terjadi, ditandai dengan berbusanya larutan dekapsulasi dan kista mengalami perubahan warna dari coklat menjadi abu-abu dan akhirnya berwarna oranye. Hal ini menunjukkan bahwa cangkang (chorion) telah terkelupas. Suhu larutan dekapsulasi tidak boleh melebihi 40°C sebab dapat mematikan embrio. Jika suhu melebihi 40°C maka harus ditambahkan es yang telah dibungkus dengan plastik. Proses dekapsulasi ini akan berlangsung selama 5 sampai 15 menit.

Apabila kista telah berubah warna menjadi oranye, maka dekapsulasi segera dihentikan selanjutnya dilakukan pencucian terhadap kista dengan menggunakan air bersih dalam saringan yang berukuran 120 μ sampai bau khlorin hilang. Untuk menghilangkan sisa dan bau khlorin maka kista hasil dekapsulasi yang telah dicuci dengan air, dan diberi larutan penetral, yaitu larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 1% sebanyak 0,5 mL dan dicuci kembali.

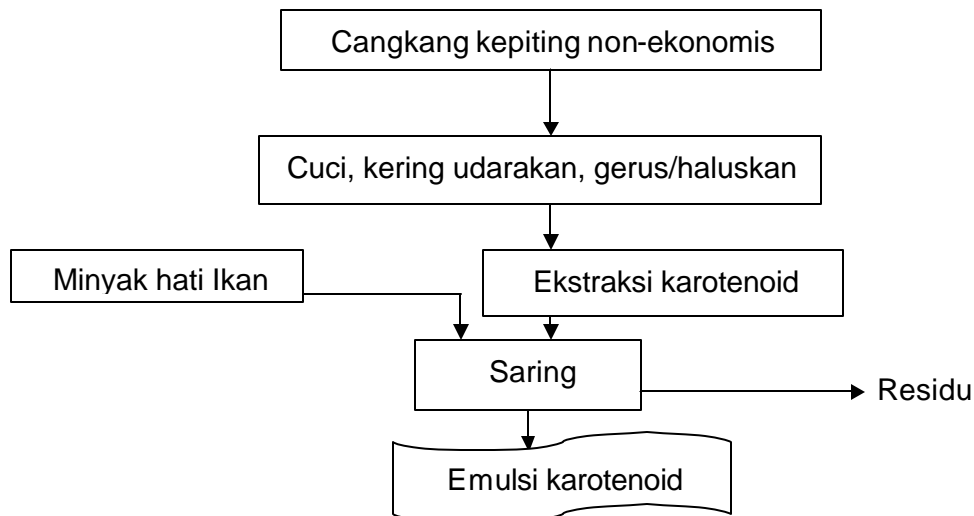
d. Penggunaan kista

Kista yang telah dicuci bersih dapat langsung ditetaskan atau disimpan dalam lemari es (refrigerator) pada suhu 4°C sampai beberapa hari. Untuk penetasan dilakukan pada wadah yang sama (wadah kerucut), diaerasi dalam air laut salinitas 30 – 35 ppt selama \pm 24 jam. Embrio dipanen dengan saringan 120 μ , selanjutnya siap diperkaya sesuai perlakuan dalam penelitian ini.

Lampiran 3. Metode Ekstraksi dan Analisis Kandungan karotenoid pakan alami dan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) serta analisis kandungan karotenoid minyak ikan

A. Metode Ekstraksi Karotenoid

Ekstraksi karotenoid dari kepiting non ekonomis mengikuti petunjuk Shahidi dan Synowiecki (2002) yakni : Cangkang kepiting dicuci bersih kemudian dikering udarakan, lalu dihaluskan dengan menggunakan blender. Cangkang yang telah halus, dicampur minyak ikan dengan ratio 1 : 4, lalu diagitasi. Campuran ini lalu dipanaskan dalam oven pada temperatur 60°C selama 2 sampai 3 jam. Proses selanjutnya, campuran disaring dengan menggunakan pompa vacuum dan kertas saring Whatman No. 42 untuk memisahkan antara residu dengan larutan emulsi. Hasil saringan inilah yang merupakan emulsi karotenoid yang akan digunakan sebagai bahan pengkaya pada rotifer dan Artemia.



Gambar 19. Prosedur Produksi Emulsi Karotenoid

B. Metode Analisis Karotenoid Rotifer; Nauplius *Artemia*, dan Larva Kepiting Bakau (*S.olivacea*)

Metode yang digunakan untuk analisis karotenoid setiap jenis sampel pada dasarnya mempunyai prinsip kerja yang sama, didasarkan pada metode yang dikemukakan oleh Metusalach *et al.* (1997). Peralatan utama yang digunakan untuk ekstraksi adalah blender, pompa vakum dan kertas saring. Tahapan prosedur yang dilakukan adalah :

- a. Sampel yang ada dipastikan telah disaring kemudian digerus/dihaluskan dengan menggunakan blender.
- b. Sampel diekstrak dengan menggunakan pelarut aseton (1:4 b/v). Lalu diagitasi (diseker) pada temperatur 60°C dalam ruangan dengan cahaya yang terbatas selama 2 jam.
- c. Hasil ekstraksi disaring menggunakan pompa vakum dan kertas saring Whatman no.42.
- d. Hasil ekstrak yang telah tersaring kemudian diukur volumenya dengan menggunakan gelas ukur. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam tabung untuk disentrifius selama ± 30 menit pada putaran 4000 rpm.
- e. Selanjutnya kandungan pigmen karotenoid dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer pada ? (panjang gelombang) 468 nm untuk mengetahui absorbans yang dikandung sampel tersebut dengan panjang gelombang tersebut.
- f. Selanjutnya total karotenoid hasil ekstraksi diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada ? 468 nm dan dihitung sesuai persamaan Chen dan Meyers (1982) :

$$C_{\text{(ppm)}} = \frac{A_{468\text{nm}} V_{\text{ekstrak}}}{E^{1\%}_{1\text{cm}} \times B_{\text{Sampel}}}$$

Dimana : C = Total kandungan karotenoid (ppm);

A = Absorpsi maksimum pada Panjang Gelombang 468 nm;

V = Volume ekstrak (mL);

E = Koefisien Ekstension (absorpsi) dari 1% standar dalam petroleum ether dan dalam 1 cm tabung kuvet = 0,2

B = Berat sampel yang diekstrak (g berat basah).

C. Metode Analisis Minyak Ikan

Analisis kandungan karotenoid minyak ikan bertujuan untuk mengetahui kandungan karotenoid minyak ikan sebelum digunakan sebagai pengekstrak dan kandungan karotenoid emulsi yang dihasilkan setelah ekstrak. Metode yang digunakan mengikuti petunjuk Saito dan Regier (1971) dengan tahapan prosedur sebagai berikut :

- 1) Sampel minyak ikan baik sebelum maupun sesudah perlakuan ekstraksi dihomogenisasi dengan 10 mL aseton dingin (4°C selama 5 menit)
- 2) Homogenat disaring dengan kertas saring Whatman No. 1
- 3) Residu yang ada diekstrak lagi dengan 15 mL aseton dingin

- 4) Filtrat dikumpulkan dalam labu pemisah, lalu ditambahkan dengan 25 mL petroleum ether sehingga semua karotenoid terlarut dalam petroleum ether
- 5) Untuk memisahkan karotenoid dari aseton dan air, filtrat didiamkan selama ± 10 menit
- 6) Setelah terbentuk dua lapisan yang jelas, lapisan bawah (aseton dan air) dimasukkan dalam erlenmeyer dan lapisan atas (karotenoid dalam petroleum ether) ditampung dalam tabung reaksi 40 mL, minyak yang dihasilkan ditetapkan menjadi 10 mL dalam petroleum ether
- 7) Nilai absorbansi ekstrak diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 468 nm, selanjutnya konsentrasi karotenoid dalam Minyak ikan dihitung menurut persamaan Chen dan Meyers (1982) (rumus telah dijelaskan sebelumnya).

Lampiran 4. Hasil analisis kandungan karotenoid minyak ikan yang digunakan sebagai pengekstrak sebelum dan sesudah ekstraksi

Minyak Ikan	Kandungan karotenoid (ppm)
Sebelum ekstrak	1,54
Sesudah ekstrak	3,30

Lampiran 5. Hasil analisis kandungan karotenoid rotifer, nauplius *Artemia* pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Absorpsi pada panjang gelombang 468 nm		Karotenoid	
	rotifer	Nauplius <i>Artemia</i>	Rotifer	Nauplius <i>Artemia</i>
A1 (0,00 g/L)	0.155	0.729	3.10	14.58
A2 (0,00 g/L)	0.204	0.251	4.08	5.02
A3 (0,00 g/L)	0.279	0.363	5.58	7.26
Rata-rata			4.25	8.95
B1 (5,00 g/L)	0.440	1.056	8.80	21.12
B2 (5,00 g/L)	0.464	1.068	9.28	21.36
B3 (5,00 g/L)	0.480	1.093	9.60	21.86
Rata-rata			9.23	21.45
C1 (10,0 g/L)	0.919	1.216	18.38	24.32
C2 (10,0 g/L)	0.909	1.212	18.18	24.24
C3 (10,0 g/L)	0.814	1.214	16.28	24.28
Rata-rata			17.61	24.28
D1 (15,0 g/L)	0.567	1.056	11.34	21.12
D2 (15,0 g/L)	0.593	0.996	11.86	19.92
D3 (15,0 g/L)	0.656	1.045	13.12	20.9
Rata-rata			12.11	20.65
E1 (MI)	0.406	0.896	8.12	17.92
E2 (MI)	0.320	0.896	6.40	17.92
E3 (MI)	0.414	0.957	8.28	19.14
Rata-rata			7.60	18.33

Keterangan : MI = Minyak Ikan

Lampiran 6. Deskriptif kandungan karotenoid rotifer, nauplius *Artemia* hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan

	Perlakuan	Jumlah Data	Rata-rata	Std Deviasi	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
						Batas Bawah	Batas Atas
Rotifer	A	3	4.2533	1.24905	.72114	1.1505	7.3562
	B	3	9.2267	.40266	.23247	8.2264	10.2269
	C	3	17.6133	1.15902	.66916	14.7342	20.4925
	D	3	12.1067	.91528	.52844	9.8330	14.3803
	E	3	7.6000	1.04231	.60178	5.0108	10.1892
Total		15	10.1600	4.74300	1.22464	7.5334	12.7866
Artemia	A	3	8.9533	4.99989	2.88669	-3.4671	21.3738
	B	3	21.4467	.37754	.21797	20.5088	22.3845
	C	3	24.2800	.11136	.06429	21.7234	22.2766
	D	3	20.6467	.63885	.36884	19.0597	22.2337
	E	3	18.3267	.46145	.26642	8.1604	10.4530
Total		15	16.4707	6.51026	1.68094	12.8654	20.0759

Lampiran 7. Hasil analisis ragam kandungan karotenoid Rotifer yang telah diperkaya dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	304.965	76.241	76.398 **	3,48	5,99
Galat	10	9.979	0,998			
Total	14	314.945				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 8. Hasil analisis ragam kandungan karotenoid nauplius *Artemia* hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	541.819	135.455	26.276 **	3,48	5,99
Galat	10	51.550	5.155			
Total	14	593.369				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 9. Uji Tukey kandungan karotenoid Rotifer, nauplius *Artemia* hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Batas bawah	Batas atas
<i>Artemia</i>	A	B	-12.49333(*)	1.85382	.000	-	-6.3923
		C	-13.04667(*)	1.85382	.000	18.5944	-6.9456
		D	-11.69333(*)	1.85382	.001	-	-5.5923
		E	-.35333	1.85382	1.000	17.7944	5.7477
	B	A	12.49333(*)	1.85382	.000	-6.4544	18.5944
		C	-.55333(*)	1.85382	.998	6.3923	5.5477
		D	.80000	1.85382	.992	-6.6544	6.9011
		E	12.14000(*)	1.85382	.000	-5.3011	18.2411
	C	A	13.04667(*)	1.85382	.000	6.0389	19.1477
		B	.55333	1.85382	.998	6.9456	6.6544
		D	1.35333	1.85382	.944	-5.5477	7.4544
		E	12.69333(*)	1.85382	.000	-4.7477	18.7944
D	A	11.69333(*)	1.85382	.001	6.5923	17.7944	
	B	-.80000	1.85382	.992	5.5923	5.3011	
	C	-1.35333	1.85382	.944	-6.9011	4.7477	
	E	11.34000	1.85382	.001	-7.4544	17.4411	
E	A	.35333	1.85382	1.000	5.2389	6.4544	
	B	-12.14000(*)	1.85382	.000	-5.7477	-6.0389	
	C	-12.69333(*)	1.85382	.000	18.2411	-6.5923	
	D	-11.34000(*)	1.85382	.001	18.7944	-5.2389	

rotifer	A	B	-4.97333(*)	.81566	.001	-7.6577	-2.2889
		C	-13.36000(*)	.81566	.000	-16.0444	-10.6756
		D	-7.85333(*)	.81566	.000	-10.5377	-5.1689
		E	-3.34667(*)	.81566	.014	-6.0311	-.6623
	B	A	4.97333(*)	.81566	.001	2.2889	7.6577
		C	-8.38667(*)	.81566	.000	-11.0711	-5.7023
		D	-2.88000(*)	.81566	.034	-5.5644	-.1956
		E	1.62667	.81566	.334	-1.0577	4.3111
	C	A	13.36000(*)	.81566	.000	10.6756	16.0444
		B	8.38667(*)	.81566	.000	5.7023	11.0711
		D	5.50667(*)	.81566	.000	2.8223	8.1911
		E	10.01333(*)	.81566	.000	7.3289	12.6977
	D	A	7.85333(*)	.81566	.000	5.1689	10.5377
		B	2.88000(*)	.81566	.034	.1956	5.5644
		C	-5.50667(*)	.81566	.000	-8.1911	-2.8223
		E	4.50667(*)	.81566	.002	1.8223	7.1911
	E	A	3.34667(*)	.81566	.014	.6623	6.0311
		B	-1.62667	.81566	.334	-4.3111	1.0577
		C	-10.01333(*)	.81566	.000	-12.6977	-7.3289
		D	-4.50667(*)	.81566	.002	-7.1911	-1.8223
E	A	1.48000(*)	.09996	.000	1.1510	1.8090	
	B	-3.08667(*)	.09996	.000	-3.4156	-2.7577	
	C	-1.20667(*)	.09996	.000	-1.5356	-.8777	
	D	.96667(*)	.09996	.000	.6377	1.2956	

* The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran 10. Hasil perhitungan konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid

Perlakuan	Jumlah Pakan yang Diberikan (ind/mL)	Jumlah Pakan yang Sisa (ind/mL)	Konsumsi Pakan Relatif (%)
A (0.00 g/L)	725	432	0.40
B (5.00 g/L)	725	262	0.64
C (10.00 g/L)	725	331	0.54
D (15.00 g/L)	725	349	0.52
E (MI)	725	382	0.47

Ket : MI = Minyak Ikan

Lampiran 11. Deskriptif konsumsi pakan relatif harian larva kepiting bakau (*S. olivacea*) pada setiap perlakuan

Perlakuan	Jumlah Data	Rata-rata	Std. deviasi	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Batas bawah	Batas atas
A	21	40.2948	9.33436	2.03693	36.0458	44.5437
B	21	63.5605	9.92767	2.16640	59.0415	68.0795
C	21	54.1048	8.87474	1.93663	50.0650	58.1445
D	21	51.5862	9.96637	2.17484	47.0496	56.1228
E	21	47.0748	8.88499	1.93886	43.0304	51.1192
Total	105	51.3242	12.04811	1.17578	48.9926	53.6558

Lampiran 12. Hasil analisis ragam konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setiap perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	6241.890	1560.472	17.624	2,46	3,51
Galat	100	8854.434	88.544			
Total	104	15096.324				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 13. Uji Tukey laju konsumsi pakan relatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setiap perlakuan

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Batas bawah	Batas atas
A	B	-23.26571(*)	2.90393	.000	-31.3333	-15.1981
	C	-13.81000(*)	2.90393	.000	-21.8776	-5.7424
	D	-6.78000	2.90393	.143	-14.8476	1.2876
	E	-11.29143(*)	2.90393	.002	-19.3591	-3.2238
B	A	23.26571(*)	2.90393	.000	15.1981	31.3333
	C	9.45571(*)	2.90393	.013	1.3881	17.5233
	D	16.48571(*)	2.90393	.000	8.4181	24.5533
	E	11.97429(*)	2.90393	.001	3.9067	20.0419
C	A	13.81000(*)	2.90393	.000	5.7424	21.8776
	B	-9.45571(*)	2.90393	.013	-17.5233	-1.3881
	D	7.03000	2.90393	.118	-1.0376	15.0976
	E	2.51857	2.90393	.908	-5.5491	10.5862
D	A	11.29143(*)	2.90393	.002	3.2238	19.3591
	B	-11.97429(*)	2.90393	.001	-20.0419	-3.9067
	C	-2.51857	2.90393	.908	-10.5862	5.5491
	E	4.51143	2.90393	.531	-3.5562	12.5791
E	A	6.78000	2.90393	.143	-1.2876	14.8476
	B	-16.48571(*)	2.90393	.000	-24.5533	-8.4181
	C	-7.03000	2.90393	.118	-15.0976	1.0376
	D	-4.51143	2.90393	.531	-12.5791	3.5562

? The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran 14. Hasil analisis kandungan karotenoid rotifer larva kepiting bakau (*S. Olivacea*) pada berbagai perlakuan

Perlakuan	Absorpsi pada panjang gelombang 468 nm	Karotenoid larva
A1 (0,00 g/L)	0.026	0.52
A2 (0,00 g/L)	0.035	0.70
A3 (0,00 g/L)	0.03	0.60
Rata-rata		0,61
B1 (5,00 g/L)	0.246	4.92
B2 (5,00 g/L)	0.267	5.34
B3 (5,00 g/L)	0.263	5.26
Rata-rata		5,17
C1 (10,0 g/L)	0.168	3.36
C2 (10,0 g/L)	0.161	3.22
C3 (10,0 g/L)	0.165	3.30
Rata-rata		3,29
D1 (15,0 g/L)	0.101	2.02
D2 (15,0 g/L)	0.103	2.06
D3 (15,0 g/L)	0.109	2.18
Rata-rata		2,09
E1 (MI)	0.052	1.04
E2 (MI)	0.059	1.18
E3 (MI)	0.057	1.14
Rata-rata		1,12

Keterangan : MI = Minyak Ikan

Lampiran 15. Deskriptif kandungan karotenoid larva kepiting bakau (*S. Olivacea*) hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbadai perlakuan

Perlakuan	Jumlah Data	Rata-rata	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Batas bawah	Batas atas
A	3	.6067	.09018	.05207	.3826	.8307
B	3	5.1733	.22301	.12875	4.6193	5.7273
C	3	3.2933	.07024	.04055	3.1189	3.4678
D	3	2.0867	.08327	.04807	1.8798	2.2935
E	3	1.1200	.07211	.04163	.9409	1.2991
Total	15	2.4560	1.69935	.43877	1.5149	3.3971

Lampiran 16. Hasil analisis ragam kandungan karotenoid larva kepiting bakau (*S. olivacea*) hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	40.279	10.070	671.915**	3,48	5,99
Galat	10	0,150	0,015			
Total	14	40.429				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$).

Lampiran 17. Uji Tukey kandungan karotenoid larva kepiting Bakau (*S. olivacea*) hasil pengkayaan dengan emulsi karotenoid pada berbagai perlakuan

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Batas bawah	Batas atas
A	B	-4.56667(*)	.09996	.000	-4.8956	-4.2377
	C	-2.68667(*)	.09996	.000	-3.0156	-2.3577
	D	-.51333(*)	.09996	.003	-.8423	-.1844
	E	-1.48000(*)	.09996	.000	-1.8090	-1.1510
B	A	4.56667(*)	.09996	.000	4.2377	4.8956
	C	1.88000(*)	.09996	.000	1.5510	2.2090
	D	4.05333(*)	.09996	.000	3.7244	4.3823
	E	3.08667(*)	.09996	.000	2.7577	3.4156
C	A	2.68667(*)	.09996	.000	2.3577	3.0156
	B	-1.88000(*)	.09996	.000	-2.2090	-1.5510
	D	2.17333(*)	.09996	.000	1.8444	2.5023
	E	1.20667(*)	.09996	.000	.8777	1.5356
D	A	1.48000(*)	.09996	.000	1.1510	1.8090
	B	-3.08667(*)	.09996	.000	-3.4156	-2.7577
	C	-1.20667(*)	.09996	.000	-1.5356	-.8777
	E	.96667(*)	.09996	.000	.6377	1.2956
E	A	.51333(*)	.09996	.003	.1844	.8423
	B	-4.05333(*)	.09996	.000	-4.3823	-3.7244
	C	-2.17333(*)	.09996	.000	-2.5023	-1.8444
	D	-.96667(*)	.09996	.000	-1.2956	-.6377

* The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran 18. Rata-rata sintasan Larva Kepiting Bakau (*S. Olivacea*) setiap perlakuan pada akhir penelitian

Perlakuan	Sintasan (%)
A1 (0,00 g/L)	12,40
A2 (0,00 g/L)	18,00
A3 (0,00 g/L)	26,00
Rata-rata	18,80
B1 (5,00 g/L)	52,80
B2 (5,00 g/L)	47,60
B3 (5,00 g/L)	46,80
Rata-rata	49,07
C1 (10,0 g/L)	16,40
C2 (10,0 g/L)	32,00
C3 (10,0 g/L)	27,60
Rata-rata	25,33
D1 (15,0 g/L)	14,00
D2 (15,0 g/L)	40,00
D3 (15,0 g/L)	21,20
Rata-rata	25,07
E1 (MI)	28,80
E2 (MI)	21,60
E3 (MI)	19,20
Rata-rata	23,20

Ket : MI = Minyak Ikan.

Lampiran 19. Deskriptif sintasan Larva Kepiting Bakau (*S. Olivacea*) setiap perlakuan

Perlakuan	Jumlah Data	Rata-rata	Std. Deviasi	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Batas Bawah	Batas Atas
A	3	18.8000	6.83520	3.94631	1.8204	35.7796
B	3	49.0667	3.25781	1.88090	40.9738	57.1595
C	3	25.3333	8.04322	4.64375	5.3529	45.3138
D	3	25.0667	13.42436	7.75056	-8.2813	58.4146
E	3	23.2000	4.99600	2.88444	10.7893	35.6107
Total	15	28.2933	12.96894	3.34857	21.1114	35.4753

Lampiran 20. Hasil analisis ragam sintasan larva kepiting bakau (*S.olivacea*) setiap perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	1700.309	425.077	6.496 **	3,48	5,99
Galat	10	654.400	65.440			
Total	14	2354.709				

Keterangan : ** Bepengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 21. Uji Tukey sintasan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setiap perlakuan

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Perbedaan rata-rata (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Batas bawah	Batas atas
A	B	-30.26667(*)	6.60505	.007	-52.0044	-8.5289
	C	-6.53333	6.60505	.854	-28.2711	15.2044
	D	-4.40000	6.60505	.959	-26.1378	17.3378
	E	-6.26667	6.60505	.871	-28.0044	15.4711
B	A	30.26667(*)	6.60505	.007	8.5289	52.0044
	C	23.73333(*)	6.60505	.031	1.9956	45.4711
	D	25.86667(*)	6.60505	.019	4.1289	47.6044
	E	24.00000(*)	6.60505	.029	2.2622	45.7378
C	A	6.53333	6.60505	.854	-15.2044	28.2711
	B	-23.73333(*)	6.60505	.031	-45.4711	-1.9956
	D	2.13333	6.60505	.997	-19.6044	23.8711
	E	.26667	6.60505	1.000	-21.4711	22.0044
D	A	6.26667	6.60505	.871	-15.4711	28.0044
	B	-24.00000(*)	6.60505	.029	-45.7378	-2.2622
	C	-.26667	6.60505	1.000	-22.0044	21.4711
	E	1.86667	6.60505	.998	-19.8711	23.6044
E	A	4.40000	6.60505	.959	-17.3378	26.1378
	B	-25.86667(*)	6.60505	.019	-47.6044	-4.1289
	C	-2.13333	6.60505	.997	-23.8711	19.6044
	D	-1.86667	6.60505	.998	-23.6044	19.8711

* The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran 22. Rata-rata indeks stres kumulatif Larva Kepiting Bakau (*S. Olivacea*) setiap perlakuan pada akhir penelitian

Perlakuan	Indeks stres kumulatif
A1 (0,00 g/L)	90,00
A2 (0,00 g/L)	85,00
A3 (0,00 g/L)	98,00
Rata-rata	91,00
B1 (5,00 g/L)	76,00
B2 (5,00 g/L)	79,00
B3 (5,00 g/L)	78,00
Rata-rata	77,67
C1 (10,0 g/L)	87,00
C2 (10,0 g/L)	89,00
C3 (10,0 g/L)	89,00
Rata-rata	88,33
D1 (15,0 g/L)	93,00
D2 (15,0 g/L)	87,00
D3 (15,0 g/L)	90,00
Rata-rata	90,00
E1 (MI)	84,00
E2 (MI)	94,00
E3 (MI)	94,00
Rata-rata	90,67

Ket : MI = Minyak Ikan.

Lampiran 23. Deskriptif indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S. Olivacea*) setiap perlakuan

Perlakuan	Jumlah Data	Rata-rata	Std. Deviasi	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Batas Bawah	Batas Atas
A	3	91.0000	6.55744	3.78594	74.7104	107.2896
B	3	77.6667	1.52753	.88192	73.8721	81.4612
C	3	88.3333	1.15470	.66667	85.4649	91.2018
D	3	90.0000	3.00000	1.73205	82.5476	97.4524
E	3	90.6667	5.77350	3.33333	76.3245	105.0088
Total	15	87.5333	6.30042	1.62676	84.0443	91.0224

Lampiran 24. Hasil analisis ragam indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S.olivacea*) setiap perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	377.733	94.433	5.305 *	3,48	5,99
Galat	10	178.000	17.800			
Total	14	555.733				

Keterangan : * Berpengaruh nyata ($p < 0,05$)

Lampiran 25. Uji Tukey indeks stres kumulatif larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setiap perlakuan

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Perbedaan rata-rata (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Batas atas	Batas bawah
A	B	.33333	3.44480	1.000	-11.0038	11.6705
	C	13.33333(*)	3.44480	.020	1.9962	24.6705
	D	2.66667	3.44480	.932	-8.6705	14.0038
	E	1.00000	3.44480	.998	-10.3371	12.3371
B	A	-13.00000(*)	3.44480	.024	-24.3371	-1.6629
	C	-10.66667	3.44480	.068	-22.0038	.6705
	D	-13.33333(*)	3.44480	.020	-24.6705	-1.9962
	E	-12.33333(*)	3.44480	.032	-23.6705	-.9962
C	A	-2.33333	3.44480	.957	-13.6705	9.0038
	B	10.66667	3.44480	.068	-.6705	22.0038
	D	-2.66667	3.44480	.932	-14.0038	8.6705
	E	-1.66667	3.44480	.987	-13.0038	9.6705
D	A	-.66667	3.44480	1.000	-12.0038	10.6705
	B	12.33333(*)	3.44480	.032	.9962	23.6705
	C	1.66667	3.44480	.987	-9.6705	13.0038
	E	-1.00000	3.44480	.998	-12.3371	10.3371
E	A	13.00000(*)	3.44480	.024	1.6629	24.3371
	B	2.33333	3.44480	.957	-9.0038	13.6705
	C	-.33333	3.44480	1.000	-11.6705	11.0038
	D	.66667	3.44480	1.000	-10.6705	12.0038

* The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran 26. Panjang tubuh awal, akhir dan pertumbuhan panjang tubuh Larva Kepiting Bakau (*S. Olivacea*) pada setiap perlakuan

Perlakuan	Panjang Tubuh Awal (mm)	Panjang Tubuh Akhir (mm)	Pertumbuhan Panjang Tubuh Mutlak (mm)
A1 (0.00 g/L)	1.56	2.47	0.91
A2 (0.00 g/L)	1.56	2.43	0.87
A3 (0.00 g/L)	1.53	2.56	1.03
Rata-rata	1.55	2.49	0.94
B1 (5.00 g/L)	1.53	3.28	1.75
B2 (5.00 g/L)	1.54	3.47	1.93
B3 (5.00 g/L)	1.55	3.41	1.86
Rata-rata	1.54	3.39	1.85
C1 (10.00 g/L)	1.54	2.98	1.44
C2 (10.00 g/L)	1.53	2.89	1.35
C3 (10.00 g/L)	1.53	2.87	1.34
Rata-rata	1.53	2.91	1.38
D1 (15.00 g/L)	1.56	2.94	1.35
D2 (15.00 g/L)	1.56	2.90	1.35
D3 (15.00 g/L)	1.56	2.88	1.35
Rata-rata		2.90	1.35
E1 (MI)	1.54	2.64	1.10
E2 (MI)	1.54	2.84	1.30
E3 (MI)	1.53	2.74	1.20
Rata-rata	1.54	2.74	1.20

Keterangan : MI = Minyak Ikan

Lampiran 27. Lebar karapas awal, akhir dan pertumbuhan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. oliacea*) pada setiap perlakuan

Perlakuan	Lebar Karapas Awal (mm)	Lebar Karapas Akhir (mm)	Pertumbuhan Lebar karapas (mm)
A1 (0.00 g/L)	1.32	1.40	0.08
A2 (0.00 g/L)	1.29	1.41	0.12
A3 (0.00 g/L)	1.30	1.40	0.10
Rata-rata	1.30	1.40	0.10
B1 (5.00 g/L)	1.28	1.76	0.49
B2 (5.00 g/L)	1.31	1.76	0.45
B3 (5.00 g/L)	1.30	1.77	0.47
Rata-rata	1.30	1.76	0.47
C1 (10.00 g/L)	1.29	1.58	0.29
C2 (10.00 g/L)	1.30	1.53	0.23
C3 (10.00 g/L)	1.31	1.59	0.28
Rata-rata	1.30	1.57	0.27
D1 (15.00 g/L)	1.30	1.42	0.12
D2 (15.00 g/L)	1.30	1.43	0.13
D3 (15.00 g/L)	1.29	1.43	0.13
Rata-rata	1.30	1.42	0.12
E1 (MI)	1.30	1.41	0.11
E2 (MI)	1.30	1.38	0.09
E3 (MI)	1.30	1.39	0.11
Rata-rata	1.30	1.39	0.10

Keterangan : MI = Minyak Ikan

Lampiran 28. Deskriptif pertumbuhan panjang dan lebar karapas larva kepiting bakau (*S. olivacea*) pada akhir penelitian yang diberi pakan hasil bioenkapsulasi dengan emulsi karotenoid

Dependent Variable	Perlakuan	Jumlah Data	Rata-rata	Std. Deviasi	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
						Batas bawah	Batas atas
Pertumbuhan panjang	A	3	.9370	.08647	.04992	.7222	1.1518
	B	3	1.8453	.08868	.05120	1.6250	2.0656
	C	3	1.3757	.05558	.03209	1.2376	1.5137
	D	3	1.3493	.20518	.11846	.8396	1.8590
	E	3	1.2013	.09850	.05687	.9566	1.4460
	Total	15	1.3417	.32243	.08325	1.1632	1.5203
Pertumbuhan lebar	A	3	.1000	.01808	.01044	.0551	.1449
	B	3	.4687	.02021	.01167	.4185	.5189
	C	3	.2670	.03315	.01914	.1846	.3494
	D	3	.1243	.01401	.00809	.0895	.1591
	E	3	.1057	.00513	.00296	.0929	.1184
	Total	15	.2131	.14770	.03814	.1313	.2949

Lampiran 29. Hasil analisis ragam pertumbuhan panjang larva kepiting bakau (*S. olivacea*) setiap perlakuan

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	1,315	0,329	23.405**	3,48	5,99
Galat	10	0,140	0,014			
Total	14	1,455				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 30. Hasil analisis ragam lebar karapak larva kepiting bakau (*S. olivacea*)

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F. hit	F.tabel	
					5%	1%
Perlakuan	4	0,301	0,075	183.093**	3,48	5,99
Galat	10	0,004	0,000			
Total	14	0,305				

Keterangan : ** Berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$)

Lampiran 31. Uji Tukey pertumbuhan panjang dan lebar karapaks Larva Kepiting Bakau (*S. olivacea*)

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Batas bawah	Batas Atas
Pertumbuhan Panjang	A	B	-.90833(*)	.09677	.000	-1.2268	-.5899
		C	-.43867(*)	.09677	.007	-.7571	-.1202
		D	-.41233(*)	.09677	.011	-.7308	-.0939
		E	-.26433	.09677	.118	-.5828	.0541
		B	.90833(*)	.09677	.000	.5899	1.2268
	B	C	.46967(*)	.09677	.005	.1512	.7881
		D	.49600(*)	.09677	.003	.1775	.8145
		E	.64400(*)	.09677	.000	.3255	.9625
		C	.43867(*)	.09677	.007	.1202	.7571
		B	-.46967(*)	.09677	.005	-.7881	-.1512
	C	D	.02633	.09677	.999	-.2921	.3448
		E	.17433	.09677	.423	-.1441	.4928
		A	.41233(*)	.09677	.011	.0939	.7308
		B	-.49600(*)	.09677	.003	-.8145	-.1775
		C	-.02633	.09677	.999	-.3448	.2921
	D	E	.14800	.09677	.568	-.1705	.4665
		A	.26433	.09677	.118	-.0541	.5828
		B	-.64400(*)	.09677	.000	-.9625	-.3255
		C	-.17433	.09677	.423	-.4928	.1441
		D	-.14800	.09677	.568	-.4665	.1705
Pertumbuhan Lebar	A	B	-.36867(*)	.01656	.000	-.4232	-.3142
		C	-.16700(*)	.01656	.000	-.2215	-.1125
		D	-.02433	.01656	.602	-.0788	.0302
		E	-.00567	.01656	.997	-.0602	.0488
		B	.36867(*)	.01656	.000	.3142	.4232
	B	C	.20167(*)	.01656	.000	.1472	.2562
		D	.34433(*)	.01656	.000	.2898	.3988
		E	.36300(*)	.01656	.000	.3085	.4175
		A	.16700(*)	.01656	.000	.1125	.2215
		B	-.20167(*)	.01656	.000	-.2562	-.1472
	C	D	.14267(*)	.01656	.000	.0882	.1972
		E	.16133(*)	.01656	.000	.1068	.2158
		A	.02433	.01656	.602	-.0302	.0788
		B	-.34433(*)	.01656	.000	-.3988	-.2898
		C	-.14267(*)	.01656	.000	-.1972	-.0882
	D	E	.01867	.01656	.789	-.0358	.0732
		A	.00567	.01656	.997	-.0488	.0602
		B	-.36300(*)	.01656	.000	-.4175	-.3085
		C	-.16133(*)	.01656	.000	-.2158	-.1068
		D	-.01867	.01656	.789	-.0732	.0358

* The mean difference is significant at the .05 level.

Lampiran 32. Hasil pengukuran fisika-kimia air media pemeliharaan larva kepiting bakau (*S. olivacea*) pada setiap perlakuan

Perlakuan	Parameter fisika-kimia air media				
	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	pH	O ₂ (ppm)	Amonia (ppm)
A	29,5 - 30,7	27,0 - 29,0	7,5 - 8,0	4,7 - 5,3	0,002 - 0,021
B	29,5 - 30,8	27,0 - 29,0	7,1 - 7,8	4,2 - 5,4	0,001 - 0,053
C	29,5 - 30,8	27,0 - 29,0	7,2 - 8,0	4,7 - 5,4	0,002 - 0,420
D	29,5 - 30,8	27,0 - 29,0	7,6 - 8,0	4,5 - 5,4	0,004 - 0,420
E	29,5 - 30,8	27,0 - 29,0	7,2 - 8,0	4,2 - 5,6	0,004 - 0,059

