

## TINJAUAN PUSTAKA

### Perkembangan Larva

Menurut Watanabe (1986), telur ikan bandeng yang sudah dibuahi berwarna transparan dan berdiameter antara 1.10 – 1.25 mm. Priyono, Trijoko dan Giri (1986) juga mengamati hal yang sama dan mendapatkan diameter telur berkisar antara 1.10 – 1.27 mm. Telur-telur tersebut menetas setelah diinkubasikan selama 24 – 30 jam pada suhu 26.0 – 29.5°C dan salinitas 33 ppt. Vanstone *et al.* (1977) mencatat masa inkubasi telur ikan bandeng antara 35 – 56 jam pada suhu 28.4 – 29.2°C.

Larva ikan bandeng yang baru menetas berukuran panjang berkisar antara 3.2 – 5.3 mm dan mempunyai kantung kuning telur yang besar yaitu panjang kurang lebih 2.2 mm dan lebar 0.28 mm. Larva yang baru menetas berwarna transparan, mata belum berpigmen, mulut belum terbentuk dan anus masih tertutup. Penyerapan kuning telur disertai dengan pertumbuhan yang cepat terjadi 24 jam setelah menetas. Anus dan mulut terbuka 48 – 64 jam setelah menetas, dengan ukuran bukaan mulut 200 um. Pada saat larva umur 3 hari, kuning telur diserap sempurna dan mata telah berpigmen (Watanabe, 1986). Masa kritis bagi larva ikan bandeng berlangsung antara hari keempat dan hari ketujuh. Masa kritis pertama terjadi pada saat larva mulai mengkonsumsi pakan dari luar (Juario *et al.*, 1984). Masa kritis kedua menurut Duenas dan Young *dalam* Watanabe (1986) terjadi pada saat larva bersifat stenohalin yang ditandai dengan berkembangnya lapisan mukosa di dalam esofagus, sedangkan menurut Anindiasuti, Hardanu dan Suhartono (1994), masa kritis kedua terjadi pada saat larva bandeng umur 8 hari. Pada umur tersebut sirip pectoral maupun kaudal telah terbentuk. Apabila proses

perkembangan tersebut tidak sempurna, larva tidak dapat berenang aktif untuk menangkap pakan, sehingga akan mengakibatkan kematian larva pada umur tersebut. Liao *et al.* (1979) juga melaporkan hal yang sama. Penurunan pertumbuhan ditandai pada larva umur 3 – 6 hari, pada saat larva mulai memasuki stadia kritis dengan tingkat kematian yang tinggi.

Percepatan pertumbuhan terjadi pada larva umur 8 hari dan pada umur 13 hari, larva yang paling besar berukuran panjang total 10 mm. Larva umur 18 – 20 hari berukuran panjang total 10.3 – 14.9 mm dan setelah berumur 21 hari berkisar antara 11.5 – 16.5 mm. Larva ikan bandeng memasuki stadia transisi pada umur 28 hari dan mencapai stadia juvenil setelah berumur 35 hari (Villaluz dan Unggui, 1983). Menurut Balon *dalam* Boulhic dan Gabaudan (1992), periode juvenil dimulai pada saat sirip telah berdiferensiasi sempurna dan apabila sebagian besar organ-organ yang sifatnya sementara (“temporary organs”) berubah menjadi tetap (“permanent organs”). Ciri-ciri tersebut menunjukkan karakteristik eksternal, sedangkan Boulhic dan Gabaudan (1992) lebih menekankan pada munculnya kelenjar gastrik.

Untuk alasan praktis, larva ikan bandeng harus dipelihara di panti benih sampai larva mampu bertahan pada saat dipindahkan ke kolam pemeliharaan. Percobaan menunjukkan bahwa larva umur 21 hari cukup kuat untuk ditebar di kolam (Liao *et al.*, 1979).

### **Perkembangan Aktivitas Enzim Pencernaan**

Enzim adalah katalisator biologis dalam reaksi kimia yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan. Enzim adalah protein, yang disintesis di dalam sel dan dikeluarkan dari sel yang membentuknya melalui proses eksositosis. Enzim yang disekresikan ke luar sel digunakan untuk pencernaan di luar sel (di dalam rongga pencernaan) atau disebut "extra cellular digestion", sedangkan enzim yang dipertahankan di dalam sel digunakan untuk pencernaan di dalam sel itu sendiri atau disebut "intra cellular digestion" (Affandi *et al.*, 1992).

Enzim pencernaan yang disekresikan dalam rongga pencernaan berasal dari sel-sel mukosa lambung, pilorik kaeka, pankreas dan mukosa usus. Oleh karena itu perkembangan sistem pencernaan erat kaitannya dengan perkembangan aktivitas enzim di dalam rongga saluran pencernaan ( Walford dan Lam, 1993 ). Enzim-enzim tersebut berperan sebagai katalisator dalam hidrolisis protein, lemak dan karbohidrat menjadi bahan-bahan yang sederhana. Sel-sel mukosa lambung menghasilkan enzim protease dengan suatu aktivitas proteolitik optimal pada pH rendah. Pilorik kaeka yang merupakan perpanjangan usus terutama mensekresikan enzim yang sama seperti yang dihasilkan pada bagian usus yaitu enzim pencernaan protein, lemak dan karbohidrat yang aktif pada pH netral dan sedikit basa. Cairan pankreatik kaya akan tripsin, yaitu suatu protease yang aktivitasnya optimal sedikit di bawah pH basa. Di samping itu cairan ini juga mengandung amilase, maltase dan lipase. Ikan yang tidak memiliki lambung dan pilorik kaeka, aktivitas proteolitik terutama berasal dari cairan pankreatik.

Kemampuan larva ikan mencerna pakan buatan sangat bergantung kepada kelengkapan organ pencernaan dan ketersediaan enzim pencernaan. Aktivitas enzim

tersebut bervariasi menurut umur ikan, keadaan fisiologis dan musim. Aktivitas enzim tersebut juga berkorelasi positif dengan kebiasaan makan ikan (Kuz'mina, 1996).

Spesies omnivor mempunyai aktivitas amilase dan rasio amilase-protease lebih tinggi dibandingkan dengan ikan karnivor. Hal ini disebabkan spesies omnivor mempunyai kemampuan memanfaatkan karbohidrat lebih tinggi dibandingkan spesies karnivor.

Aktivitas enzim pencernaan bervariasi menurut jenis ikan. Pada *Scopthalmus maximus*, aktivitas protease sudah dapat terdeteksi pada saat larva umur 2 dan 3 hari, sedangkan lipase baru terdeteksi pada umur 15 hari. Pada *Osphronemus goramy*, aktivitas protease lebih rendah dibandingkan amilase dan lipase pada saat larva umur 10 hari (Affandi, Mokoginta dan Suprayudi, 1994). Aktivitas protease pada saat larva *Oxyeleotris marmorata* umur 2 hari juga lebih rendah dibanding amilase dan lipase (Effendi, 1995).

Perkembangan aktivitas enzim proteolitik pada larva ikan kakap (*Lates calcarifer*) telah diteliti oleh Walford dan Lam (1993). Aktivitas enzim tripsin pada larva yang baru menetas cukup tinggi yaitu 6.0 unit enzim/mg protein dan menurun menjadi 1.2 unit enzim/mg protein pada larva umur 8 hari. Pada larva umur 17 hari, aktivitas enzim tersebut meningkat lagi kurang lebih empat kali yaitu 5 unit enzim/mg protein, tetapi setelah mencapai umur tersebut terus menurun. Pada larva umur 22 hari, aktivitas enzim menjadi 1.3 unit enzim/mg protein dan tidak terdeteksi pada larva umur 30 hari. Sebaliknya aktivitas enzim pepsin justru rendah pada saat larva ikan kakap baru menetas yaitu 3.8 unit enzim/mg protein dan tidak menunjukkan peningkatan pada larva umur 8 hari. Namun meningkat menjadi 27.2 unit enzim/mg protein pada larva umur 17 hari

pada saat pH menurun dari 7.7 pada larva umur 8 hari, menjadi 5.0 pada larva umur 17 hari. Aktivitas enzim tersebut semakin meningkat yaitu 85.2 unit enzim/mg protein pada larva umur 30 hari dengan pH lambung lebih asam (3.2).

Tingginya aktivitas enzim tripsin pada saat larva baru menetas menurut Kawai dan Ikeda (1973) karena enzim penetasan dari kelenjar penetasan pada umumnya tipe tripsin. Pada ikan mas (*Cyprinus carpio*), aktivitas enzim tipe ini juga tinggi pada saat menetas dan kemudian menurun secara tepat. Hasil percobaan Walford dan Lam (1993) menunjukkan bahwa aktivitas enzim tipe tripsin menurun secara tajam setelah lambung menjadi fungsional.

Aktivitas enzim tripsin pada larva penaeid yang diberi pakan alami mencapai puncak pada stadia pascazoea 3 sampai misis 1 dan selanjutnya menurun sampai mencapai pascalarva 1 (Jones, Kamaruddin dan Le Vay, 1987). Hasil percobaan tersebut sama dengan yang dilakukan oleh Le Vay *et al.* (1993). Menurunnya aktivitas enzim pada stadia tersebut diinterpretasikan sebagai konsekuensi menurunnya ukuran "anterior midgut diverticulata" (AMD) sebelum hepatopankreas berkembang secara penuh atau karena perubahan kebiasaan makan pada periode tersebut (Lovett dan Folder *dalam* Le Vay *et al.*, 1993). Aktivitas tripsin mewakili 40 – 60 % aktivitas proteolitik pada *P. japonicus* (Galgani *dalam* Le Vay *et al.*, 1993). Pada penaeid, tripsin adalah enzim dominan selama perkembangan larva (Lovett dan Felder *dalam* Le Vay *et al.*, 1993).

Penelitian tentang perkembangan aktivitas enzim pencernaan benih ikan gurame (*Osphronemus goramy*) juga telah dilakukan oleh Affandi *et al.* (1994). Aktivitas enzim protease pada larva umur 10 hari sampai 46 hari meningkat dari 0.014 unit enzim/g ikan/menit menjadi 0.568 unit enzim/g ikan/menit, sedangkan pada benih yang berukuran

6.39 sampai 13.97 cm aktivitas protease tersebut cenderung menurun, walaupun penurunannya tidak begitu tajam. Sedangkan Haryati dan Mokoginta (1999) telah melakukan penelitian tentang perkembangan organ pencernaan yang meliputi struktur organ dan aktivitas enzim protease pada larva ikan bawal air tawar (*Collosoma macropoma*). Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas enzim protease mengalami peningkatan yang cukup tajam pada saat larva ikan bawal berumur 30 hari, sejalan dengan semakin sempurnanya organ pencernaan.

Seperti halnya enzim protease, aktivitas enzim lipase juga meningkat sejalan dengan meningkatnya ukuran ikan. Aktivitas enzim tersebut pada larva ikan gurame umur 10 hari (panjang 0.7 cm), 46 hari (panjang 2.4 cm) dan berukuran 13.97 cm berturut-turut 0.688, 1.643 dan 2.900 unit enzim/g ikan/menit (Affandi *et al.*, 1994).

Aktivitas  $\alpha$ -amilase pada larva ikan gurame juga meningkat dengan bertambahnya umur ikan. Peningkatan tersebut selain disebabkan berkembangnya alat pencernaan (Kawai dan Ikeda, 1973), juga karena tingkat konsumsi pakan nabati meningkat dengan bertambahnya umur atau ukuran ikan. Gruzokve *dalam* Ku'zmina (1996) mengemukakan bahwa tersedianya substrat kemungkinan merupakan faktor yang nyata dalam pengaturan aktivitas enzim dalam usus ikan dan mamalia. Ku'zmina (1996) mengungkapkan bahwa meningkatnya aktivitas enzim dalam usus bersamaan dengan meningkatnya umur ikan disebabkan oleh peningkatan ukuran usus dan bobot mukosa.

Studi aktivitas enzim lipase pada ikan bandeng telah dilakukan oleh Borlongan (1990). Organ pencernaan utama yang mensekresikan lipase adalah usus, pankreas dan pilorik kaeka. Pola distribusi aktivitas enzim tersebut pada organ pencernaan ikan bandeng disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pola distribusi aktivitas lipase pada organ pencernaan ikan bandeng

Organ pencernaan	Aktivitas lipase (unit/ mg protein)	
	Pakan A	Pakan B
Esofagus	0.11	0.11
Ephibrankhial	0.05	0.09
Lambung kardiak	0.02	0.09
Lambung pilorik	0.05	0.06
Pilorik kaeka	0.28	0.19
Pankreas	0.31	0.23
Hati	0.05	0.03
Usus depan	1.20	0.48
Usus belakang	0.80	0.33

- Keterangan: - Pakan A: alga uniseluler + diatom  
 - Pakan B: alga hijau berfilamen  
 - Bobot ikan 220 - 250 g  
 - Sumber: Borlongan (1990).

Secara umum aktivitas lipase pada organ-organ utama yang mensekresikan enzim tersebut (usus, pankreas, dan pilorik kaeka) pada ikan yang mendapat pakan berupa alga uniseluler dan diatom (kandungan lemak kasar 1.98 %) lebih tinggi dibandingkan dengan yang diberi pakan alga hijau berfilamen (kandungan lemak kasar 0.98 %). Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas enzim tersebut berkorelasi dengan komposisi pakan yang dikonsumsi. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa ikan bandeng dapat efektif mencerna lemak dan organ pencernaan dapat beradaptasi terhadap tingkat lemak dalam pakan.

### Peran Enzim Eksogen Dalam Proses Pencernaan

Masalah nutrisi dalam pemeliharaan larva ikan terutama adalah sulitnya larva tersebut memanfaatkan pakan buatan secara optimal. Lauff dan Hofer (1984) mengemukakan bahwa sistem pencernaan larva ikan belum berkembang secara sempurna, oleh karena itu pada stadia tersebut masih menggantungkan introduksi enzim pencernaan dari luar yaitu berasal dari pakan.

Percobaan yang dilakukan oleh Munilla-Moran dan Stark (1989) menunjukkan bahwa aktivitas spesifik enzim proteolitik pada larva yang diberi pakan rotifera lebih tinggi dibandingkan dengan aktivitas enzim pada turbot (*Scophthalmus maximus*) umur 6 dan 30 hari yang dipuasakan selama 24 jam. Hal ini menunjukkan tingginya tingkat protease yang diproduksi sebagai respon mencerna pakan.

Walford, Lim dan Lam (1991) juga telah mengevaluasi peran enzim eksogen dalam proses pencernaan ikan kakap. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa seluruh membran protein pakan yang berupa mikrokapsul pecah di dalam usus dan diabsorpsi di rektum apabila larva diberi pakan berupa mikrokapsul bersama-sama dengan rotifera. Tanpa penambahan rotifera, larva tidak dapat mencerna dinding protein pakan.

Hasil percobaan pada larva *Penaeus japonicus* menunjukkan bahwa pemberian pakan berupa *Chlorella gracilis* dengan kadar protein yang rendah memberikan pertumbuhan yang optimal pada stadia protozoa. Laju pertumbuhan yang lebih rendah dicapai pada larva yang diberi pakan buatan dengan kandungan protein yang lebih tinggi. Hal ini kemungkinan sebagai akibat hanya sebagian kecil dari protein pakan yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan. Respon terhadap pakan buatan semakin berkembang



pada stadia misis, tetapi tidak cukup untuk menghasilkan pertumbuhan setara dengan yang dihasilkan oleh pakan alami. Pertumbuhan maupun kelangsungan hidup yang dicapai pada pemberian pakan campuran antara pakan alami dan pakan buatan relatif sama dengan yang hanya diberi pakan alami. Alga tersebut berperan sebagai sumber protein yang siap dicerna atau kemungkinan menyumbang sejumlah faktor yang mampu meningkatkan kemampuan larva memperoleh kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan optimal dari pakan buatan (Le Vay *et al.*, 1993).

Aktivitas tripsin pada percobaan tersebut pada stadia pascazoea 1, 2 dan misis 1 yang diberi pakan alami nyata lebih tinggi dibandingkan yang diberi pakan buatan. Tingginya aktivitas tripsin tersebut diduga dipengaruhi respon biologi terhadap pakan, yaitu akibat stimulasi secara langsung dari sekresi alga.

Knauer, Britz dan Hecht (1996) telah membandingkan pertumbuhan dan aktivitas enzim pada juvenil abalon yang diberi pakan berupa diatom dan pakan buatan. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan abalon yang diberi pakan buatan nyata tidak berbeda dibandingkan dengan yang diberi pakan alami. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pakan buatan berupa pelet dapat menggantikan diatom sebagai pakan utama periode juvenil. Hasil percobaan tersebut juga menunjukkan aktivitas lipase tidak berbeda. Diduga kadar lemak dalam pelet dan diatom kemungkinan sama. Tingginya aktivitas protease pada abalon yang diberi pakan berupa pelet (kadar protein 35%) dibandingkan yang diberi diatom (kadar protein 5.0%) adalah konsisten dengan tingginya kadar protein dalam pakan. Lauff dan Hofer (1984) mengestimasi bahwa pada saat pertama kali makan, protease eksogen yang berasal dari pakan hidup menyumbang kurang lebih 70 - 80% dari total aktivitas proteolitik di dalam

saluran pencernaan "white fish" (*Coregonus* sp.), sedangkan pada *Rutilus rutilus* aktivitas enzim tripsin eksogen  $25 \pm 2.0\%$  dari total aktivitas proteolitik pada hari ke 35 sampai 56 setelah pertama kali makan. Pada *Oncorhynchus mykiss*, aktivitas tripsin eksogen sebesar  $19 \pm 1.9\%$  dari total proteolitik pada hari ke 10 sampai 75 setelah pertama kali makan.

Berdasarkan uraian di atas tidak diragukan lagi peran protease eksogen dalam proses pencernaan larva ikan, namun interpretasi tentang cara enzim tersebut berperan berbeda-beda. Lauff dan Hofer (1984) mengemukakan bahwa protease dalam pakan hidup memberi kontribusi yang proporsional tetapi tidak menyebabkan suatu pengaruh aktivasi. Sebaliknya Dabrowski dalam Walford dan Lam (1993) mendukung suatu pandangan bahwa protease yang terdapat dalam pakan dapat mengaktifkan zymogen dari larva ikan. Pedersen, Nielsen dan Hjelmeland (1987) menunjukkan bahwa enzim proteolitik eksogen dari pakan hidup memberi kontribusi yang lain dalam proses pencernaan pada larva ikan herring (*Clupea harengus*) yaitu dengan merangsang peningkatan sekresi tripsin endogen pada usus larva.

### **Pakan dan Penggantian Pakan pada Larva Ikan**

Benih ikan membutuhkan pakan untuk mempertahankan hidup dan pertumbuhannya. Fungsi faali pakan secara umum adalah sebagai sumber energi dan materi pembangun tubuh.

Saat larva mulai mengkonsumsi pakan dari luar tubuhnya berbeda-beda untuk tiap-tiap jenis ikan. Waktu ikan mulai mengkonsumsi pakan dapat terjadi sesaat sebelum atau setelah kuning telur habis. Larva ikan mulai mengkonsumsi pakan setelah dapat

membuka mulutnya. Larva ikan bandeng mulai membuka mulut 48 – 54 jam setelah menetas. Cadangan kuning telur mulai terserap 24 jam setelah menetas dan tiga hari setelah menetas kuning telur telah terserap sempurna (Watanabe, 1986). Dalam pemeliharaan larva ikan bandeng mulai umur 1 – 21 hari, ke dalam media pemeliharaan umumnya ditambah *Chlorella* dengan densitas  $50 - 350 \times 10^4$  sel/ml, dan mulai umur 2 sampai 21 hari diberi pakan berupa rotifera (Liao *et al.*, 1979).

Penyediaan pakan hidup secara berkesinambungan merupakan kendala dalam usaha pembenihan skala besar. Terdapat beberapa metode untuk mengurangi atau mengeliminasi kebutuhan pakan hidup atau meningkatkan efisiensi penggunaannya (Watanabe, 1986), yaitu:

1. Meningkatkan efisiensi produksi pakan hidup
2. Meningkatkan nilai nutrisi dari organisme pakan
3. Meningkatkan kemudahan penggunaan pakan tersebut melalui penyimpanan
4. Menggunakan pakan hidup dikombinasikan dengan pakan buatan
5. Penggantian pakan hidup dengan pakan buatan lebih awal dan
6. Mengembangkan pakan buatan yang dapat digunakan untuk larva saat pertama kali makan.

Menurut Walford, Lim dan Lam (1991), terdapat tiga masalah utama dalam pemberian pakan berupa mikrokapsul terhadap larva yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Menjaga densitas mikrokapsul yang tersuspensi cukup tinggi di dalam media pemeliharaan
2. Membuat mikrokapsul yang menarik larva untuk makan

3. Membran dari mikrokapsul mudah pecah di dalam usus sehingga pakan mudah dicerna dan diasimilasikan.

Percobaan penggunaan pakan buatan dalam pemeliharaan ikan bandeng telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa kelangsungan hidup larva yang diberi pakan alami dan pakan buatan relatif sama tetapi pertumbuhan larva yang diberi pakan hidup relatif lebih baik dibandingkan dengan yang diberi pakan buatan (Duray dan Bagarinao, 1984; Aslianti *et al.*, 1993; Priyono, Achmad dan Setiadharna, 1993).

Percobaan penggantian pakan alami dengan pakan buatan juga telah dilakukan pada ikan-ikan yang lain, seperti pada ikan betutu (Usman, 1993) dan larva ikan lele (Yogya, 1992). Hasil percobaan pada larva ikan betutu menunjukkan bahwa pakan buatan baru dapat diberikan setelah larva umur 23 hari. Pada larva yang diberi pakan buatan mulai umur 15 hari dan 19 hari, alat pencernaan maupun jaringan hati tidak mengalami perkembangan, bahkan mengalami penyusutan. Hal ini disebabkan pada umur tersebut larva belum mampu mencerna pakan buatan sehingga tidak tersedia nutrien dan energi yang akan digunakan untuk tumbuh dan berkembang. Hal ini sesuai pendapat Kapoor, Smith dan Verighina (1975), bahwa pada larva yang kelaparan akan terjadi penyusutan saluran pencernaan sebesar 30 – 35%. Penyusutan jaringan hati dan saluran pencernaan tidak hanya terjadi pada larva, tetapi juga terjadi pada juvenil dan ikan dewasa.

Storch, Juario dan Pascual (1984) membandingkan hepatosit benih ikan bandeng yang diberi pakan buatan (40% sukrose, 20% minyak hati ikan cod dan 50% kasein) dan pakan alami (*Artemia* dan *Brachionus*). Hasil percobaan menunjukkan bahwa

pemulihan struktur hepatosit benih yang dipuaskan selama 7 – 9 hari yang diberi pakan alami lebih cepat dibandingkan dengan yang diberi pakan buatan. Di antara tiga jenis pakan buatan tersebut, kasein menghasilkan pemulihan struktur hepatosit lebih cepat.

Jenis pakan yang harus diberikan pada setiap umur larva dalam pemeliharaan ikan bandeng telah dikemukakan oleh Liao (1991) dan Anindiastuti *et al.* (1994), seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis pakan pada setiap umur larva ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskal)

Umur larva (hari)	Panjang total (mm)	Jenis pakan
Liao <i>et al.</i> (1991)		
11 – 13	6.7 – 10.0	Alga hijau, <i>Brachionus</i>
14 – 21	6.4 – 16.5	Alga hijau, <i>Brachionus</i> , Copepoda, tepung, pakan buatan, <i>Artemia</i>
Anindiastuti <i>et al.</i> (1994)		
1 – 12	5.0 – 7.5	<i>Chlorella</i> , <i>Tetraselmis</i> , <i>Brachionus</i> , tepung <i>Spirulina</i>
13 – 21	7.5 – 14.5	<i>Chlorella</i> , <i>Tetraselmis</i> , <i>Brachionus</i> , nauplius <i>Artemia</i> , pakan buatan

### **Kebutuhan Nutrien Larva Ikan Bandeng dan Kandungan Nutrien Pakan**

Masalah mendasar dalam pengembangan pakan buatan dalam pemeliharaan larva ikan adalah tidak adanya informasi tentang kebutuhan nutrien untuk pertumbuhan larva tersebut. Kebutuhan nutrien untuk pertumbuhan larva ikan bandeng sampai saat ini juga belum diketahui. Watanabe (1986) mengemukakan bahwa kebutuhan nutrien dalam menyusun suatu formulasi pakan bagi larva ikan dapat berpedoman pada:

1. Komposisi nutrien bahan kering dari pakan alami, namun komposisi pakan tersebut sangat bervariasi bergantung kepada komposisi nutrien media pemeliharaan
2. Komposisi unsur yang terdapat dalam kuning telur larva, komposisi unsur tersebut kemungkinan mempunyai keseimbangan ideal untuk larva awal. Namun komposisi unsur dalam kuning telur juga bervariasi bergantung kepada komposisi nutrien pakan induk dan kondisi lingkungan selama pemeliharaan induk
3. Kebutuhan nutrien pada ikan yang sama yang ukurannya lebih besar.

Percobaan untuk mengetahui kebutuhan nutrien benih ikan bandeng ukuran juvenil telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Lim, Sukhawongs dan Pascual (1979) mendeterminasi kadar protein optimal sebesar 40% untuk pertumbuhan benih ikan bandeng (bobot rata-rata 40 mg) yang dipelihara di laut. Pertambahan bobot benih ikan yang dicapai sebesar 0.135 g dan tingkat kelangsungan hidup 60% selama 30 hari pemeliharaan. Santiago, Aldaba dan Songalia (1983) juga mengemukakan hal yang sama, kandungan protein 40% mencukupi untuk pertumbuhan benih ikan bandeng (panjang rata-rata 13 mm, bobot 15 mg) yang dipelihara di air tawar. Pertambahan bobot yang dicapai sebesar 0.16 – 0.18 g dan tingkat kelangsungan hidup 63 – 93% setelah dipelihara selama 5 minggu.

Kebutuhan lemak total untuk pertumbuhan juvenil ikan bandeng sebesar 7 – 10% (Alava dan Cruz *dalam* Borlongan dan Coloso, 1992). Juvenil ikan bandeng membutuhkan asam lemak esensial n-3 sebesar 1.0 – 1.5% (Borlongan, 1990). Namun hasil percobaan Alava dan Kanazawa (1996) menunjukkan bahwa pakan yang mengandung asam lemak yang berbeda-beda yaitu 18:1n-9, 18:2n-6, 18:3n-3, 20:4n-6 dan n-3 HUFA masing-masing sebesar 1% memberikan respon yang sama terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup juvenil ikan bandeng yang dipelihara di air payau. Benih yang diberi pakan asam lemak 18:1n-9 menunjukkan insidensi skoliosis. Borlongan dan Coloso (1992) telah melakukan percobaan tentang kebutuhan asam amino esensial pada juvenil ikan bandeng seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan asam amino esensial (persen protein) bagi pertumbuhan juvenil bandeng (*Chanos chanos* Forskal)

Asam amino esensial	Persen protein
Arginin	5.2
Histidin	2.0
Isoleusin	4.0
Leusin	5.1
Lisin	4.0
Metionin + sistin	3.2
Fenilalanin + tirosin	5.2
Threonin	4.6
Triptophan	0.6
Valin	3.6

Sumber: Borlongan dan Coloso (1992).

### **Peran Air Hijau (“Green water”) Dalam Pemeliharaan Larva Ikan**

Suatu prosedur yang umum selama pemeliharaan baik larva ikan maupun udang adalah penambahan fitoplankton (air hijau) dalam media budidaya (Eda *et al.*, 1990). Dalam pemeliharaan larva ikan laut, penggunaan air hijau pada saat pertamakali larva mengkonsumsi pakan sering diarahkan sebagai salah satu prosedur baku. Walaupun demikian pemeliharaan larva dengan kepadatan tinggi dilaporkan juga dapat dilakukan dengan sukses tanpa penambahan fitoplankton dalam media pemeliharaan (Tamaru *et al.*, 1994).

Perbedaan hipotesis telah dikemukakan untuk menjelaskan pengaruh yang menguntungkan dari alga tersebut terhadap larva ikan yaitu alga kemungkinan (1) mensuplai nutrisi secara langsung, (2) menstimuler larva untuk makan, dengan mengeluarkan suatu komponen yang berperan sebagai atraktan dan (3) berpengaruh terhadap populasi bakteri dalam media budidaya dan memberi kontribusi terhadap keberadaan mikroba awal dalam usus larva.

Usaha untuk mengevaluasi peran sel-sel alga dalam pemeliharaan larva ikan telah dilakukan oleh Houde (1975), Meeren (1991), Nass *et al.*, (1992) serta Tamaru *et al.* (1994). Houde (1975) mengarahkan fungsi alga sebagai stabilisator kualitas air dalam sistem pemeliharaan secara statis, sedangkan Meeren (1991) lebih menekankan fungsi alga sebagai nutrisi langsung bagi larva ikan. Hasil percobaan yang dilakukan Nass *et al.* (1992) pada larva ikan halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) menyimpulkan bahwa peran alga sebagai nutrisi untuk larva nampak kurang penting apabila dibandingkan dengan perubahan parameter lingkungan, yaitu intensitas sinar yang akan berpengaruh dalam pengambilan pakan. Hal ini sesuai hasil percobaan Bocheat dan



Morgan dalam Nass *et al.* (1992), bahwa penambahan fitoplankton dalam media budidaya larva ikan hering Pasifik dapat meningkatkan kemampuan larva untuk menangkap pakan. Percobaan tersebut dapat mengidentifikasi turbiditas optimal untuk aktivitas makan, serta mengajukan dua mekanisme dalam hubungannya antara turbiditas dan aktivitas makan, yaitu (1) adanya partikel yang tersuspensi kemungkinan meningkatkan kontras visual yang mengakibatkan larva melihat pakan dan (2) sinar yang tersebar yang disebabkan cahaya yang terberai ("light scattering") dari partikel akan meningkatkan jarak penglihatan terhadap organisme mangsa. Hasil percobaan Nass *et al.* (1992) mengindikasikan bahwa larva yang dipelihara dalam air jernih ("clear water") terkonsentrasi pada bagian permukaan dan dekat dengan dinding tangki, sedangkan larva yang dipelihara dalam media air hijau ("green water") sebagian besar larva sepanjang waktu mengejar mangsa, sama dengan pola tingkah laku pada juvenil walleye (Vanderbyllaardt *et al.*, 1991).

Penambahan fitoplankton dalam media pemeliharaan larva "striped mullet" menghasilkan kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan tanpa penambahan fitoplankton (Tamaru *et al.*, 1994). Alasan peningkatan kelangsungan hidup dan pertumbuhan dengan adanya penambahan fitoplankton belum jelas. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa kecuali amonia, seluruh parameter kualitas air yang diukur relatif tidak berbeda. Kandungan amonia pada media air hijau lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penambahan fitoplankton. Kandungan amonia tersebut berasal dari residu media budidaya fitoplankton, yaitu berasal dari urea dan amonium sulfat yang digunakan sebagai sumber nitrogen, walaupun kadar amonia tersebut masih layak bagi kehidupan larva. Fitoplankton dalam media budidaya diduga

mempunyai pengaruh tidak langsung terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva yaitu dengan meningkatkan status nutrisi rotifera. Selain itu dengan adanya penambahan fitoplankton intensitas sinar akan menurun, sehingga kemungkinan akan meningkatkan kemampuan larva untuk menangkap pakan.

Hasil penelitian Cahu *et al.* (1998) menunjukkan bahwa penambahan alga ke dalam air meningkatkan cukup kuat aktivitas tripsin, namun aktivitas enzim: amilase dan khemotripsin tidak dipengaruhi. Peningkatan aktivitas enzim tripsin secara jelas telah ditunjukkan pada larva udang laut yang diberi pakan buatan dalam bentuk mikro bersama dengan alga (Le Vay *et al.*, 1993). Alga mengandung asam amino bebas yang besar, asam amino bebas tersebut diduga berperan dalam menstimuler tripsin pada saluran pencernaan larva.

Larva ikan bandeng memiliki sensitivitas tertentu terhadap cahaya. Organ-organ sensor yang bertebaran di bagian depan kepala amat peka terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena itu intensitas cahaya dan warna bak turut memberi andil terhadap keberhasilan pemeliharaan larva. Untuk mendapatkan tingkat kecerahan tertentu, media yang digunakan biasanya ditambah fitoplankton dengan kepadatan tertentu. Tingkat kecerahan optimal untuk setiap umur larva berbeda-beda (Djunaidah dan Komaruddin, 1997). Liao *et al.*, (1979) menambahkan *Chlorella* dengan kepadatan berkisar antara  $50 - 350 \times 10^4$  sel/ml pada pemeliharaan larva ikan bandeng sampai umur 21 hari.

Villegas *et al.* dalam Watanabe (1986) mempelajari pengaruh pakan berupa rotifera yang dipelihara dengan jenis pakan yang berbeda (*Chlorella sp.*, *Isochrysis galbana* dan *Tetraselmis*) terhadap pertumbuhan benih ikan bandeng (panjang rata-rata

13 mm) yang dipelihara selama 30 hari. Rotifera yang diberi pakan berupa *Tetraselmis* atau *Isochrysis* memberi respon pertumbuhan benih ikan bandeng yang sama dan lebih baik dibandingkan dengan benih yang diberi pakan rotifera yang dipelihara dalam media *Chlorella*.

Segner dalam Watanabe (1986) telah mempelajari perubahan ultrastruktur hepatosit benih ikan bandeng setelah diberi pakan berupa rotifera yang dipelihara di dalam media alga yang berbeda, yaitu *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis sp.* dan *Chlorella*. Rotifera yang diberi pakan berupa *Isochrysis* menghasilkan perkembangan ultrastruktur hepatosit benih ikan bandeng yang paling baik, sedangkan rotifera yang diberi pakan berupa *Chlorella* memberikan respon paling jelek.

Juario dan Stroch dalam Watanabe (1986) telah melakukan penelitian tentang pengaruh perbedaan jenis alga (*Chlorella*, *Tetraselmis* dan *Isochrysis*) yang merupakan pakan larva terhadap karakteristik ultrastruktur hati benih ikan bandeng. Ultrastruktur benih bandeng yang diberi pakan berupa *Chlorella* mengindikasikan benih yang lapar dan larva mati setelah dipelihara selama enam hari. Hal ini menunjukkan bahwa benih ikan bandeng tidak dapat secara langsung menggunakan *Chlorella* yang mempunyai dinding sel yang kaku sebagai pakannya. Benih yang diberi pakan berupa *Tetraselmis* juga mati setelah enam hari pemeliharaan, namun hepatosit menunjukkan fakta pemulihan dari kondisi lapar. Hal ini menunjukkan bahwa larva dapat secara langsung menggunakan *Tetraselmis*, tetapi kandungan gizi dari alga tersebut tidak mencukupi untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Sebaliknya larva yang diberi pakan *Isochrysis* dapat hidup sampai akhir pemeliharaan (35 hari), walaupun pertumbuhannya tidak baik. Hepatosit dari larva yang diberi pakan berupa *Isochrysis*, pada hari ke-35

menunjukkan perubahan degeneratif. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa *IsochrYSIS* juga dapat digunakan langsung oleh benih ikan bandeng. *IsochrYSIS* lebih baik daripada *Tetraselmis*, walaupun nilai gizinya juga belum mencukupi untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup.