

Dr. Ir. Netti Aryani, MS

Tentang Penulis



Dr. Ir. Netti Aryani, MS, lahir di Tanjung Pinang Riau, 17 Juli 1961. Dia adalah alumnus Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau tahun 1985 dan menjadi dosen pada almamaternya sejak 1989 sampai sekarang. Sebagai seorang akuakultoris, teknologi reproduksi ikan perairan umum menjadi salah satu objek penelitiannya, disamping penelitian dengan topik perikanan yang lain. Dengan latar belakang pendidikan S2 pada Program Studi Biologi Reproduksi Institut Pertanian Bogor, dan Doktor Ilmu Nutrisi Reproduksi Ikan pada Program Pasacasarjana Unand Padang saat sekarang keahlian dan kemampuan penulis di bidang reproduksi ikan sudah tidak diragukan lagi. Berbagai penelitian telah diraih dari Dikti antara lain penelitian dosen muda, penelitian Hibah Bersaing, Strategis Nasional dan penelitian dari berbagai instansi di daerah Riau. Hasil penelitian tersebut sudah dipublikasi pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional. Ditengah kesibukannya melaksanakan tri dharma perguruan tinggi, buku ini merupakan buku keenam yang telah dirampungkannya.

ISBN 978-602-7805-39-2



9 786027 805392

Dr. Ir. Netti Aryani, MS | NUTRISI UNTUK PEMBENIHAN IKAN | BUNG HATTA UNIVERSITY PRESS

Nutrisi

Untuk Pembenihan Ikan



BUNG HATTA UNIVERSITY PRESS

NUTRISI UNTUK PEMBENIHAN IKAN



BUNG HATTA UNIVERSITY PRESS

Sanksi pelanggaran pasal 44: Undang-undang No. 7 Tahun 1987 tentang Perubahan atas Undang-undang No. 6 Tahun 1982 tentang hak cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 100.000.000,- (seratus juta rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat 1 (satu), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah)

NUTRISI UNTUK PEMBENIHAN IKAN

Dr. Ir. Netti Aryani, MS

**Penerbit
Bung Hatta University Press
2015**

Judul : **NUTRISI UNTUK PEMBENIHAN IKAN**

Penulis : **Dr. Ir. Netti Aryani, MS**

Sampul: **Dr. Ir. Netti Aryani, MS**

Perwajahan: Bung Hatta University Press

Diterbitkan oleh Bung Hatta University Press Januari 2015

Alamat Penerbit:

Badan Penerbit Universitas Bung Hatta
Bung Hatta University Press Gedung Rektorat Lt.III
(LPPM) Universitas Bung Hatta
Jl. Sumatra Ulak Karang Padang, Sumbar, Indonesia
Telp.(0751) 7051678 Ext.323, Fax. (0751) 7055475
e-mail: lppm_bunghatta@yahoo.co.id

Hak Cipta dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau
seluruhnya isi buku ini tanpa izin tertulis penerbit

Isi diluar tanggung jawab percetakan
Cetakan Pertama : Januari 2015

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Dr. Ir. Netti Aryani, MS

NUTRISI UNTUK PEMBENIHAN IKAN

Oleh : Netti Aryani, Bung Hatta University Press,
Januari 2015

96 Hlm + viii ; 18 cm

ISBN 978-602-7805-39-2

KATA PENGANTAR

Produksi dari budidaya perikanan adalah industri utama di banyak negara, tidak terkecuali negara Indonesia dan hal tersebut akan terus tumbuh karena permintaan produk perikanan akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dunia, sedangkan pasokan dari alam semakin menurun akibat degradasi lingkungan dan penangkapan yang tidak selektif.

Nutrisi yang baik dalam sistem produksi ikan sangat penting untuk menghasilkan benih yang bernilai ekonomis. Produk pakan yang berkualitas dan bergizi sehat dalam budidaya ikan secara umum, khususnya untuk reproduksi sangat penting karena pakan merupakan 40-50% dari biaya produksi. Riset mutu pakan ikan telah mengalami perkembangan dalam beberapa tahun terakhir, pakan komersial yang seimbang telah mendorong pertumbuhan ikan yang optimal dan sehat serta meningkatkan daya reproduksi ikan.

Buku ini membahas bagaimana pentingnya nutrisi pakan yaitu protein, lemak, karbohidrat, asam lemak, vitamin dan mineral untuk proses reproduksi, pertumbuhan larva dan benih ikan serta kuantitas dan kualitas air yang dibutuhkan untuk pembenihan ikan, terutama yang dilakukan di panti pembenihan. Pada bagian akhir dari buku ini penulis juga merekomendasikan penelitian-penelitian yang patut dilakukan terutama sekali yang terkait dengan peningkatan reproduksi ikan-ikan perairan umum daratan yang akan di domestikasi.

Akhirnya, penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas terselesaikannya buku ini, tak lupa terimakasih dan memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung mulai dari proses pengumpulan materi, penulisan hingga terselesaikannya buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi mahasiswa dalam menambah khasanah ilmu pengetahuannya dalam bidang nutrisi untuk pembenihan ikan.

Penulis

Dr.Ir. Netti Aryani.MS

DAFTAR ISI

Isi	Halaman
PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1.PENDAHULUAN.....	1
BAB 2. NUTRISI PAKAN UNTUK INDUK IKAN	3
2.1. Peranan nutrisi di dalam pakan induk ikan	3
2.2. Efek restriksi pakan terhadap ikan	15
2.3. Efek nutrisi terhadap fekunditas induk.....	15
2.4. Efek nutrisi bagi induk pada fertiilisasi.....	20
2.5.Efek nutrisi bagi induk pada perkembangan embrio.....	21
2.6. Efek nutrisi bagi induk terhadap kualitas larva	27
2.7. Peranan waktu dalam nutrisi induk	27
2.8. Ransum yang bernilai sebagai pakan induk	28
2.9. Praktek pemberian pakan induk	31
BAB 3.PERANAN NUTRISI UNTUK BENIH IKAN.....	33
3.1. Efek nutrisi dan konsumsi pakan.....	33
3.2. Efek nutrisi dan padat tebar	43
BAB 4. PERANAN NUTRISI UNTUK LARVA IKAN	49
4.1. Peran pakan alami dan buatan	49
4.2. Persyaratan kualitas air untuk pembenihan	59
4.3. Manajemen Larva.....	68
4.4. Manajemen pakan larva	69
BAB 5. PENUTUP	71
DAFTAR PUSTAKA.....	73
DAFTAR GLOSARIUM	89
DAFTAR INDEX.....	93

BAB 1

PENDAHULUAN

Ilmu gizi untuk ikan mulai dipelajari hampir 70 tahun yang lalu, banyak peneliti sejak dulu sampai sekarang ini telah berusaha untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan pakan ikan sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik untuk metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi (Chong et al, 2004; Belal, 2005; Sink et al, 2010; González et al, 2006; Coldebella et al, 2011; Ramaswamy et al, 2013; Awoyinka et al, 2011; Giri et al, 2014, Aryani et al, 2014).

Ikan sangat efisien dalam mengubah protein makanan menjadi sumber energi. Hal ini disebabkan karena ikan bersifat poikilotherms dan mengeluarkan lebih sedikit energi dan nitrogen untuk menjaga postur tubuh jika dibandingkan dengan mamalia dan burung (Buttle et al, 1995; Stacey, 2006; Melo et al, 2006). Pengkajian nutrisi ikan, seperti kebutuhan protein untuk reproduksi ikan telah dikaji oleh beberapa peneliti terutama pada spesies yang dibudidayakan, kebutuhan gizi telah ditelaah dan disusun oleh Dewan Riset Nasional (NRC). Meskipun telah ada penelitian tentang kebutuhan nutrisi bagi ikan, terutama untuk ikan-ikan yang dipelihara di akuarium. NRC menemukan bahwa kebutuhan gizi antara ikan tidak bervariasi dan sering dapat diekstrapolasikan ke spesies lain. Kebutuhan protein, karbohidrat, asam lemak esensial, vitamin dan mineral di dalam ransum pakan sebagai persyaratan utama spesies budidaya telah dipublikasi (Chong et al, 2004; Gunasekera et al, 2006; Sarkar et al, 2006; Rodríguez-González et al, 2006; Coldebella et al, 2011; Sink et al, 2010; Awoyinka et al, 2011; Ahmad et al, 2012; Ramaswamy et al, 2013, Aryani et al, 2014).

Nutrisi bagi induk ikan sangat memegang peranan penting dalam menjamin kehidupannya dan meningkatkan proses reproduksi (Aryani, 2001, Chong et al, 2004; Aryani et al, 2014). Ini merupakan hal yang harus dipahami dan

menjadi bahan penelitian terhadap komponen nutrisi ikan-ikan bersirip dan non bersirip. Dalam pengertian luas, hal ini berkaitan dengan kebutuhan terhadap fasilitas budidaya di dalam dan di luar ruangan untuk memelihara ikan-ikan dewasa dalam jumlah banyak serta konsekuensi terhadap besarnya biaya operasional untuk melaksanakan uji coba pemberian pakan pada induk. Bagaimanapun, seperti halnya pada manusia dan hewan lain telah diketahui bahwa kebutuhan nutrisi pakan pada induk ikan akan berbeda jika dibandingkan dengan hewan-hewan yang pertumbuhan tubuhnya lebih cepat seperti pada fase juvenile (Chong et al, 2004, Ahmad et al, 2013; Giri et al, 2014).

Lebih jauh lagi, seperti halnya hewan-hewan lain, juga telah diketahui bahwa sejumlah kasus defisiensi dan masalah yang dihadapi selama fase awal pertumbuhan larva ikan-ikan bersirip yang baru diproduksi, secara langsung berhubungan dengan masalah pemberian pakan (termasuk level nutrisi dan frekuensi) dari induk (Sahoo et al, 2010; Sink et al, 2010) dan padat tebar, jenis pakan alami dari larva (Hung et al, 2002; Sarkar et al, 2006; Russo et al, 2009; Roo et al, 2010; Srivastava et al, 2012; Olurin et al, 2012). Tujuan penulisan buku ini adalah untuk mengkaji penelitian yang telah dilakukan hingga saat ini terhadap pengaruh nutrisi pada induk dan hubungannya dengan kinerja reproduksi ikan-ikan yang dibudidayakan, pertumbuhan pada fase benih dan fase larva serta peranan kuantitas dan kualitas air dalam mendukung kehidupan larva ikan.

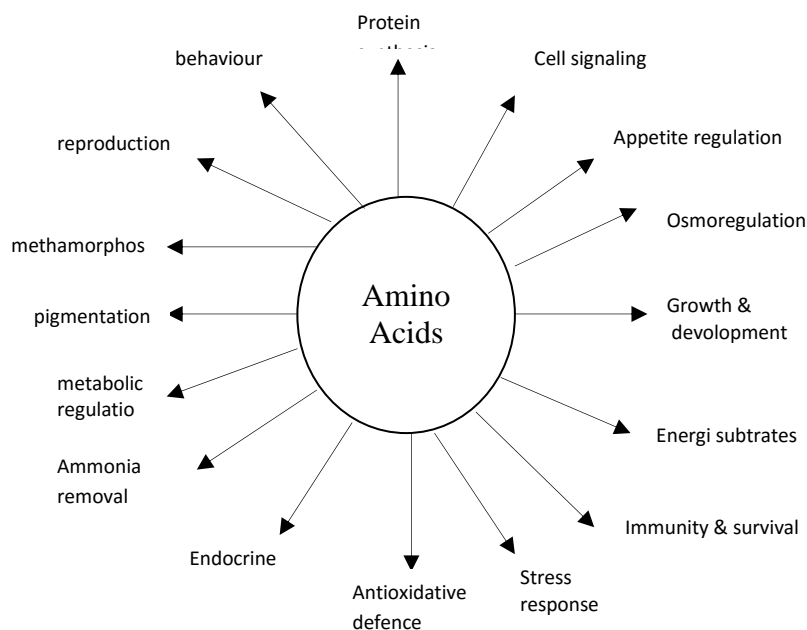
BAB 2

NUTRISI PAKAN UNTUK INDUK IKAN

2.1. Peranan nutrisi di dalam pakan induk ikan

Protein

Protein berfungsi sebagai enzim, hormon, antibodi, konstituen utama jaringan, dan sebagai sumber energi. Asam amino esensial adalah unsur pakan yang harus disediakan dalam makanan ikan. Sepuluh asam amino esensial telah diidentifikasi untuk ikan: arginin, histidin, isoleusin, leusin, lisin, metionin, fenilalanin, treonin, triptofan, dan valin. Asam amino non esensial adalah alanine, asparagine, aspartate, glutamate, glycine, serine, tyrosine. Jumlah nutrisi yang diperlukan telah diketahui untuk beberapa spesies ikan, dan pada umumnya ikan membutuhkan protein kasar antara 25%-55% dalam makanannya, tergantung pada umur dan jenis spesies (Stacey , 2006).



Sumber : Li et al, 2008

Penelitian tentang pakan untuk meningkatkan produksi telur dan larva dari induk channel catfish *Ictalurus punctatus* telah dibandingkan dengan spesies yang lain secara komersial. Induk ikan Channel catfish sering mendapatkan mutu makanan yang sama dengan benihnya (Kelly, 2004). Mayoritas produsen pakan membuat kadar protein pakan berkisar antara 28% – 32% dan biasanya berisi 4-7% lemak. Kadar protein dan lemak tersebut tidak optimal untuk mendukung proses reproduksi ikan.

Agar pakan yang dibuat dapat memacu reproduksi ikan, maka perlu disusun ransum yang sesuai dengan kebutuhan ikan pada setiap stadia. Ransum adalah susunan bahan pakan yang seimbang dan tepat untuk ikan, sehingga mencukupi kebutuhan nutrisinya dalam satu hari. Perlu adanya metode penyusunan ransum yang tepat sehingga tercipta komposisi yang baik dan benar. Bila asupan nutrisi ikan tercapai dengan baik, maka akan diperoleh produktivitas yang tinggi.

Usaha budidaya yang baik memiliki rancangan ransum yang sesuai untuk setiap ikan yang dipelihara. Sebaiknya setiap usaha budidaya memiliki rancangan ransum tersendiri sehingga tidak bergantung pada komposisi pakan komersial. Dengan memiliki komposisi ransum sendiri, pembuat pakan ikan dapat memanfaatkan bahan pakan yang potensial di sekitarnya sehingga biaya untuk pakan dapat diminimalisir. Seperti limbah pertanian, limbah industri rumah makan dan rumah makan dan lain sebagainya.

Sebelum menyusun ransum pakan untuk reproduksi ikan, perlu lebih dahulu diketahui kadar protein kasar dari setiap bahan pakan. Para peneliti telah mendapatkan bahan ransum sebagai sumber protein utama.

- a. tepung ikan (PK 63,6%, ME 2830 Kkal/kg).
- b. bungkil kacang kedelai (PK 48%, ME 2240 Kkal/kg)
- c. bekatul (PK 12%, ME 2860 Kkal/kg)
- d. jagung kuning giling (PK 8,6%, ME 3370 Kkal/kg)

Berdasarkan jenis ransum dan nilai protein kasar setiap bahan, maka penulis mencoba menyusun susunan ransum dengan kadar protein berbeda untuk meningkatkan potensi reproduksi ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) seperti dicantumkan pada Tabel 2.1 dan hasil dicantumkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1
Komposisi ransum pakan dan nilai proksimat pakan

Bahan ransum	Kadar protein (%)			
	20%	27%	32%	37%
Tepung ikan (60% CP) ^a	17	30	36	40
Bungkil kacang kedelai	15	12	15	18
Bekatul	20	20	20	20
Dextrin	25	20	15	5
Minyak hati ikan hiu	5	5	5	5
Minyak jagung	3	3	3	3
Vitamin premix ^(b)	2.5	1.5	1.5	1.5
Mineral premix ^(c)	2.5	1.5	1.5	1.5
CMC	1.5	1.5	1.5	1.5
Cellulose	8.5	5.5	5	4.5
<i>Proksimat (dry weight)</i>				
Protein kasar (%)	20,2	26,05	31,8	37,1
Lemak kasar (%)	9,5	9,8	10,1	10,3
Abu (%)	5,60	5,62	5,64	5,67
Serat kasar (%)	4,5	4,6	4,70	4,75
Energi (k cal/g)	4,60	4,65	4,65	4,66

^a Anugrah Sakti Fish Meal (crude protein: 60.0%, crude lipid: 13.0%, crude fiber: 1.5%, crude ash 9.25%).

^b vitamin mix (mg/100 g feed): Thiamin-HCl 5.0; riboflavin 5.0; Ca-pantothenate 10.0; niacin 2.0; pyridoxin-HCl 4.0; biotin 0.6; folic acid 1.5; cyanocobalamin 0.01; inositol 200; p-aminobenzoic acid 5.0; menadion 4.0; vit A palmitat 15.0; chole-calciferol 1.9; α-tocopherol 20.0; cholin chloride 900.0

^c mineral mix (mg/100g feed): KH₂PO₄ 412; CaCO₃ 282; Ca(H₂PO₄) 618; FeCl₃.4H₂O 166; ZnSO₄ 9.99; MnSO₄ 6.3; CuSO₄ 2; CoSO₄.7H₂O 0.05; KJ 0.15; Dekstrin 450; Selulosa 553.51.

Para peneliti telah mencoba menganalisis efek kadar protein pakan terhadap penampilan reproduksi ikan betina swordtails (*Xiphophorus helleri*, Poeciliidae) telah dilaporkan oleh Chong et al, (2004) dengan formulasi pakan dicantumkan pada Tabel 2.3.

Table 2.2
Efek perbedaan kadar protein pakan terhadap waktu matang gonad dan indeks ovi somatik ikan baung (Rataan±SE)

Dietary protein levels	Time matured the gonadal (days)	Somatic Ovi Indeks (%) ^a
20%	58 ±3 ^a	4.47 ± 0.08 ^a
26%	44±3 ^b	5.71 ± 0.19 ^b
32%	33 ±3 ^b	6.92 ± 0.18 ^c
37%	26 ±2 ^b	8.24 ± 0.19 ^d

^a Weight of eggs ·100%/female weight.

Angka superscrip yang berbeda setiap kolom adalah berbeda nyata (P < 0.05).

Tabel 2.3
Komposisi ransum pakan dan nilai prosimat dari kadar protein pakan berbeda

Jenis ransum	Kadar protein pakan				
	20%	30%	40%	50%	60%
Tepung ikan (kadar protein 70%) ^a	20	20	20	20	20
Casein	3.3	14.3	25.2	36.1	47.0
Gelatin	3	3	3	3	3
Minyak hati ikan Cod	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Minyak jagung	5	5	5	5	5
Dextrin	51.3	40.5	29.8	19	8.3
Vitamin mix ^b	3	3	3	3	3
Mineral mix ^b	2	2	2	2	2
CMC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Cellulose	7.9	7.8	7.6	7.5	7.3
Komposisi proximat					
Protein kasar (%)	20.6	30.4	39.3	51.3	59.3
Lemak kasar (%)	9.5	9.1	9.4	9.1	9.5
Abu (%)	4.2	4.0	4.5	4.6	4.8
Serat Kasar (%)	4.5	5.3	4.3	4.5	3.6
NFE ^c	61.2	51.2	42.5	30.5	22.8
GE (kJ/g) ^d	16.5	16.5	16.5	16.4	16.5

Danish Fish Meal (crude protein: 70.68%, crude lipid: 7.47%, crude ash: 9.25%).

^b Content as according to Chong et al. (2000).^c Nitrogen-free extract (calculated by difference).^d Gross energy, calculated based on 0.17, 0.40 and 0.24 kJ/g for carbohydrate, lipid and protein respectively.

Pertumbuhan ikan betina yang diberi pakan dengan tingkat protein yang berbeda menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara berat akhir antara kadar protein 20% dan 30%, berat ikan betina yang diberi pakan kadar protein 40%-60% secara signifikan lebih tinggi dari kadar protein 20% ($P < 0,05$) (Tabel 2.4)

Peningkatan berat badan terendah terdapat pada kadar protein 20%, diikuti oleh 30% dan protein 40%, sedangkan kadar protein pakan 50% dan 60% menghasilkan kelipatan bobot tertinggi. Laju pertumbuhan spesifik (SGR) juga secara signifikan lebih rendah untuk kadar protein 20% diikuti oleh 30% dan 40%-60%. Hasil dari nilai-nilai FCR juga menunjukkan bahwa kadar protein 40%, 50% dan 60% menghasilkan efisiensi tertinggi dalam pemanfaatan pakan.

Tabel 2.4
Rataan nilai variasi pertumbuhan ikan betina swordtail yang diberikan pakan kadar protein berbeda

Parameter	Kadar protein pakan				
	20%	30%	40%	50%	60%
Berat awal (g)	1.17±0.04	1.13±0.07	1.15±0.08	1.20±0.09	1.19±0.08
Berat akhir (g)	2.95±0.05 ^a	3.52±0.04 ^{ab}	3.93±0.19 ^b	4.14±0.10 ^{bc}	4.35±0.24 ^b
Pertambahan berat (g)	1.79±0.04 ^a	2.39±0.05 ^b	2.78±0.15 ^b	2.94±0.09 ^c	3.16±0.17 ^c
SGR (%)	0.94±0.01 ^a	1.16±0.02 ^b	1.25±0.11 ^{bc}	1.26±0.09 ^{bc}	1.32±0.27 ^c
FCR	2.45±0.23 ^a	2.28±.28 ^a	2.07±0.09 ^b	2.02±0.05 ^b	2.22±0.17 ^{ab}

Sumber : Chong et al, 2004

Keterangan:

Laju pertumbuhan Specific (SGR %/hari) : $[(\ln W_t - \ln W_i)/T] \times 100$

Dimana W_t = Rataan berat akhir, W_i = Rataan berat awal dan T = total hari percobaan

Feed Conversion Ratio (FCR) : total berat pakan yang diberikan (g) / total berat badan basah (g)

Dari hasil penelitian ini jumlah total produksi benih (ekor) meningkat dengan meningkatnya kadar protein pakan. Produksi benih tertinggi diperoleh dengan

tingkat protein pakan 50% (167 ± 9) dan 60% (182 ± 4), diikuti oleh 40% (129 ± 11) dan 30% (100 ± 9). Protein pakan 20% menghasilkan benih (41 ± 8) dan berbeda nyata antar kadar protein pakan ($P < 0,05$). Analisis lebih lanjut mengungkapkan bahwa produksi benih secara signifikan berkorelasi ($r = 0.80$) dengan berat akhir dari induk betina.

Nutrisi induk merupakan salah satu hal yang paling banyak diteliti disebabkan mekanisme biologis, seperti pematangan gonad merupakan proses yang sangat kompleks (Izquierdo et al., 2001; Chong et al., 2004; Khan et al., 2005). Perkembangan gonad dan fekunditas dipengaruhi oleh beberapa nutrisi, terutama pada pemijahan ikan yang berlangsung dengan periode vitelogenesis singkat (Izquierdo et al., 2001). Pengaruh mutu pakan penting dalam pematangan gonad ikan dan perkembangan telur. Protein dan lipid merupakan komponen utama dari kuning telur, bertindak sebagai sumber nutrisi yang digunakan selama biosintesis embriogenesis awal (Khan et al., 2005), dan memungkinkan kelangsungan hidup yang lebih besar dari embrio dan larva (deSilva, 2004). Menurut Brooks et al. (1997), protein yang terdapat didalam telur ikan, seperti lipoprotein, hormon, dan enzim, menentukan kualitas telur akibatnya akan menentukan produksi benih dan benih pada skala besar. Menurut para penulis ini, meskipun upaya besar yang telah diarahkan untuk mengungkap pentingnya komponen pakan yang menentukan kualitas telur, terbukti bahwa mutu pakan secara langsung dapat mempengaruhi kualitas telur informasinya sangat terbatas.

Secara umum, status nutrisi pakan pada ikan betina dapat mempengaruhi perkembangan gonad dan membatasi jumlah dan kualitas telur (Johnston et al, 2007;. De Silva et al, 2008.). Gunasekera et al. (1996) menyatakan bahwa level protein pakan induk mempengaruhi kelangsungan hidup larva, dengan tingkat kadar protein pakan yang sangat rendah (10-20%) dapat menghasilkan tingkat fertilisasi telur yang rendah dan persentase abnormal larva yang lebih besar.

Hasil penelitian Coldebella et al (2011) menunjukkan bahwa peningkatan kadar protein (28%, 34%, 40%) dengan formula ransum pakan seperti Tabel

2.5 tidak mempengaruhi berat badan, panjang total, faktor kondisi, indek gonadosomatik dan indeks hepatosomatik, atau lemak visceral lele betina. Untuk karakteristik telur, tidak ada perbedaan yang signifikan yang diamati untuk berat telur (mg), jumlah telur per kg induk, atau jumlah telur per pemijahan. Protein dan lipid merupakan komponen utama yang disimpan dalam kuning telur dan berperan utama dalam reproduksi. Watanabe et al. (1984b) menunjukkan bahwa tepung cumi-cumi merupakan sumber protein yang cocok untuk pakan induk seabream merah, tetapi jumlah telur yang dihasilkan tidak berbeda antara induk yang menerima level protein yang berbeda.

Fekunditas dan diameter oosit dari guppy (*Poeciliu reticulutu*) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan perubahan dalam makanan induk pada level protein berbeda (Dahlgren, 1980). Santiago et al. (1991) mentakan bahwa level protein yang lebih tinggi dapat meningkatkan kinerja reproduksi pada ikan Bighead (*Aristichthys nobilis*) dalam hal berat total telur per induk betina dan jumlah telur per pemijahan. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi pakan dengan kadar protein berbeda yaitu 17%, 25%, 32% dan 40% (Tabel 2.5), hasil yang diperoleh tidak berpengaruh terhadap kadar protein telur, lemak telur dan kelembaban telur (Tabel 2.6).

Tabel 2.5
 Persentase komposisi pakan dengan kadar protein berbeda untuk reproduksi
 ikan betina Rhamdia (dalam bentuk bahan kering).

Jenis Ransum	Kadar Protein (%)		
	28	34	40
Swine meat meal/tepung daging babi	24.1	32.5	41.1
Soybean meal/tepung kedelai	24.1	32.5	41.1
Rice meal/dedak	22.28	14.48	3.9
Corn/jagung	19.2	9.9	3.0
Soybean oil/minyak kedelai	7.3	7.9	8.2
Limestone/ kapur	0.6	0.2	–
DL-Methionine (99%)	0.42	0.52	0.7
Salt (NaCl)	0.5	0.5	0.5
Vit/Min supplement	1.5	1.5	1.5
Agglutinative	1.5	1.5	1.5
Proximate composition (%)			
Dry matter/bahan kering	92.84	92.34	93.23
Crude protein/Protein kasar	28.5	34.14	40.60
Gross energy (Kcal kg ⁻¹)	4.000	4.000	4.000
Lipid/lemak	14.22	16.21	15.32
Nitrogen-free extract	18.30	18.70	18.00
Ash/abu	10.96	11.72	12.33
Crude fiber/serat kasar	4.14	3.91	3.70

Sumber : Coldebella et al, 2011

Tabel 2.6
Efek kadar protein terhadap komposisi kimia
telur ikan nila

Level protein pakan	Protein telur (%) (berat kering)	Lemak telur (%) (berat kering)	Kadar air /Egg moisture
17%	17. 56.62±0.46a	31.37 ± 1.56”	52.98 ± 0.94
25%	55.95 ±0.67	39.30±1.61	50.44* 1.12
32%	56.63 ±0.49	35.62 ± 1.69”	49.32 ±1.04”
40%	55.53 ±0.40a	36.51 ±1.23”	51.98± 1.23”

Sumber : Gunasekera et al, 1995

Karbohidrat dan Serat

Karbohidrat adalah sumber energi pakan yang murah pada hewan domestik termasuk ikan. Karbohidrat adalah sumber energi non-protein penting bagi ikan dan harus dimasukkan dalam makanan ikan pada level yang sesuai yang memaksimalkan penggunaan protein untuk pertumbuhan. Jumlah sumber energi non-protein yang dapat dimasukkan dalam pakan ikan tidak sepenuhnya dipahami dan dengan demikian tidak ada kebutuhan karbohidrat dalam pakan yang telah diketahui untuk ikan; Namun, spesies ikan tertentu menunjukkan tingkat pertumbuhan berkurang ketika diberi makan dengan pakan bebas karbohidrat. (Wilson, 1994). Peragón et al. (1999) lebih lanjut melaporkan bahwa karbohidrat mempengaruhi pemanfaatan nutrisi pada daging Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Pemanfaatan karbohidrat jauh lebih bervariasi dan mungkin berhubungan dengan kebiasaan makan alami, dan penggabungan nutrisi ini dapat menambahkan efek menguntungkan terhadap kualitas pakan dan pertumbuhan ikan (Wilson, 1994; NRC, 1993).

Kebanyakan ikan tidak memerlukan karbohidrat dalam pakannya dan kebutuhan karbohidrat bervariasi antara spesies. Secara umum, ikan di daerah

tropis lebih mampu memanfaatkan karbohidrat daripada ikan yang hidup di daerah sub tropis. Beberapa ikan herbivora (misalnya, Cyprinids) menggunakan mikroflora dalam usus belakang mereka untuk mencerna karbohidrat kompleks. (Sales Janssens, 2003). Karbohidrat yang berlebihan dalam pakan ikan juga dapat menyebabkan penumpukan lemak dengan merangsang aktivitas enzim lipogenik (Likimani dan Wilson, 1982). Ikan rainbow trout (Brauge et al, 1994), Tilapia zilli (El-Sayed dan Garling, 1988), dan red drum, sciaenops (Serrano et al, 1992;. Ellis dan Reigh, 1991) yang hidup di daerah bermusim memiliki sedikit pemanfaatan karbohidrat di dalam pakannya dibandingkan *Oreochromis niloticus* (Shimeno et al., 1993).

Serat kasar adalah bahan tanaman yang sulit dicerna dan mempengaruhi bentuk fisik pakan. Sejumlah kecil serat telah mengakibatkan pertumbuhan meningkat dan efisiensi penggunaan protein meningkat. Serat kasar jumlahnya harus kurang dari 8% di dalam pakan (NRC, 1993). Sebagai contoh serat kasar pakan ikan 3.70-4,14% (Coldebella et al, 2011), serat kasar pakan untuk ikan betina swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae) berkisar antara 3,6-5,3% (Chong et al, 2004), serta kasar pakan untuk ikan redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* berkisar antara 0,28-0,96% (González et al, 2006) dan serat kasar pakan untuk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berkisar antara 3,40-8,39% (Gunasekera et al, 1995).

Lemak

Lemak merupakan komponen penting dari pakan, baik sebagai energi dan sumber penting asam lemak yang diperlukan ikan untuk fungsi-fungsi dasar, termasuk pertumbuhan, reproduksi dan pemeliharaan jaringan (Sargent et al., 1989). Lipid menyediakan sumber penting dari energi dan asam lemak esensial yang diperlukan untuk fungsi membran sel, fungsi enzim, dan vitelogenesis. Mereka juga memungkinkan penyerapan vitamin yang larut dalam lemak. Perubahan signifikan dan mobilisasi lipid berlangsung selama perkembangan embrionik.

Oleh karena itu lipid sangat penting dalam pakan induk ikan (Soluma and Hiroshi, 2012). Komposisi asam lemak yang berasal dari lipid pada gonad ikan mencerminkan kadar asam lemak dari pakan yang mengandung lipid pada induk ikan (Fernandez-Palacios et al., 1995). Data tersebut tidak tersedia pada komposisi asam lemak dari gonad ikan air tawar daerah tropis . Oleh karena itu, informasi ini dapat digunakan sebagai pedoman untuk mengembangkan pakan induk yang tepat bagi ikan air tawar ekonomis penting di daerah tropis.. Lipid dapat dibagi menjadi dua kelas utama, yaitu lipid netral (NL) dan lipid polar (PL). PL adalah konstituen penting dari membran dan mereka berfungsi sebagai prekursor dalam metabolisme eicosanoid (lemak struktural), sedangkan NL berfungsi terutama sebagai depot lemak digunakan sebagai sumber energi (Henderson and Tocher, 1987). Ikan membutuhkan asam lemak omega-3 atau omega-6 , dan kadang-kadang keduanya, dalam makanan. Sebagai aturan umum, ikan air tawar membutuhkan asam linoleat di dalam pakan (18: 2W6) atau asam linolenat (18: 3W3), atau keduanya, sedangkan ikan laut membutuhkan asam eicosapentaenoic diet (20: 5w3) dan / atau asam decosaheptaenoic (22: 6w3) (Onkubo et al, 2008)

Mineral

Mineral merupakan komponen struktural penting dari jaringan (misalnya, kalsium dalam tulang), konstituen cairan tubuh (misalnya, elektrolit), dan katalis enzim dan sistem hormon. Ikan dapat menyerap beberapa mineral yang larut dalam air melalui insang atau seperti dalam ikan laut yang meminum air garam, melalui mukosa usus. Fosfor adalah salah satu mineral yang paling penting yang harus diperoleh dari sumber makanan karena perairan alami mengandung relatif rendah fosfor. Sebagian besar kebutuhan kalsium terpenuhi melalui penyerapan melalui insang. Kerangka ikan tidak berfungsi sebagai reservoir kalsium seperti halnya pada mamalia, dan diperkirakan bahwa selama periode kekurangan makanan, ikan sepenuhnya bergantung pada lingkungan untuk mendapatkan kalsium.

Vitamin

Vitamin adalah senyawa organik yang dapat dibagi ke dalam kategori yang larut dalam lemak dan larut dalam air dan mempunyai banyak fungsi, termasuk hemostasis darah, radikal bebas, integritas membran sel, dan sintesis DNA (Merchie et al, 1977). Sebagian besar spesies ikan tidak dapat mensintesis vitamin C, dan karena itu harus mendapatkannya dari pakan . Ikan pada umumnya tidak dapat mensintesis vitamin C, karena tidak memiliki enzim L-gulonolakton oksidase. Vitamin C biasanya rusak dalam pengolahan pakan dan penyimpanan yang berlangsung lama. Sumber yang stabil harus digunakan dalam semua pakan yang tersedia dalam bentuk L-ascorbyl-2-fosfat, atau asam askorbat fosfat (Lovell, 2000).

Kebutuhan vitamin E di dalam pakan telah diteliti untuk beberapa spesies ikan. Vitamin E pada awalnya dianggap sebagai nutrisi pakan hewan yang memiliki kepentingan dalam reproduksi. Dalam budidaya ikan, pengkayaan vitamin E di dalam pakan digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan, ketahanan terhadap stres dan penyakit serta untuk kelangsungan hidup ikan dan udang ((Vismara et al., 2003). Defisiensi vitamin E di dalam pakan berdampak terhadap penampilan reproduksi, keterlambatan matang gonad, daya tetas telur rendah dan survival yang rendah (Izquierdo et al., 2001) Antioksidan non-enzimatik utama dalam telur ikan adalah vitamin E dan A serta karotenoid provitamin A. Kadar vitamin E untuk kebutuhan telur ikan sebaiknya diberikan lebih besar pada ikan yang memiliki ukuran telur lebih besar, karena berhubungan dengan ukuran larva yang lebih besar dan awal kelangsungan hidup (Palace dan Werner, 2006). Fungsi utama vitamin E adalah sebagai antioksidan dan pembersih radikal bebas, salah satu yang paling penting dalam proses fisiologis pada kebanyakan hewan vertebrata, vitamin E berperan penting untuk melindungi telur selama awal proses perkembangan embryogenesis.

2. 2. Efek restriksi pakan terhadap ikan

Restriksi pakan sendiri bisa menjadi hal serius yang mempengaruhi kesuksesan pemijahan. Reduksi terhadap pemberian pakan telah dilaporkan menjadi penyebab terjadinya hambatan pada tingkat kematangan gonad sejumlah spesies ikan, termasuk pada ikan maskoki (*Carassius auratus*, Sasayama and Takahashi, 1972), *Brycon amazonicus* (Camarga dan Urbinati, 2008) dan ikan silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*; Akar, 2012). Pada ikan *seabass*, setelah 6 bulan pemberian pakan pada induk dengan rasio pemberian pakan dikurangi menjadi setengahnya, pertumbuhan menjadi turun dan waktu pemijahan menjadi tertunda. Telur dan larva yang baru menetas menjadi berukuran lebih kecil dibandingkan dengan ikan-ikan yang mendapat pemberian pakan beransum penuh (Cerda et al., 1994). Pada ikan *seabass* betina, efek negatif dari restriksi pakan dihubungkan dengan penurunan level plasma estradiol (Cerda et al., 1994). Namun, ekspresi gen GtH tidak terpengaruh oleh restriksi pakan terhadap ikan maskoki betina dewasa (Sohn et al., 1998).

2.3. Efek nutrisi terhadap fekunditas induk

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mengetahui kualitas telur ikan (Aryani, 2001). Salah satu parameter, fekunditas digunakan untuk menentukan kualitas telur, yang juga dipengaruhi oleh defisiensi nutrisi pada pakan induk. Fekunditas adalah jumlah total telur yang diproduksi oleh individu ikan dinyatakan dalam bentuk jumlah telur/pemijahan atau jumlah telur/bobot badan. Penurunan fekunditas, dilaporkan pada beberapa spesies ikan, disebabkan antara lain oleh pengaruh ketidak seimbangan kadar nutrisi dalam otak--*pituitary*--sistem endokrin gonad, atau oleh restriksi dalam ketersediaan komponen biokimia untuk pembentukan telur.

Peningkatan level lemak dari 12% ke 18% dalam pakan induk ikan *rabbitfish* (*Siganus guttatus*) menghasilkan peningkatan terhadap fekunditas dan

penetasan (Duray et al., 1994), meskipun efek ini juga bisa dihubungkan kepada peningkatan kadar asam lemak esensial pada pakan. Tentu saja, salah satu dari faktor utama yang ditemukan secara signifikan mempengaruhi kinerja reproduksi ikan adalah kadar asam lemak esensial pakan (Watanabe et al., 1984a,b). Fekunditas ikan *gilthead seabream* (*Sparus aurata*) ditemukan secara signifikan meningkat dengan meningkatnya kadar pakan n-3 HUFA (asam lemak tak jenuh berantai panjang dengan 20 atau lebih atom karbon, penting bagi ikan laut), meningkat hingga 1.6% (Fernandez-Palacios et al., 1995), dan hasil yang sama juga dilaporkan terhadap jenis ikan-ikan *sparids* lain (Watanabe et al., 1984; 1985). Bagaimanapun, penelitian tentang kinerja reproduksi ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) sebagaimana di tunjukkan oleh jumlah betina yang memijah, frekuensi pemijahan, jumlah benih per pemijahan dan total penetasan dalam periode 24 minggu, menunjukkan bahwa kinerja reproduksi jauh lebih tinggi dengan pemberian pakan dasar dan suplemen minyak kedelai (kaya dengan kadar asam lemak n-6, esensial untuk spesies ikan ini; Watanabe, 1982) dan relatif rendah pada ikan yang diberi suplemen minyak hati ikan cod 5 %. (memiliki kadar asam lemak n-3 yang lebih tinggi). Ikan yang diberi pakan mengandung minyak hati ikan cod menunjukkan pertambahan berat tertinggi (Santiago and Reyes, 1993).

Selain ikan-ikan *salmonid* dan *turbot* (*Scophthalmus maximus*), persediaan lemak pada otot digunakan dalam proses pematangan ovarium (Lie et al., 1993). Pada ikan *sparids*, komposisi asam lemak gonad betina sangat dipengaruhi oleh kadar asam lemak dalam pakan, yang secara signifikan mempengaruhi kualitas telur dalam periode pendek (Harel et al., 1992). Karenanya, pada ikan *gilthead seabream*, komposisi asam lemak dalam telur secara langsung dipengaruhi oleh kadar n-3 HUFA pada pakan induk. Kedua kadar asam lemak n-3 dan n-3 HUFA dalam telur ikan *gilthead seabream* meningkat dengan meningkatnya level n-3 HUFA pada pakan, diakibatkan oleh peningkatan 18:3n-3, 18:4n-3 dan 20:5n-3 (EPA, *eicosapentaenoic acid*) yang terkandung di dalam telur (Fernandez-Palacios et al., 1995). Korelasi positif telah diteliti antara level n-3 HUFA dalam pakan dan telur dengan

konsentrasi EPA menjadi lebih dipengaruhi oleh asupan pakan yang memiliki kadar n-3 HUFA daripada DHA (*docosahexaenoic acid*). Ikan *Rainbrow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) yang diberi pakan dengan defisiensi kadar n-3 selama 3 bulan maka proses vitellogenesis menghasilkan efek menengah (*moderate*) terhadap penggabungan DHA kedalam lemak telur, dimana konsentrasi EPA menurun hingga 50% (Fremont et al., 1984). Bagaimanapun, level dari asam lemak lain didalam telur tidak dipengaruhi oleh komposisi asam lemak dalam pakan. Retensi selektif dari DHA juga ditemukan selama fase embryogenesis (Izquierdo, 1996) dan dalam fase kekurangan pakan (Tandler et al., 1989), menandai pentingnya asam lemak ini untuk pertumbuhan, perkembangan embrio dan larva. Asam lemak tak jenuh rantai panjang juga dapat meregulasi produksi eikosanoid, khususnya prostaglandin, yang terlibat dalam sejumlah proses reproduksi (Moore, 1995), termasuk produksi hormon-hormon steroid dan perkembangan gonad seperti proses ovulasi. Ovarium ikan memiliki kapasitas yang besar untuk membentuk eikosanoid, diantaranya prostaglandin E (PGE) yang berasal dari aksi lipoxigenase (Knight et al., 1995). Inhibitor-inhibitor dari enzim-enzim selanjutnya mengurangi induksi kematangan gonadotropin pada oosit ikan *European seabass* (Asturiano, 1999), menyarankan agar produk derivasi dari aksi lipoxigenase juga dapat dilibatkan dalam proses pematangan oosit. Fakta ini telah dicobakan pada mamalia, dimana sejumlah leukotrien (LTB₄) meningkatkan aksi steroidogenik dari LH (Sullivan and Cooke, 1985).

Bagi spesies ikan yang lain seperti cod (*Gadus morhua*), tidak terdapat pengaruh dari asam lemak esensial terhadap fekunditas ikan-ikan cod yang diberi pakan komersial yang dikayakan dengan sumber lemak yang berbeda (Lie et al., 1993). Dalam percobaan pemberian pakan berjangka waktu panjang terhadap ikan cod, induk cod yang dikayakan pakannya dengan minyak kedelai, *capelin* atau minyak sarden, memperlihatkan efek relatif kecil terhadap komposisi asam lemak pada telur dibanding dengan ikan yang diberi pakan minyak ikan. Bagaimanapun, konsentrasi n-3 HUFA telur secara signifikan berkurang dibanding dengan ikan yang diberi pakan minyak kedelai

(Lie et al., 1993). Hasil ini mungkin terjadi sebagai akibat rendahnya kebutuhan asam lemak esensial (EFA) induk ikan cod jika dibandingkan dengan kelompok ikan *sparid*, yang berkemungkinan membiarkan mereka untuk menurunkan EFA dari lemak residual yang terdapat dalam komponen nutrisi pakan yang berasal dari pakan percobaan, dalam rangka mencukupi kebutuhan fisiologinya.

Defisiensi EFA dalam pakan dapat menyebabkan efek buruk bagi ikan dan juga memberikan efek negatif terhadap kinerja reproduksi. Sebagai contoh, sejumlah besar dari pakan yang mengandung n-3 HUFA telah mengurangi jumlah total penetasan telur induk ikan *gilthead seabream*, namun meningkatkan konsentrasi n-3 HUFA dalam telur (Fernandez-Palacios et al., 1995). Karena penurunan fekunditas selalu dihubungkan dengan tingginya kadar n-3 HUFA di dalam telur, maka peningkatan kadar EFA secara tunggal sebaiknya tidak digunakan sebagai kriteria untuk menentukan kualitas telur induk ikan *gilthead seabream*. Tingginya level asupan n-3 HUFA dalam pakan dapat mempengaruhi axis otak—*pituitary*—endokrin gonad, karena baik EFA maupun DHA dapat menurunkan aksi steroidogenik *in vitro* dari gonadotropin terhadap ovarium ikan-ikan teleostei (Mercure and Van Der Kraak, 1995). Hal yang sama terjadi pada mamalia dimana peningkatan level asupan asam lemak n-3 dapat menunda proses pubertas (Zhang et al., 1992).

Nutrisi lain yang termasuk berpengaruh terhadap fekunditas adalah vitamin E (Izquierdo and Fernandez-Palacios, 1997; Fernandez Palacios et al., 1998) dan asam askorbat (Vitamin C) (Blom and Dabrowski, 1995). Peningkatan dosis alfa tokoferol hingga 125 mg/kg mengakibatkan naiknya fekunditas ikan *gilthead seabream* sebagaimana ditunjukkan oleh jumlah total produksi telur/betina dan viabilitas telur. Karenanya, penurunan fekunditas yang diamati terhadap induk yang diberi pakan dengan defisiensi alfa tokoferol tidak dihubungkan dengan penurunan kadar vitamin E telur, dan hanya dengan pemberian dosis sangat (2020mg/kg) dapat meningkatkan kadar alfa tokoferol pada telur. Pada spesies lain seperti *turbot* (Hemre et al., 1994) atau *Atlantic Salmon* (Lie et al., 1993), vitamin E dimobilisasi dari jaringan periferal selama

proses vitellogenesis meskipun kadar plasma vitellogenin tidak terpengaruh, telah menunjukkan bahwa lipoprotein mungkin terlibat dalam transportasi vitamin E selama periode ini (Lie et al., 1993). Level vitamin C dari telur *rainbow trout* merefleksikan komposisi dari nutrisi ini di dalam pakan dan telah dihubungkan dengan peningkatan kualitas telur (Sandnes et al., 1984). Perubahan kadar vitamin C dari ovarium ikan Cod tidak berpengaruh terhadap angka penetasan telur (Mangor-Jensen et al., 1993). Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi biokimia telur sebaiknya tidak dipakai sebagai kriteria dasar penentuan kualitas telur, walaupun fakta yang diungkapkan oleh sejumlah peneliti (Sandnes et al., 1984; Craik, 1985; Harel et al., 1994) menyarankan bahwa komposisi kimia telur ikan berhubungan dengan tingkat keberhasilan pemijahan karena nutrisi yang disimpan dalam telur harus mencukupi kebutuhan nutrisi selama proses perkembangan embrionik dan pertumbuhan. Kebutuhan antioksidan (vitamin C) dalam pakan meningkat selama proses reproduksi (Izquierdo and Fernandez-Palacios, 1997; Fernandez Palacios et al., 1998). Hal ini diduga berhubungan dengan terbentuknya radikal-radikal bebas oleh molekul oksigen selama biosintesis hormon steroid seperti yang telah diamati pada hewan vertebrata tingkat tinggi. Sebagai contoh, level senyawa antioksidan berkorelasi dengan level progesteron pada *bovine corpus luteum* yang mengakibatkan aktifnya mekanisme antioksidatif untuk bekerjasama dengan steroidogenesis yang membutuhkan bentuk oksiradikal (Rapoport et al., 1998).

Pemberian asam amino triptofan, merupakan prekursor dari serotonin neurotransmitter, diduga secara positif mempengaruhi tingkat kematangan gonad baik terhadap ikan jantan maupun betina. Pemberian suplemen sebesar 0,1 % triptofan dalam ransum pakan ikan *ayu (Plecoglossus altivelis)* menghasilkan peningkatan yang signifikan terhadap level serum testosteron yang menguntungkan kegiatan spermiasi bagi ikan jantan dan kematangan induksi bagi ikan betina (Akiyama et al., 1996).

2.4.Efek nutrisi bagi induk pada fertilisasi

Nutrisi lain juga memberi pengaruh pada proses fertilisasi. Pemberian *eicosapentaenoic* (EPA) dan asam *arachidonik* (AA) menunjukkan korelasi dengan tingkat fertilisasi pada induk ikan *seabream* (Fernandez-Palacios et al., 1995, 1997). Karena komposisi asam lemak sperma bergantung pada kadar asam lemak esensial dari pakan induk terhadap spesies seperti *rainbow trout* (Watanabe et al., 1984d, Labbe et al., 1993) dan *European seabass* (Asturiano, 1999), maka diduga berpengaruh terhadap motilitas sperma dan fertilisasi. Khususnya bagi *salmonids*, dimana cryopreservasi sperma saat ini telah biasa digunakan, komposisi asam lemak sperma dapat menjadi faktor determinasi integritas membran setelah proses *thawing*. Bagaimanapun, Labbe et al. (1993) tidak menemukan efek dari pemberian asam lemak (n-3 dan n-6 asam lemak tak jenuh rantai panjang) terhadap kemampuan fertilisasi sperma *beku-thawing*, dimana kolestrol membran rendah-rasio phospholipid berkorelasi dengan bentuk resistensi sperma beku yang lebih baik (Labbe and Maisse, 1996).

Hipotesa lain menjelaskan kelebihan dari EPA dan AA pada keberhasilan fertilisasi telah dikemukakan oleh sejumlah peneliti, baik EPA dan AA keduanya terlibat dalam fungsi-fungsi mediasi sel dan sebagai prekursor dari *eicosanoid*. EPA diketahui menjadi prekursor bagi prostaglandin (PG) dari seri III, dimana AA adalah prekursor PG dari seri II (Stacey and Goetz, 1982). AA secara *in vitro*, menstimulasi testis memproduksi tetosteron pada ikan mas koki melalui konversi ke prostaglandin PGE2 (Wade et al., 1994). Secara bertolak belakang, EPA atau DHA mem-blok aksi steroidogenik dari kedua asam *arachidonik* dan PGE2. Baik AA dan EPA memodulasi steroidogenesis dalam testis ikan maskoki (Wade et al., 1994). Karenanya, proses waktu spermiasi akan tertunda, dan kemudian keberhasilan fertilisasi akan menurun disebabkan oleh tertekannya steroidogenesis akibat defisiensi atau ketidakseimbangan kadar EFA pada induk. Lebih jauh lagi, prostaglandin juga dikenal sebagai feromon penting bagi sejumlah ikan teleostei. Sejumlah PG yang diproduksi oleh ikan maskoki betina seperti PGF terbukti telah menstimulasi tingkah laku seksual

ikan jantan dan menyinkronisasi pemijahan jantan dan betina, yang kemudian memberi pengaruh langsung pada keberhasilan fertilisasi (Sorensen et al., 1988).

Nutrisi lain yang dikenal penting dalam fertilisasi adalah vitamin E (Izquierdo and Fernandez-Palacios, 1997; Fernandez-Palacios et al., 1998), karotenoid (Harris, 1984; Craik, 1985) dan vitamin C. Asam askorbat memainkan peran penting dalam proses reproduksi ikan-ikan *salmonids* (Eskelinen, 1989; Blom and Dabrowski, 1995) dan perannya dalam steroidogenesis dan vitellogenesis telah dilaporkan (Sandnes, 1991). Fungsi antioksidan dari vitamin C dan E dapat menyediakan peran protektif yang penting bagi sel sperma selama periode spermatogenesis hingga proses fertilisasi, dengan mengurangi risiko peroksidasi lemak, yang mana dapat memberi pengaruh negatif bagi motilitas sperma. Konsentrasi asam askorbat dalam cairan seminal menggambarkan konsentrasi vitamin ini dalam pakan induk dan tidak mempengaruhi kualitas semen dalam fase awal musim pemijahan (Cierezco and Dabrowski, 1995). Namun demikian, defisiensi asam askorbat akan mengurangi konsentrasi sperma dan motilitas selama fase berikutnya dalam periode pemijahan.

2.5. Efek nutrisi bagi induk pada perkembangan embrio

Sejumlah nutrisi sangat penting bagi perkembangan normal embrio, dan level optimum pada pakan induk dapat meningkatkan morfologi dan tingkat produksi, persentase telur dengan bentuk morfologi normal (sebagai parameter untuk mendeterminasikan viabilitas telur) ditemukan meningkat dengan meningkatnya level n-3 HUFA dalam pakan induk dan dengan keterlibatan asam-asam lemak ini di dalam telur (Fernandez-Palacios et al., 1995), yang mengindikasikan pentingnya EFA untuk perkembangan telur normal dan embrio ikan *gilthead seabream*. Ikan *gilthead seabream* yang diberi pakan dengan defisiensi EFA juga menunjukkan peningkatan jumlah gumpalan lemak dalam telur (Fernandez-Palacios et al., 1997) sebagaimana

juga terjadi pada ikan *red seabream* (Watanabe et al., 1984a). Peningkatan kualitas telur dihubungkan dengan nilai total yang besar terhadap kadar asam lemak n-3 pada *European seabass* yang diberi pakan pelet yang diperkaya dengan minyak ikan berkualitas tinggi (Navas et al., 1996), dimana perbandingan antara telur ikan cod air payau dengan telur ikan-ikan cod air laut menunjukkan bahwa kadar AA dan DHA/EPA dalam fraksi PL telur secara positif berkorelasi dengan simetri telur dan viabilitas (Pickova et al., 1997). Asam lemak ini memainkan peran penting dalam struktural sebagai komponen fosfolipid dalam biomembran ikan dan dihubungkan dengan permeabilitas membran dan fungsi fisiologi yang tepat untuk mengikat enzim-enzim pada membran dan fungsi sel pada ikan laut (Bell et al., 1986). Pada sejumlah ikan seperti halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), kadar n-3 PUFA (asam lemak tak jenuh berantai panjang) juga di harapkan menjadi sumber energi utama selama fase awal perkembangan embrio (Falk-Petersen et al., 1989). Namun demikian, komposisi asam lemak dari lemak telur ikan tidak hanya dapat ditentukan melalui pakan induk, namun juga berhubungan dengan spesies dan perbedaan sumber induk (Pickova et al., 1997). Kebutuhan asam lemak esensial untuk induk ikan *sparid* berkisar antara 1.5% dan 2% kadar n-3 HUFA dalam pakan (Watanabe et al., 1984a; 1985b; Fernandez-Palacios et al., 1995), menjadi lebih tinggi dari yang ditentukan bagi fase juvenilnya yang berkisar antara 0.5% dan 0.8% dalam pakan (Isquierdo, 1996). Nilai ini lebih tinggi daripada level optimum asam lemak esensial n-3 HUFA yang ditentukan untuk ikan *salmonid* yaitu sekitar 1%. (Watanabe, 1990).

Radikal bebas dapat merusak membran telur dan integritas membran. Vitamin E, C, dan karotenoid (contoh: astaxanthin), merupakan penangkal kuat oksigen aktif dan memiliki peran pelindung terhadap aksi-aksi radikal bebas. Pengaruh negatif dari defisiensi vitamin E terhadap kinerja reproduktif vertebrata telah dilaporkan pada awal tahun 1920-an, namun kebutuhan terhadap vitamin E diketahui sebagai bagian penting kebutuhan nutrisi bagi kegiatan reproduksi ikan pada tahun 1990, dimana defisiensi vitamin ini dapat mengakibatkan ketidak matangan gonad pada ikan mas dan ikan *ayu*, serta mengurangi angka

produksi dan daya tahan benih pada ikan *ayu* (Watanabe, 1990). Pemberian dosis vitamin E (hingga 2000 mg/kg) pada pakan ikan *red seabream* dapat meningkatkan persentase telur yang mengapung, nilai penetasan dan persentase larva normal (Watanabe et al., 1991a). Peningkatan jumlah vitamin E (alfa-tokoferol dari 22mg/kg menjadi 125 mg/kg juga secara signifikan mengurangi persentase abnormal pada telur ikan *gilthead seabream* (Fernandez-Palacios et al., 1997) dan menghasilkan peningkatan persentase telur normal. Nilai terendah fertilitas dan survival larva telah diteliti pada telur yang berasal dari induk yang diberi pakan dengan kadar alfa tokoferol terendah. Fungsi vitamin E sebagai antioksidan inter dan intra seluler untuk menjaga homeostatis dari metabolisme labil didalam sel dan plasma jaringan sudah diketahui. Pada tikus-tikus dengan penyakit diabetes, pemberian suplemen vitamin E terhadap pakan terhadap induk bunting juga mengurangi malformasi kongenital, meningkatkan konsentrasi tokoferol pada induk, embrionik, dan jaringan janin (Siman and Eriksson, 1997). Pada ikan *gilthead seabream*, penambahan vitamin E sebesar 250 mg/kg pakan dinilai mencukupi kebutuhan untuk keberhasilan proses reproduksi. Namun, Hemre et al. (1994) menyarankan bahwa jumlah asupan sebesar itu belumlah optimal bagi kebutuhan induk ikan *turbot*.

Fungsi vitamin E adalah sebagai antioksidan, terutama untuk melindungi asam lemak tidak jenuh pada fosfolipid dalam membran sel (Hamre, 2011). Penambahan vitamin E dalam pakan juga dapat menurunkan tingkat stres pada induk yang akan memijah karena perubahan lingkungan (Jalali et al., 2008). Penambahan vitamin E sebanyak 200 mg/kg pada pakan induk akan menghasilkan jumlah larva yang tertinggi (Mayes, 2003). Li et al. (2008), menyatakan bahwa untuk jenis-jenis *catfish* kebutuhan vitamin E berkisar antara 60-240 mg/kg pakan.

Kadar karotenoid dalam pakan induk juga telah dilaporkan menjadi hal penting bagi perkembangan normal embrio ikan dan larva. Namun, selama lebih dari 50 tahun terdapat kontroversi besar mengenai hubungan antara kadar

karotenoid telur dengan kualitas telur pada ikan-ikan *salmonid*. Metodologi yang dipakai oleh peneliti yang berbeda termasuk umur induk, perbedaan-perbedaan kadar karotenoid telur, perbedaan karotenoid-karotenoid (astaxanthin, canthaxanthin, dan lain-lain) termasuk dalam asupan pakan dinyatakan dalam kadar telur, ukuran sampel dan bahkan perbedaan kriteria yang dipakai untuk mendeterminasikan kualitas telur.

Sangat sedikit informasi penelitian yang telah dilakukan pada pemakaian jumlah asupan karotenoid yang diberikan pada pakan induk (Harris, 1984; Choubert and Blanc, 1993; Watanabe and Kiron, 1995). Penambahan ataxanthin yang dimurnikan kedalam pakan induk ikan *red seabream* dengan jelas telah meningkatkan persentase telur yang mengapung dan produksi telur, sebagaimana peningkatan terhadap persentase larva normal (Watanabe and Kiron, 1995). Selain itu, masuknya beta karoten tidak memberikan efek terhadap parameter-parameter tersebut. Miki et al. (1984) telah menguji pencampuran canthaxanthin atau astaxanthin dalam pakan terhadap telur ikan *red seabream* dan menemukan ketiadaan konversi dari karotenoid-karotenoid ini menjadi beta karoten. Sangat mungkin bahwa penyerapan usus yang rendah terhadap beta karoten dibandingkan dengan canthaxanthin atau astaxanthin menjadi sebab hasil ini. Absorpsi yang lebih sesuai dan penyimpanan hidroksi dan keto karotenoid pada ikan telah dilaporkan oleh Torrissen dan Christiansen (1995). Karotenoid merupakan salah satu dari kelompok-kelompok pigmen yang paling penting bagi ikan, dengan variasi fungsi yang luas termasuk menyediakan perlindungan dari kondisi pencahayaan yang buruk, sumber provitamin A, kemotaksis spermatozoa dan fungsi antioksidan termasuk proses pemadaman aktifitas oksigen tunggal sebagai radikal bebas (*singlet oxygen quenching*).

Kelangsungan hidup embrio juga dipengaruhi oleh kadar vitamin C dalam pakan induk. Vitamin ini diperlukan untuk proses sintesa kolagen selama masa perkembangan embrio. Pada induk ikan *rainbow trout (O. mykiss)*, kebutuhan vitamin C meningkat hingga delapan kali lebih tinggi dari kebutuhan juvenil nya (Blom and Dabrowski, 1995), kebutuhan yang lebih rendah terhadap asam

askorbat telah dilaporkan dalam kebutuhan nutrisi bagi pakan induk ikan cod (Mangor-Jensen et al., 1993).

Pada proses vitelogenesis, vitamin C dibutuhkan sebagai donor elektron pada proses hidroksilasi biosintesis hormon steroid. Selain itu, vitamin C juga berfungsi sebagai antioksidan yang akan melindungi kolesterol dari kerusakan akibat terjadinya proses oksidasi, sehingga kebutuhan kolesterol untuk proses biosintesis hormon estrogen dapat terpenuhi (Sinjal, 2007; Waagbø, 2010; Darias et al., 2011). Sumber energi dan nutrien esensial bagi perkembangan larva ikan ketika telur menetas bergantung pada materi bawaan yang telah dipersiapkan oleh induk terutama kadar kuning telur (Waagbø, 2010). Penambahan vitamin C dalam pakan induk bandeng (*Chanos chanos*) dapat memberikan manfaat tingginya frekuensi pemijahan dan daya tetas telur (Emata et al., 2000).

Penelitian lain dengan ikan *red seabream* menunjukkan asupan phospholipid juga meningkatkan kualitas telur (Watanabe et al., 1991a,b). Walaupun pengaruh menguntungkan dari phospholipid diberikan kepada kemampuannya untuk menangkal aktivitas radikal bebas (*quencher*) dan kemampuannya dalam menstabilisasi radikal bebas (Watanabe and Kiron, 1995), pada sejumlah spesies ikan, phospholipid sangat penting selama perkembangan larva, berperan dalam aktivitas katabolik setelah penetasan telur dan sebelum periode awal makan (Rainuzzo et al., 1997).

Fakta bahwa hanya sedikit yang diketahui mengenai kebutuhan akan vitamin A selama proses pematangan gonad dan pemijahan, disadari bahwa vitamin A penting bagi perkembangan embrio dan larva karena berperan penting dalam perkembangan tulang, pembentukan retina dan diferensiasi sel-sel imun. Peningkatan konsentrasi retinol dalam hati ikan turbot telah diamati selama waktu pematangan gonad, dengan meningkatnya masa pemeliharaan, maka kadar retinol dalam gonad akan berkurang selama proses pematangan (Hemre et al., 1994).

Nutrisi pakan lain yang mempengaruhi kinerja reproduksi ikan laut termasuk asupan protein. Sebagai contoh, pakan dengan kadar protein rendah namun berkalori tinggi akan menyebabkan menurunnya kinerja reproduksi ikan *red seabream* (Watanabe et al., 1984). Sedang bagi ikan *gilthead seabream*, pakan induk yang seimbang kadar asam amino esensial nya akan meningkatkan sintesa vitellogenin (Tandler et al., 1995). Lebih jauh lagi, penurunan nilai protein pakan dari 51% ke 34% bersama-sama dengan peningkatan asupan karbohidrat dari 10% menjadi 32% dilaporkan mengurangi viabilitas telur pada ikan *seabass* (Cerdeira et al., 1994b). Pakan ini menjadi penyebab terjadinya alterasi dalam pelepasan GnRH pada induk ikan *seabass* selama pemijahan (Kah et al., 1994) dan level hormonal plasma gonadotropin GtH II, yang dikenal memainkan peran penting dalam proses pematangan oosit dan proses ovulasi (Navas et al., 1996).

Penelitian kebutuhan induk ikan terhadap thiamin (vitamin B₁) perlu dilakukan karena terbukti berperan penting untuk perkembangan embrio dan larva yang normal, seperti pada ikan-ikan salmonid. Singkatnya, suntikan thiamin pada ikan *Atlantic salmon* betina yang sedang berada dalam tahapan akhir TKG (tingkat kematangan gonad) dapat mengurangi mortalitas larva (Ketola et al., 1998). Juga pada telur atau benih, konsentrasi thiamin berhubungan dengan berkurangnya sindrom kematian awal pada ikan *feral lake trout* (Brown et al., 1998) dan Pasifik (Hornung et al., 1998) dan salmon Atlantik (Wooster and Bowser, 2000).

Penelitian sebaiknya juga langsung diarahkan kepada penghitungan/ perkiraan kebutuhan terhadap pyridoksin (Vitamin B₆) dalam pakan induk. Vitamin B₆ diketahui penting bagi sintesa hormon steroid dan asam folat karena defisiensinya dapat berakibat berkurangnya pemisahan sel sebagai akibat sintesa yang tidak seimbang terhadap DNA dan RNA dan memiliki peran di dalam meningkatkan keberhasilan penetasan telur (Halver, 1989). Sayangnya, tidak ada informasi yang tersedia terhadap pengaruh jenis vitamin B yang lain dalam aktivitas reproduksi ikan.

2.6. Efek nutrisi bagi induk terhadap kualitas larva

Hanya sedikit studi yang dapat menunjukkan peningkatan kualitas benih melalui penerapan nutrisi bagi induk. Meningkatkan kadar lemak dari 12% ke 18% terhadap induk ikan *rabbitfish* menghasilkan produksi larva yang berukuran besar dan meningkatkan survival rate dalam 14 hari setelah penetasan (Duray et al., 1994). Peningkatan n-3 HUFA (terutama asam *docosahexaenoic*) ke dalam pakan induk dapat meningkatkan berat larva secara signifikan dan daya tahan nya terhadap kejutan osmotik (Aby-ayad et al., 1997). Dengan cara yang sama, meningkatkan kadar n-3 HUFA ke dalam pakan induk ikan *gilthead seabream* dapat meningkatkan persentase jumlah larva yang hidup setelah cadangan kuning telur habis. Ditambah lagi, pertumbuhan, daya tahan hidup, dan pengembangan gelembung renang pada larva ikan *gilthead seabream* akan meningkat jika menggunakan minyak ikan dibanding minyak kedelai kedalam pakan induk (Tandler et al., 1995). Namun, pemberian n-3 HUFA secara berlebihan ke dalam pakan ikan (lebih dari 2%) akan menyebabkan hipertropi pada kantung kuning telur larva ikan *gilthead seabream* dan menurunnya daya tahan hidup larva (Fernandez-Palacios et al., 1995). Hal ini diduga berkaitan dengan peningkatan kebutuhan nutrisi antioksidan karena meningkatnya asupan alfa tokoferol dari 125 menjadi 190 mg/kg akan dapat menghalangi munculnya hipertropi pada kantung kuning telur dan mortalitas larva (Fernandez-Palacios et al., 1998).

2.7. Peranan waktu dalam nutrisi induk

Pada sejumlah spesies ikan seperti *gilthead seabream* atau *red seabream*, komposisi telur dipengaruhi oleh rasum pakan dalam beberapa minggu setelah pemberian pakan (Watanabe et al., 1985b; Fernandez-Palacios et al., 1995; Tandler et al., 1995); Bagi spesies-spesies ini periode vitellogenetik yang singkat mungkin untuk meningkatkan kualitas pemijahan dengan memodifikasi kualitas nutrisi pakan bagi induk bahkan disaat musim pemijahan sedang berlangsung (Fernandez-Palacios et al., 1995, 1997, 1998; Tandler et al., 1995). Begitu juga halnya, untuk meningkatkan kualitas telur

dan nilai produksi telur ikan *seabass* dengan memberi pakan induk menggunakan jumlah tertentu HUFA selama periode vitellogenetik yang mana membutuhkan waktu sedikit lebih lama jika dibandingkan kelompok ikan-ikan *sparid* (Navas et al., 1997). Pada calon induk yang akan memijah dengan masa vitellogenesis hingga 6 bulan (Fremont et al., 1984), seperti ikan-ikan *salmonid*, induk harus diberi pakan berkualitas baik selama beberapa bulan sebelum musim pemijahan untuk meningkatkan kinerja reproduksinya (Watanabe et al., 1984d; Corraze et al., 1993).

Meskipun profil asam lemak pada otot ikan dan perkembangan telur ikan *coho salmon* (Hardy et al., 1990) telah merefleksikan profil asupan asam lemak yang berasal dari pakan hanya setelah dua bulan pemberian pakan, Harel et al., (1992) menunjukkan bahwa komposisi jaringan lemak induk ikan *gilthead seabream* telah mencapai keseimbangan dalam asupan lemak setelah hanya 15 hari pemberian pakan. Ikan *turbot* dapat menjadi pengecualian dalam pengamatan ini karena penting untuk memberi pakan induk dengan kadar nutrisi yang tinggi selama periode vitellogenesis dan periode pemijahan. Komposisi ovarium ikan *turbot* lebih dipengaruhi oleh pakan selama tahap-tahap awal perkembangan gonad (Lie et al., 1993).

2.8. Ransum yang bernilai sebagai pakan induk

Sejumlah bahan pakan telah dikenal memiliki nilai yang tinggi untuk dijadikan sumber nutrisi induk. Pada ikan *gilthead seabream*, dimana induk diberi pakan gilingan daging cumi-cumi atau diberi pakan komersial dengan penambahan gilingan daging cumi-cumi, suatu hubungan dekat antara lemak dan komposisi asam lemak dari pakan induk dan telur telah ditemukan (Mourente and Odriozola, 1990). Sejumlah peneliti menyarankan bahwa cumi-cumi (Mourente et al., 1989; Zohar et al., 1995) mengandung komponen nutrisi yang penting bagi keberhasilan pemijahan ikan *gilthead seabream*. Mourente et al., (1989) menghubungkan pengaruh yang menguntungkan ini pada tingginya kadar EFA dalam cumi-cumi.

Namun, Watanabe et al. (1984) menyarankan bahwa nilai asupan yang tinggi dari daging cumi umumnya disebabkan oleh fraksi lemak tak jenuh dalam pakan. Fernandez-Palacios et al. (1997) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi komponen dalam daging cumi-cumi yang mampu meningkatkan kualitas telur (Fernandez-Palacios et al., 1997). Induk ikan *gilthead seabream* diberi pakan dasar yang mengandung daging ikan, cumi-cumi, daging ikan yang tidak mengandung lemak dengan minyak cumi atau daging cumi bebas lemak dengan minyak ikan.

Peneliti ini menunjukkan suatu peningkatan dalam kualitas telur jika induk diberi pakan fraksi lemak tidak jenuh dari daging cumi khususnya dalam peningkatan terhadap jumlah total penetasan telur (per kilogram berat betina) dan persentase viabilitas dan fertilitas telur. Protein daging cumi-cumi, suatu komponen utama dari fraksi lemak tak larut dilaporkan memiliki pengaruh baik dan menguntungkan bagi kualitas telur (Fernandez-Palacios et al., 1997). Karena profil asam amino dalam berbagai pakan yang diberikan tersebut jumlahnya sama selama penelitian, maka nilai kadar nutrisi pakan berprotein cumi yang diberikan mungkin berhubungan dengan kemampuan cerna protein yang lebih tinggi oleh ikan *gilthead seabream* (Fernandez-Palacios et al., 1997). Buktinya, level protein yang sedikit lebih tinggi ditemukan pada telur-telur dari induk yang diberi pakan dengan sumber berprotein cumi, dan induk juga akan memproduksi 40% telur lebih banyak/kg/induk dibandingkan jika hanya diberi pakan dasar berbahan dasar ikan. Watanabe et al. (1991a) melaporkan bahwa kadar kalsium yang tinggi dari daging ikan tidak menyebabkan hasil pemijahan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan pakan yang diberi daging cumi-cumi. Mereka menemukan bahwa penambahan kalsium ke dalam pakan dasar berprotein cumi tidak memberi pengaruh nyata pada kualitas telur ikan *red seabream*.

Meningkatnya produksi telur dan viabilitas juga diamati oleh Watanabe et al. (1984) ketika ikan *red seabream* diberikan daging cumi sebagai pakan dasar. Selanjutnya penggantian sebesar 50% dari daging ikan ke daging cumi menghasilkan peningkatan dalam viabilitas telur, meskipun jumlah telur yang

diproduksi per induk betina tidak terpengaruh. Penggantian protein atau lemak yang diekstrak dari daging cumi-cumi dengan protein atau lemak yang berasal dari kedelai kedalam pakan untuk induk ikan *gilthead seabream* menyebabkan penurunan jumlah produksi telur dan daya tahan hidup larva umur tiga hari (Zohar et al., 1995). Hal ini dapat terjadi disebabkan pengaruh positif dari protein daging cumi atau pengaruh negatif dari kedelai. Walaupun telah ditunjukkan (Robaina et al., 1995) bahwa protein kedelai merupakan sumber protein potensial untuk menjadi substitusi parsial daging ikan sebagai bahan pakan bagi ikan *gilthead seabream*, namun kedelai mengandung beberapa faktor anti nutrisi yang membatasi penggunaannya sebagai suplemen protein. Selanjutnya ketidakseimbangan komposisi asam lemak dalam hal tingginya kadar n-6 asam lemak berantai panjang (*polyunsaturated fatty acid*) dan rendahnya kadar asam lemak n-3 bersama-sama dengan rendahnya ketersediaan fosfor (Robaina et al., 1995) di dalam pakan induk berbahan dasar protein kedelai, dapat berakibat langsung menurunnya kualitas pemijahan karena kedua nutrisi sangat esensial untuk proses reproduksi bagi ikan-ikan *sparid* (Watanabe et al., 1984a; Watanabe and Kiron, 1995).

Bahan pakan yang lain, sering dimasukkan kedalam pakan ikan-ikan *sparid*, adalah *krill* mentah dengan kualitas pembeda yaitu memberi efek memperkaya bahan pakan jika dibanding dengan daging ikan. Sebagai contoh, viabilitas produksi larva pada ikan *red seabream*, dalam hal persentase telur yang mengapung, total telur yang menetas dan larva normal, meningkat lebih dari dua kali lipat jika *krill* dimasukkan sebagai ransum pakan induk (Watanabe and Kiron, 1995). Penelitian oleh Watanabe et al., (1991a,b) membuktikan kualitas pemijahan dari efek pengayaan pakan memakai *krill* mentah menunjukkan bahwa kedua fraksi lemak polar dan non polar mengandung komponen nutrisi penting bagi induk ikan *red seabream*. Mereka mengemukakan bahwa pengaruh positif penambahan *phosphatidyl* kolin dan astaxanthin dari fraksi polar dan non polar secara respektif. Dibalik pentingnya *krill* sebagai faktor yang memperkaya nutrisi terhadap kualitas pemijahan pada ikan *red seabream*, hanya sedikit informasi yang dipublikasikan mengenai

nilai nutrisi *krill* mentah atau komponen-komponen nya bagi induk ikan-ikan *sparid* yang lain. Data terbaru menunjukkan induk ikan *yellowtail* yang diberi pakan pelet kering lembut tanpa daging *krill* tidak menunjukkan penurunan terhadap kualitas pemijahan jika dibandingkan dengan ikan yang diberikan suplemen daging *krill* dengan kadar 10% (Verakunpiriya et al., 1997). Sebagai tambahan, peningkatan kadar *krill* hingga 20% dan 30% akan menyebabkan menurunnya kualitas telur akibat tingginya level astaxanthin (Verakunpiriya et al., 1997).

2. 9. Praktek pemberian pakan induk

Saat ini, hampir seluruh spesies ikan budidaya menggunakan pakan komersial. Dalam prakteknya, sejumlah panti pembenihan untuk ikan-ikan air tawar meningkatkan nutrisi induk ikan omnivore atau karnivora yang mereka miliki dengan memberi pakan berupa produk-produk segar (Aryani dan Suharman, 2014; Azrita et al, 2014) atau kombinasi dengan pakan komersial. Organisme segar yang dipakai sebagai pakan bagi induk adalah kijang air tawar, juvenile ikan nila atau udang dan cumi. Penggunaan produk perikanan yang belum diproses ini seringkali tidak menyediakan jumlah nutrisi yang cukup bagi kebutuhan nutrisi induk. Kualitas nutrisi dari pakan berformulasi secara efektif dapat ditingkatkan. Sebagai contoh, peningkatan dalam jumlah n-3 HUFA ke dalam asupan pakan hingga 2% dengan kadar alfa tokoferol hingga 250 mg/kg pakan, dan mengutamakan daging kijang air tawar dibanding daging ikan dapat meningkatkan produksi larva tiga kali lipat jika dibandingkan dengan hanya memberi pakan komersial saja (Aryani dan Suharman, 2014). Perubahan nutrisi ini tentunya akan meningkatkan biaya produksi pakan menjadi lebih tinggi jika saja pakan dikembangkan untuk tiap-tiap spesies. Dapat dilihat bahwa pembuatan pakan bagi induk secara spesifik untuk setiap spesies yang memiliki potensi budidaya bernilai ekonomis tentunya akan sangat diperlukan. Namun keuntungan atas peningkatan daya kelangsungan hidup yang kemudian akan meningkatkan jumlah produksi larva ikan tentunya akan memberikan

nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jumlah biaya yang dikeluarkan untuk memberi makan induk.

BAB 3

PERANAN NUTRISI UNTUK BENIH IKAN

3.1. Efek nutrisi dan konsumsi pakan

Pakan buatan dan suplemen memainkan peran penting untuk mencapai produksi perikanan budidaya yang lebih tinggi. Produksi ikan dapat naik sepuluh kali melalui pakan buatan dalam budidaya (Singh et al., 1997; Ahmad et al., 2013). Protein dianggap bahan yang paling mahal dan mungkin elemen pakan yang paling penting dalam pertumbuhan spesies budidaya. Penentuan kebutuhan protein ikan sangat penting untuk pengembangan nutrisi pakan yang memadai untuk budidaya ikan. Perbedaan kebutuhan protein untuk ikan adalah karena perbedaan dalam kebiasaan makan, ukuran ikan, suhu air, kualitas pakan, komposisi pakan, nilai biologis protein dan sumber energi non-protein (Halver et al., 1964; Garling and Wilson, 1976; Mazid et al., 1979; Dabrowski et al., 1989). Garling dan Wilson (1976) melaporkan tingkat protein kasar sebesar 25%-36% dalam pakan adalah yang optimum untuk ikan di daerah tropis. Untuk ikan Gold fish (*Carasius auratus*) berkisar antara 36,02-37,08% (Bilen dan Muge, 2013). Biasanya ikan berukuran kecil membutuhkan tingkat protein lebih tinggi daripada ikan yang lebih besar. Kebutuhan protein yang diperkirakan untuk ikan mas adalah sekitar 31% (Varghese et al., 1976) dan untuk benih ikan Rohu (*Labeo rohita*) adalah 25% (Kumar et al., 2011).

Praktek pemeliharaan benih di kolam pembesaran adalah suatu hal yang penting. Produksi benih dilakukan dalam rangka untuk memenuhi kebutuhan benih sepanjang tahun. Ikan berukuran benih memperlihatkan pertumbuhan yang lebih baik dan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi pada fase pembesaran. Produksi ikan ukuran benih dapat dicapai dengan padat tebar yang tinggi dengan memberikan pakan yang optimal dan pemupukan kolam (Veerina et al., 1993). Nandeesh et al. (1994) mempelajari kinerja pertumbuhan benih ikan Rohu dan menyatakan bahwa protein 25% dan karbohidrat 37% adalah sebagai persyaratan pakan yang optimal.

Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan tergantung pada tingkat protein di dalam pakan (Kumar et al., 2011). Swamy (2004) dan Kumar et al. (2011) melaporkan pertumbuhan yang baik untuk benih ikan mrigal dan Rohu adalah pada tingkat protein pakan 25%.

Sebagai contoh ransum pakan ikan dengan kadar protein berbeda untuk pertumbuhan benih ikan Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton) dicantumkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1
Proporsi ransum pakan benih ikan indian major carp (*Catla catla*)

Ransum (%)	20%	25%	30%
tepung ikan	12	20	26
minyak kacang tanah	25	28	35
bekatul	43	38	29
tepung topioka	19	13	09
Mineral premix*	01	01	01

Sumber : Ramaswamy et al, 2013

Parameter yang diuji adalah persentase kelangsungan hidup, laju pertumbuhan spesifik (% per hari), food conversion ratio (FCR), hepatosomatic index (HSI), viscerosomatic index (VSI) and ratio efisiensi protein (PER) dengan memakai rumus sebagai berikut :

- Kelangsungan hidup : Jumlah ikan yang hidup/ total jumlah ikan
- Specific growth rate : $\log_e W_2 - \log_e W_1 / T_2 - T_1 \times 100\%$
- Feed conversion ratio : Berat kering pakan yang diberikan (g)/
pertambahan bobot basah biomasa (g)
- Protein efficiency ratio : pertambahan bobot badan (g)/ Protein
intake (g)
- Hepatosomatic index : berat hati (g)/ bobot ikan (g) x 100
- Viscerosomatic index : Berat viscera (g)/ total bobot ikan (g) x 100

Penelitian mengenai penyimpanan pakan uji selama periode penelitian yaitu 120 hari menunjukkan terjadi sedikit peningkatan kadar air dan penurunan protein kasar dan lemak kasar di semua level pakan (Table 3.2). Kelembaban relatif yang tinggi, suhu dan sifat higroskopis bahan selama periode pembakaran mungkin telah mengakibatkan peningkatan kadar air pakan.

Dalam merumuskan pakan buatan, komponen protein penting dipertimbangkan, karena memberi kontribusi signifikan terhadap biaya pakan dan laju pertumbuhan ikan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menentukan kebutuhan protein yang optimal untuk mengembangkan ransum bergizi seimbang untuk budidaya ikan. Garling dan Wilson (1976) melaporkan pada level 25-36% protein kasar dalam pakan adalah optimum untuk ikan daerah tropis.

Tabel 3.2
Komposisi proksimat pakan uji (standar error)

Parameter	T1 (20%)		T2 (25%)		T3 (30%)	
	awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir
Kelembaban	1.08 (0.08)	3.02 (0.03)	0.95 (0.40)	3.26 (0.23)	3.40 (0.40)	3.80 (0.13)
Protein kasar	19.26 (0.86)	19.06 (0.04)	24.08 (0.44)	23.86 (0.09)	29.33 (0.44)	28.95 (0.09)
Lemak	2.55 (0.15)	2.50 (0.10)	3.05 (0.05)	2.55 (0.05)	4.00 (0.00)	3.00 (0.30)
Abu	16.50 (3.65)	28.50 (1.92)	20.70 (0.05)	31.37 (0.25)	21.71 (0.07)	31.43 (0.23)
Serat kasar	24.76 (0.25)	24.92 (0.08)	21.54 (0.51)	23.05 (0.37)	20.15 (0.00)	21.10 (0.05)
NFE	35.85	22.00	29.68	15.91	21.41	11.72

Sumber : Ramaswamy et al, 2013

Biasanya kebutuhan protein yang disarankan tergantung pada spesies, ukuran dan faktor lingkungan, terutama suhu. Kadar optimal protein merupakan

prasyarat untuk perumusan ransum hemat biaya dan cukup gizi. Tepung ikan yang digunakan untuk penyusunan pakan percobaan dalam penelitian ini adalah berkualitas baik dengan kadar protein rata-rata 52,45%. Tepung ikan dengan kadar protein > 50% dianggap berkualitas baik (NAS, 1979). Nandeesh et al. (1994) melaporkan bahwa protein 25% dan 37% karbohidrat adalah persyaratan optimal dalam pakan alami untuk ikan indian major carp. Swamy (2004) dan Kumar et al. (2011) menemukan bahwa pakan dengan kadar protein 25% memiliki dampak yang lebih baik daripada pakan lain pada pertumbuhan benih ikan mrigal dan Rohu yang dipelihara di kolam. Oleh karena itu tingkat protein kasar 20%, 25% dan 30% dipilih untuk ransum percobaan yang digunakan dalam penelitian ini. Benih ikan catla-catla yang diberi pakan dengan level protein 25% (T2) menunjukkan kinerja pertumbuhan yang terbaik, diikuti oleh T1 yaitu pakan dengan level protein kasar 20% (Tabel 3.3). Kinerja pertumbuhan benih ikan *Catla. catla*, dalam penelitian ini sebanding dengan penelitian Nandeesh et al. (1994) tentang benih ikan Rohu. Penurunan pertumbuhan benih *Catla catla* dengan meningkatnya level protein di atas optimum dalam penelitian ini sama dengan dengan yang dilaporkan untuk ikan catla (Dars et al., 2010), grass carps (Dabrowsky et al., 1977) dan benih ikan Rohu (Kumar et al., 2011).

Tabel 3.3
Data pertumbuhan, survival rate, produksi dan indeks tubuh dari benih ikan catla

Parameters	20%	25%	30%
Berat awal (g)	7.10	7.10	7.10
Berat akhir (g)	82.76 (1.19) ^b	104.89 (0.00) ^c	70.87 (5.12) ^d
Survival (%)	89.29 (3.55) ^b	96.43 (3.57) ^c	85.71 (0.00) ^b
Produksi bersih (g 25m ² 120 day ¹)	2069	2622.25	1771.75
VSI (%)	4.91 (0.91) ^a	4.91 (0.91) ^a	6.24 (0.28) ^b
HSI (%)	0.77 (0.04) ^b	0.93 (0.10) ^c	0.6 (0.04) ^a
SGR (%)	1.797 (0.02) ^b	1.995 (0.00) ^c	1.54 (0.07) ^a
FCR	1.14 (0.06) ^a	1.26 (0.07) ^a	1.45 (0.12) ^b
PER	4.57 (0.26) ^a	3.3 (0.19) ^b	2.37 (0.19) ^c

Sumber : Ramaswamy et al, 2013.

Dari hasil penelitian diperoleh tingkat kelangsungan hidup tertinggi sebesar 96,43% terdapat pada pakan dengan kadar protein 25%, diikuti oleh protein

20% yaitu 89,29% dan 30% sebesar 85,71%. Produksi tertinggi sebesar 2633.25 g /25 m² terdapat pada ikan yang diberi pakan dengan kadar protein 25% dan produksi terendah sebesar 1507.25 g /25 m² terdapat pada benih yang diberi pakan kadar protein 20%. Komposisi karkas diketahui dipengaruhi oleh banyak faktor seperti lokasi geografis, usia, jenis kelamin, kematangan dan kondisi pakan. Di antara faktor-faktor ini, jenis dan sifat pakan yang dicerna dianggap yang paling penting (Parove, 1976; Reimers dan Meske, 1977; Srikar et al, 1979.).

Konsumsi dan efisiensi pakan dapat dianalisis dari ikan yang dipuasakan, ikan dapat mengalami peningkatan konsumsi pakan selama beberapa hari pada waktu diberi makan kembali. Chatakondi dan Yant (2001) melaporkan bahwa puasa selama periode tertentu, yaitu selama satu, dua atau tiga hari, kemudian diikuti dengan pemberian pakan kembali akan menyebabkan ikan mengalami *hyperphagia*, yaitu periode di mana nafsu makan ikan meningkat, selama dua sampai tiga hari, kemudian menurun kembali ke nafsu makan normal. Peningkatan konsumsi pakan setelah ikan dipuasakan tersebut diikuti dengan peningkatan laju pertumbuhan mutlak, sehingga penggunaan pakan lebih efisien.

Penelitian tentang perbaikan efisiensi pakan yang telah dilakukan pada umumnya terfokus pada eksplorasi kadar gizi pakan dan nafsu makan ikan. Hal ini telah dilaporkan oleh Wu et al. (2001) bahwa efisiensi penggunaan pakan mengalami peningkatan pada ikan yang mengalami kompensasi pertumbuhan, yaitu penambahan bobot tubuh yang cepat pada saat ikan diberi makan kembali setelah dipuasakan.

Yuwono et al (2005) mencobakan melakukan penelitian konsumsi dan efisiensi pakan pada ikan yang dipuasakan dengan nilai proksimat pakan (Tabel 3.4). Bahan yang digunakan adalah benih ikan kerapu bebek (*Cromileptes altovelis*) dengan bobot 10,86±1,42 g. Ikan kerapu bebek sebanyak 500 ekor beserta pakan berupa pellet diperoleh dari Loka Budi daya Air Payau Situbondo, Jawa Timur. Sebelum digunakan dalam percobaan, ikan

kerapu bebek tersebut diaklimatisasikan selama dua minggu di Laboratorium Fisiologi Hewan, Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Selama periode aklimatisasi ikan dipelihara dalam wadah percobaan berisi air laut sebanyak 100 liter, kadar salinitas 29 ppt, dengan kepadatan 25 ekor per wadah dan diberi pakan dua kali sehari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi pakan pada ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) yang diberi makan setiap hari (kontrol) lebih tinggi daripada ikan yang dipuasakan (Tabel 3.5). Hal tersebut dapat disebabkan oleh jumlah hari pemberian pakan yang lebih tinggi pada ikan kontrol. Namun demikian, konsumsi pakan harian pada ikan yang dipuasakan secara periodik mengalami peningkatan dibandingkan dengan kontrol. Konsumsi pakan ikan kontrol yang tinggi tidak diikuti oleh penambahan bobot tubuh yang lebih tinggi. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan bobot tubuh ikan kerapu bebek yang dipuasakan (P1, P2, dan P3) tidak berbeda nyata dengan penambahan bobot tubuh ikan yang tidak dipuasakan ($P < 0,05$). Jadi berkurangnya pakan yang diberikan pada ikan perlakuan tidak menurunkan pertumbuhan. Dengan demikian, rasio konversi pakan ikan yang dipuasakan lebih baik daripada ikan kontrol yang diberi makan setiap hari (Tabel 3.5).

Tabel 3.4
Kadar nutrisi pakan ikan dalam bobot kering yang digunakan dalam percobaan

Komponen nutrisi	kadar (%)
Protein	43,69
Lemak	19,31
Serat	5,49
Abu	28
BETN	3,51

Sumber : Yuwono et al, 2005

Tabel 3.5
 Jumlah hari pemberian pakan, konsumsi pakan, rasio
 konversi pakan dan, efisiensi pakan ikan kerapu bebek
 (*Cromileptes altivelis*)

Perlakuan	JHP (hari)	KP (g)	RKP	KPH (g)	EP
K	28	7,33a	1,63	0.30	0.59 ^b
P1	19	5,47c	1,39	0.34	0.65 ^a
P2	21	5,67c	1,49	0.31	0.64 ^a
P3	20	6,47b	1,60	0.33	0.64 ^a

Keterangan

1. Konsumsi pakan (KP) yaitu jumlah pakan yang dikonsumsi oleh ikan selama periode penelitian dalam gram;
2. Rasio konversi pakan (RKP) dihitung dengan rumus berikut: $RKP = KP/PB$ dengan catatan: KP adalah konsumsi pakan, PB adalah pertambahan bobot tubuh ikan yaitu bobot akhir ikan dikurangi bobot awal ikan dalam gram.
3. Konsumsi pakan harian (KPH) dihitung dengan rumus berikut: dengan catatan: $KPH = KP/JHP$, KP adalah konsumsi pakan total dalam gram, dan JHP adalah jumlah hari pemberian pakan
4. Efisiensi pakan dihitung dengan rumus: LPM/KPH di mana $LPM = PB/JHP$, dan PB adalah pertambahan bobot tubuh ikan selama penelitian, JHP adalah jumlah hari pemberian pakan selama penelitian.

Fenomena peningkatan konsumsi pakan harian pada ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) dalam penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu pada spesies ikan lain. Percobaan dengan perlakuan dipuaskan secara periodik telah dilakukan pada ikan *Ictalurus punctatus* (Gaylord dan Gatlin, 2000; Chatakondi dan Yant, 2001) yang hasilnya menunjukkan bahwa konsumsi pakan harian meningkat pada saat ikan diberi makan kembali setelah dipuaskan (*hyperphagia*). Penyebab meningkatnya nafsu makan pada ikan

yang diberi pakan setelah dipuasakan perlu dikaji lebih lanjut. Pada ikan *Oncorhynchus mykiss* yang dipuasakan selama 2 dan 4 hari, kemudian diberi pakan kembali lebih cepat mengeluarkan feses, menunjukkan percepatan kapasitas pencernaan, sehingga konsumsi pakan meningkat (Nikki et al., 2004).

Telah dibuktikan dengan penelitian ini bahwa pengurangan pemberian pakan pada ikan kerapu dengan cara dipuasakan dapat meningkatkan efisiensi pakan, tanpa memperburuk pertumbuhan, tetapi meningkatkan laju pertumbuhan mutlak. Tampaknya, ikan kerapu bebek mengalami pertumbuhan pesat setelah dipuasakan karena konsumsi pakan harian yang meningkat. Peningkatan konsumsi pakan memberikan pasokan nutrisi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan metabolisme yang meningkat pada periode pertumbuhan yang cepat. Pertumbuhan yang cenderung meningkat pada ikan yang dipuasakan juga telah dilaporkan pada beberapa spesies ikan di antaranya: *Ephinephelus salmodes* (Teng et al, 1978). Peneliti ini menunjukkan bahwa peningkatan laju pertumbuhan disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi tiroksin dan triiodotironin dalam plasma ikan pada saat diberi pakan kembali setelah dipuasakan. Hormon tiroid dimungkinkan berperan dalam memacu pertumbuhan.

Peningkatan konsumsi pakan harian yang menghasilkan pertumbuhan cepat pada ikan yang dipuasakan secara periodik telah dilaporkan pada ikan *Ictalurus punctatus* (Gaylord dan Gatlin, 2000). Akan tetapi, ikan tersebut tidak diberi makan dalam periode yang ditentukan, melainkan hanya selama hiperfagia yang terjadi selama 2–3 hari pemberian makan kembali setelah dipuasakan (Chatakondi dan Yant, 2001). Pada penelitian ini, ikan kerapu bebek diberi makan dalam periode yang ditentukan. Karena 1 minggu terdiri atas 7 hari, maka periode pemberian pakan 2 dan 3 hari secara bergantian (P3) adalah yang paling praktis, sehingga ikan dipuasakan 2 kali dalam seminggu pada hari yang tetap .

Efisiensi pakan meningkat setelah ikan mengalami daur ulang puasa 1 hari atau bahkan daur ulang puasa 3 hari diikuti dengan pemberian pakan kembali (Chatakondi dan Yant, 2001). Namun, efisiensi pakan dapat menurun jika ikan dipuasakan lebih dari 3 hari kemudian diberi makan kembali selama *hyperphagia*, seperti dilaporkan pada ikan *Ictalurus punctatus* (Gaylord *et al.*, 2001). Jadi, daur ulang puasa 1–3 hari yang diikuti pemberian pakan kembali merupakan cara yang dapat diterapkan dalam manajemen pemberian pakan untuk mengurangi jumlah pakan yang diberikan. Namun, terlebih dahulu dibutuhkan penelitian lebih lanjut tentang kelulusan hidup ikan yang dipuasakan secara periodik sebelum diterapkan dalam sistem budidaya ikan.

Penelitian kadar protein pakan dan rasio pemberian pakan telah dilakukan terhadap benih ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial. Faktor pertama adalah 3 level protein yaitu 36%, 42%, 48%, dan faktor kedua adalah 3 rasio pemberian pakan yaitu 1,5%, 2,0% dan 2,5% per hari dari biomas, masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Formulasi pakan tertera pada Tabel 3.6.

Pakan dicetak dalam bentuk pellet dengan diameter 3 mm, dikeringkan menggunakan “*freeze drier*” dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 4 °C sebelum dipakai dan selama pelaksanaan penelitian. Pemberian pakan dilakukan tiga kali setiap hari pada pukul 08:00, 11:30 dan 15:30 WITA.

Tabel 3.6
Komposisi ransum pakan ikan kerapu (g/100 g pakan)

Bahan	Kadar protein pakan		
	36%	42%	48%
Kasein	3,5	7,1	11,2
Tepung ikan	30,0	33,8	37
Tepung cumi	7,0	7,0	7,0
Tepung rebon	5,0	5,0	5,0
Tepung kedelai	10,0	10,0	10,0
Dextrin	27,9	20,8	13,7
Minyak ikan	4,8	4,5	4,3
Vitamin mix ¹	1,3	1,3	1,3
Mineral mix ²	2,5	2,5	2,5
Filter	6,0	6,0	6,0
Carboxyl methyl cellulose (CMC)	2,0	2,0	2,0
Total	100	100	100
Komposisi proksimat			
Protein kasar (%)	36,09	42,07	48,07
Lemak (%)	9,1	9,07	9,1
Abu (%)	16,29	18,75	20,26
Karbohidrat (%)	36,77	28,63	23,8

Sumber : Marzuqi dan Anjusary 2013.

Keterangan :

1) Vitamin Mix (mg/100 g pakan): Thiamin-HCl 5.0; riboflavin 5.0; Ca-pantothenate 10.0; niacin 2.0; pyridoxin-HCl 4.0; biotin 0.6; folic acid 1.5; cyanocobalamin 0.01; inositol 200; p-aminobenzoic acid 5.0; menadion 4.0; vit A palmitat 15.0; chole-calciferol 1.9; α -tocopherol 20.0; cholin chloride 900.0

2) Mineral Mix (mg/100g pakan): KH₂PO₄ 462; CaCO₃ 282; Ca(H₂PO₄) 618; FeCl₃.4H₂O 166; ZnSO₄ 9.99; MnSO₄ 6.3; CuSO₄ 2; CoSO₄.7H₂O) 0.05; KJ 0.15; Dekstrin 450; Selulosa 553.51

Ikan kerapu macan diperoleh dari hatcheri di Gondol, Buleleng, Bali. Sebelum digunakan untuk penelitian, benih dipelihara dalam bak bervolume 3 ton dengan menggunakan pellet sampai benih dapat merespon pakan dengan baik. Penelitian dilakukan dalam 27 buah bak fiber bervolume 400 liter, Setiap bak diisi 10 ekor ikan kerapu macan dengan kisaran berat awal 102,51-102,73g. Masing-masing bak dilengkapi dengan sistem aerasi dan air mengalir dengan pergantian air 1 L/menit. Setiap minggu, ikan ditimbang untuk menyesuaikan jumlah pakan yang diberikan, selanjutnya dilakukan penimbangan berat dengan menimbang satu per satu ikan uji pada setiap bak. Data berat yang

diperolehdigunakan untuk menghitung laju pertumbuhan dan pertambahan berat (Tabel 3.7)

Tabel 3.7
Pertambahan berat (%), pertumbuhan spesifik (g/hari), efisiensi pakan, kelangsungan hidup (%) ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*).

Peubah/rasio pakan (%)	Rasio	Kadar protein pakan (%)		
		36	42	48
Pertambahan berat (%)	1,5	66,0 ± 12,32 ^a	54,12 ± 27,20 ^a	104,05 ± 5,89 ^a
	2,0	59,07 ± 7,70 ^a	66,36 ± 36,07 ^a	86,84 ± 27,44 ^a
	2,5	78,75 ± 44,63 ^a	71,43 ± 26,33 ^a	90,98 ± 18,99 ^a
Pertumbuhan spesifik (g/hari)	1,5	0,60 ± 0,11 ^a	0,50 ± 0,25 ^a	0,95 ± 0,05 ^a
	2,0	0,54 ± 0,07 ^a	0,61 ± 0,03 ^a	0,80 ± 0,25 ^a
	2,5	0,72 ± 0,41 ^a	0,65 ± 0,24 ^a	0,83 ± 0,17 ^a
Efisiensi pakan	1,5	0,39 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,14 ^a	0,53 ± 0,02 ^a
	2,0	0,29 ± 0,02 ^a	0,30 ± 0,15 ^a	0,43 ± 0,07 ^a
	2,5	0,33 ± 0,12 ^a	0,35 ± 0,06 ^a	0,39 ± 0,02 ^a
Kelangsungan hidup (%)	1,5	93,33 ± 5,77 ^a	100,00 ± 0 ^a	96,67 ± 5,77 ^a
	2,0	96,67 ± 5,77 ^a	93,33 ± 5,77 ^a	96,67 ± 5,77 ^a
	2,5	93,33 ± 11,55 ^a	96,67 ± 5,77 ^a	96,67 ± 5,77 ^a

Sumber : Marzuqi et al, 2013

Artinya, dengan kadar protein pakan 36%, 42% dan 48% serta rasio pemberian pakan yang berbeda yaitu 1,5%, 2,0% dan 2,5%, berat akhir ikan, laju pertumbuhan spesifik, efisiensi pakan serta kelangsungan hidup ikan bernilai sama. Dalam penelitian Giri (2007) menyatakan bahwa beberapa studi penentuan kebutuhan protein ikan ekonomis penting untuk budidaya telah dilakukan dan menunjukkan bahwa protein dalam pakannya bervariasi antara 30%-55%.

3.2. Efek nutrisi dan padat tebar terhadap pertumbuhan benih

Efek kadar protein, lipid dan karbohidrat terhadap benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) telah diteliti pula oleh Ahmad et al, (2012) dengan sumber bahan pakan dan komposisi seperti Tabel 3.8 dan nilai proximat (Tabel 3.9)

Tabel 3.8
Komposisi dan formulasi pakan benih ikan mas

Bahan	Kontrol	Pakan A	pakan B	Pakan C	Pakan D
Ground nut oil cake	nil	15	18	8	16.66
Mustard oil cake	50	15	60	12	16.66
Rice bran	50	10	2	20	16.66
Wheat bran	nil	10	8	30	16.66
Fish meal	nil	25	4	6	16.66
Soybean meal	nil	25	8	4	16.66
Sodium alginate (g)	5	5	5	5	5
Vitamin ¹ mineral mixture (g)	nil	2	2	2	2
Vegetable oil (ml)	nil	1,5	1,5	1,5	1,5
Cod liver oil2 (ml)	nil	1,5	1,5	1,5	1,5
Oxytetracycline(mg)	500	500	500	500	500

Sumber : Ahmad et al, 2012

Tabel 3.9

Komposisi biokimia pakan yang diujikan

Komposisi biokimia	Kontrol	Pakan A	pakan B	Pakan C	Pakan D
Bahan kering	92.89 ^a ± 0.17	93.77 ^b ± 0.21	94.01 ^b ± 0.19	92.73 ^a ± 0.28	93.44 ^b ± 0.16
Kelembaban	7.11 ^b ± 0.21	93.77 ^b ± 0.21	5.99 ^a ± 0.17	7.27 ^b ± 0.23	6.56 ^a ± 0.19
Protein kasar	26.50 ^a ± 0.31	42.00 ^c ± 0.26	40.00 ^b ± 0.21	25.98 ^a ± 0.19	34.75 ^{ab} ± 0.17
lemak kasar	5.80 ^a ± 0.26	8.94 ^b ± 0.19	9.31 ^b ± 0.25	5.49 ^a ± 0.18	8.22 ^b ± 0.16
Karbohidrat	32.95 ^b ± 0.18	12.92 ^a ± 0.16	10.08 ^a ± 0.10	34.63 ^b ± 0.19	15.07 ^a ± 0.22
Abu	8.68 ^a ± 0.21	9.39 ^b ± 0.19	9.45 ^b ± 0.16	8.59 ^a ± 0.26	9.15 ^b ± 0.15
Energy(Kcal/g)	3.66 ^a ± 0.15	4.44 ^b ± 0.11	4.65 ^b ± 0.13	3.48 ^a ± 0.16	4.26 ^b ± 0.19
P/E(mg protein/Kj)	17.33 ^a ± 0.22	22.64 ^c ± 0.36	20.54 ^b ± 0.21	17.18 ^a ± 0.19	19.53 ^{ab} ± 0.15

Sumber : Ahmad et al, 2012

Bahan pakan tersebut dicetak dalam bentuk pellet ukuran 1-3 mm .Pakan diberikanan 6% dari bobot biomas per hari dengan frekuensi tiga kali sehari yaitu pukul 10.00, 14.00 dan 17.00 PM. Berat rata-rata awal populasi benih ikan *Cyprinus carpio* adalah 1.64±0.13 g dan panjang rata-rata 5.26±0.10 cm. Setelah dipelihara selama 90 hari diperoleh data pertumbuhan dan efisiensi pakan seperti disajikan pada Tabel 3.10.

Parameter	Kontrol	Pakan A	pakan B	Pakan C	Pakan D
Berat awal(g)	1.73 ± 0.06	1.53 ± 0.04	1.60 ± 0.03	1.48 ± 0.02	1.87 ± 0.05
Berat akhir(g)	6.09 ± 0.16 ^a	11.07 ± 0.22 ^b	14.38 ± 0.28 ^c	5.31 ± 0.19 ^a	9.44 ± 0.17 ^{ab}
Berat badan bersih (g)	4.36 ± 0.17 ^a	9.54 ± 0.21 ^b	12.78 ± 0.14 ^c	3.83 ± 0.16 ^a	7.57 ± 0.20 ^{ab}
Pertumbuhan/hari	0.048 ± .002 ^a	0.105 ± 0.008 ^b	0.141 ± 0.006 ^c	0.042 ± 0.001 ^a	0.084 ± 0.003 ^{ab}
Laju pertumbuhan spesifik	1.70 ± 0.03 ^a	2.44 ± 0.08 ^b	2.74 ± 0.02 ^c	1.59 ± 0.06 ^a	2.20 ± 0.05 ^{ab}
Feed conversion ratio (FCR)	1.46 ± 0.02 ^c	1.11 ± 0.02 ^b	0.94 ± 0.03 ^a	1.58 ± 0.05 ^c	1.27 ± 0.03 ^{bc}
Protein efficiency ratio (PER)	2.09 ± 0.03 ^a	2.48 ± 0.04 ^b	2.66 ± 0.01 ^c	2.06 ± 0.02 ^a	2.26 ± 0.02 ^{ab}

Pada akhir penelitian, pertumbuhan, efisiensi pakan dan komposisi karkas benih dipengaruhi secara signifikan ($P < 0,05$) oleh kadar protein, lipid dan karbohidrat pakan. Pertumbuhan tertinggi, rasio konversi pakan, rasio efisiensi protein, bahan kering tertinggi, protein kasar, lemak kasar, abu dan kadar energi, kadar air dan karbohidrat konten terendah terdapat pada benih ikan *Cyprinus carpio* dengan asupan pakan B ($40 \pm 0,21\%$ protein, $9,31 \pm 0,25\%$ lipid dan $10,08 \pm 0,10\%$ karbohidrat). Pertumbuhan terendah dihasilkan dari pakan C dengan komposisi $25,98 \pm 0,19\%$ protein, $5,49 \pm 0,18\%$ lipid dan $34,63 \pm 0,19\%$ karbohidrat. Hasil riset ini menyimpulkan bahwa pakan yang mengandung 40% protein, 9,31% lipid dan 10,08% karbohidrat adalah yang terbaik untuk budidaya ikan *Cyprinus carpio*.

Ikan African Catfish (*Clarias gariepinus*) ukuran berat awal $8,32 \pm 0,04$ g dicobakan dengan pakan yang memiliki tiga tingkat karbohidrat (5, 10 dan 20%) dari tiga sumber karbohidrat (serat jagung, pati jagung dan glukosa) dan tiga tingkat protein kasar (30%, 25% dan 20%). Hasil uji coba menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$) di semua sumber karbohidrat diberikan kepada *C. batrachus* pada berbagai tingkat rasio karbohidrat / protein. Namun, dari tiga sumber karbohidrat, serat jagung tidak berpengaruh kepada protein pada tingkat inklusi 5%, sedangkan sumber karbohidrat lain memberikan tingkat signifikan kinerja yang sama (Orire and Sadiku, 2013). Kebutuhan protein untuk jenis ikan karnivora telah dilaporkan oleh beberapa peneliti untuk spesies kerapu berkisar antara 47,8-60,0% (Marzuqi et al, 2012).

Suksesnya budidaya ikan tidak hanya menuntut kehati-hatian memilih spesies, pakan yang tepat dan pengelolaan kualitas air, tetapi juga sebagian besar dipengaruhi oleh padat tebar dibandingkan dengan ransum makanan dan tingkat manajemen. Padat tebar sebagai parameter penting dalam budidaya ikan mencakup kesehatan, pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan tergantung pada faktor ini. Padat penebaran tinggi dapat mengurangi tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup selama budidaya ikan (Jahedi et al, 2012). Ujicoba padat tebar terhadap ikan Catfish, *Heteropneustes fossilis*

(Bloch) yang telah dilakukan oleh Narejo et al, 2005 adalah sebagai berikut: Ikan uji berukuran panjang $5,2 \pm 0,28$ cm dan berat $9,4 \pm 0,58$ g, dipelihara dengan pada tebar 8, 16, 24 ekor/m² dengan ulangan dua kali. Selama penelitian ikan uji diberi pakan dengan kadar protein 30% dengan komposisi ransum pakan (Tabel 3.11).

Tabel 3.11
Komposisi ransum pakan benih ikan Indigenous catfish
(*Heteropneustes fossilis*)

Ingredients	Protein content (%)	Amount (g/kg)
Fish meal	55	336
Mustard oil cake	15	150
Wheat bran	14	150
Rice bran	11	294
Wheat flour	4,7	50
Vitamin premix	0,1	10
Salt	0,2	10
Total	100	1000

Narejo et al, 2005

Pakan pada bulan pertama diberikan sebanyak 8% dari bobot biomas, pada bulan kedua dan bulan ketiga diberikan sebanyak 6% dari bobot biomas. Hasil parameter pertumbuhan dan survival dicantumkan pada Tabel 3.12.

Table 3.12
Parameter pertumbuhan catfish, *Heteropneustes fossilis* dengan padat tebar berbeda.

Parameter	8 ind/m ²	16 ind/m ²	24 ind/m ²
Panjang awal (cm)	5.21 ^a ±0.282	5.2 ^a ±0.562	5.2a1±0.142
Panjang akhir (cm)	18.0 ^a ±0.70	16.0 ^b ±0.28	14.0c±0.70
Pertambahan pjg (cm)	12.8 ^a ±0.56	10.8 ^b ±0.34	8.8c±0.23
% Pertambahan panjang	246.15 ^a ±2.61	207.96 ^b ±2.39	169.23c±1.75
Berat awal (g)	9.4 ^a ±0.58	9.4 ^a ±0.33	9.4a1±0.14
Berat akhir (g)	25.8 ^a ±0.84	20.1 ^b ±0.28	18.20c±0.42
Pertambahan berat (g)	16.4 ^a ±0.53	11.7 ^b ±0.35	8.8c±0.28
% pertambahan berat	174.46 ^a ±2.06	113.82 ^b ±2.57	82.97c±1.75
SGR % day	0.48 ^a ±0.014	0.36 ^b ±0.014	0.31c±0.013
FCR	2.57 ^c ±0.23	3.61 ^b ±0.19	4.08d±0.13
Kelangsungan hidup (%)	100 ^a ±0.0	90.0 ^b ±2.0	80.cc±3.5
Produksi (kg/m ³ /90 hari)	0.206 ^c ±0.001	0.308 ^b ±0.0012	0.406a±0.001

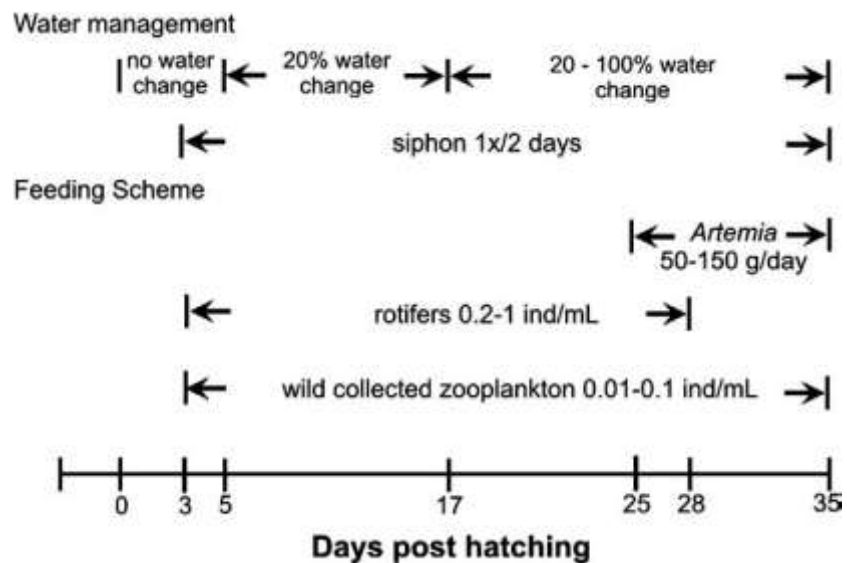
Sumber : Narejo et al, 2005

PERANAN NUTRISI UNTUK LARVA IKAN**4.1. Peran pakan alami dan buatan**

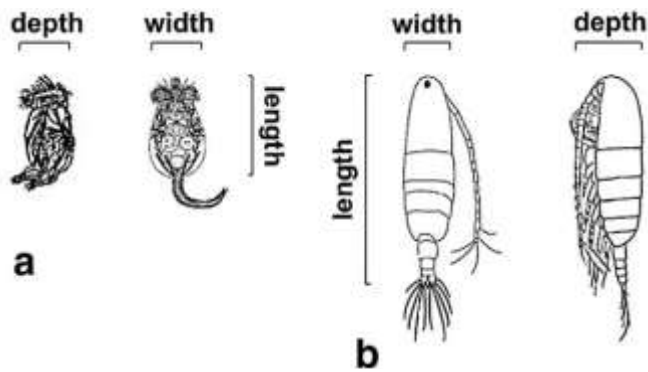
Secara khusus, pemahaman fisiologi nutrisi larva sangat penting diketahui agar keefektifan pakan alami setelah proses endogenous feeding berakhir. Studi pencernaan, penyerapan, dan asimilasi nutrisi dalam larva ikan secara serius dibatasi oleh beberapa faktor. Pertama, sebagian besar larva ikan berukuran kecil (~2-3 mm) pada awal memakan pakan dari luar. Kedua, bukaan mulut juga kecil, sehingga membutuhkan ukuran partikel pakan yang kecil (~50-150 µm). Pemberian pakan komersial yang berukuran kecil (microdiets) kebanyakan kepada larva ikan air asin, termasuk air tawar, sering mengakibatkan tingkat konsumsi yang rendah. Selain itu, penggunaan pakan hidup dalam studi gizi dengan larva ikan menciptakan keterbatasan utama pada desain eksperimental karena sulit untuk memanipulasi komposisi gizi pakan hidup yang dimangsa. dengan pengecualian beberapa komponen lipid.

Oleh karena itu, pengetahuan tentang kebutuhan gizi larva ikan masih terbatas dan sering bersifat kualitatif daripada kuantitatif. Apabila dibandingkan dengan ikan yang lebih besar, larva ikan yang berukuran kecil umumnya memiliki kapasitas kurang baik untuk mencerna dan / atau menyerap nutrisi secara lengkap (Manzano and Aranda, 2013), dan tingkat pemanfaatan pakan untuk pertumbuhan, biasanya 10%- 30%/hari dan sampai 100%/hari. Hal ini mengakibatkan potensi pertumbuhan yang sangat tinggi dari larva ikan. Oleh karena itu dibutuhkan asam amino (AAs), asam lemak tak jenuh lebih tinggi (HUFAs), phospholipids (PLs) dan nutrient lainnya. Selain itu, kuantifikasi konsumsi pakan dan daya cerna pakan merupakan kesulitan utama dalam mempelajari nutrisi larva. Pada umumnya penelitian tidak mengontrol variabel-variabel tersebut, sehingga sering menimbulkan masalah dalam usaha peningkatan survival rate. Seperti diketahui, periode awal makan larva merupakan masalah utama yang dihadapi pada pemeliharaan dari semua

spesies ikan, termasuk ikan air laut dan air tawar. Seperti banyak spesies lain, misalnya larva ikan kerapu hitam dapat secara aktif memilih organisme untuk dimakan, dan sampai semua kemampuan larva untuk memangsa sepenuhnya dikembangkan. Efisiensi pakan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berbeda, seperti menghindari dari pemangsa, pengalaman larva sebelumnya, jumlah makanan, bukaan mulut, penglihatan dan penciuman dan sebagainya. Di bawah ini ditampilkan mekanisme pemeliharaan larva ikan kerapu yang berhubungan dengan pakan alami.



Gambar 4.1
Managemen kualitas air dan jadwal pemberian pakan pada pemeliharaan semi intensif larva ikan grouper (Sumber : Russo et al, 2009).



Gambar 4.2.

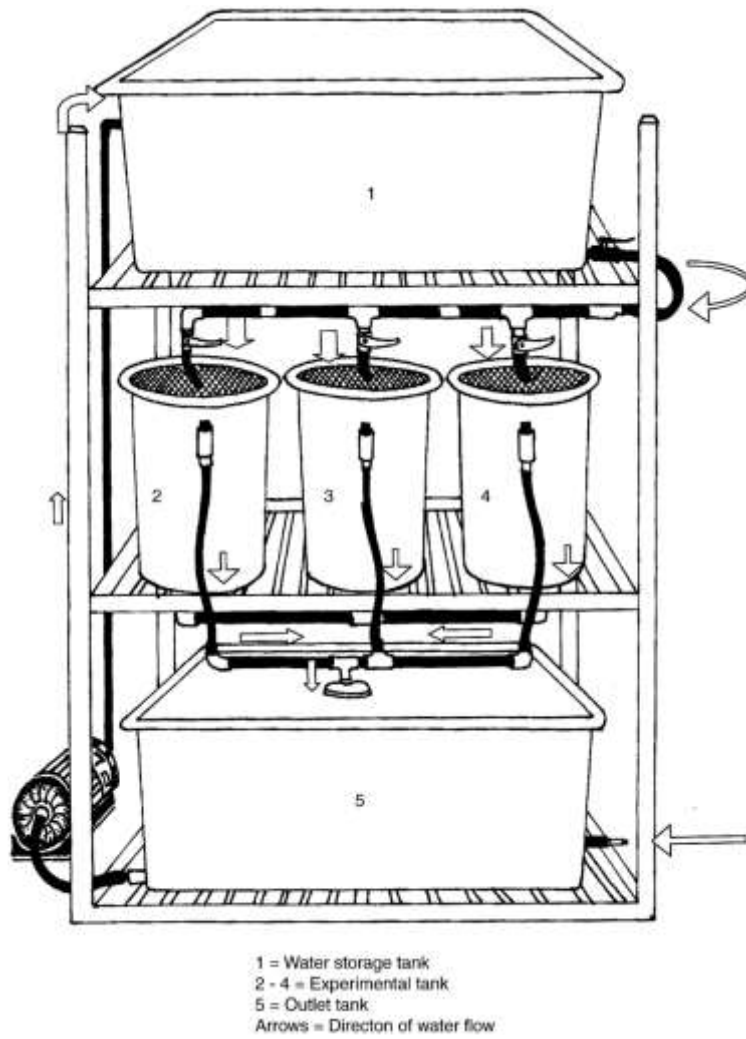
Specifications of the biometric measurements performed on the zooplankton (a: *Brachionus plicatilis*; b: *Acartia clausii*) (Sumber : Russo et al, 2009)

Sarkar et al, (2006) melakukan penelitian pemeliharaan larva ikan *Chitala chitala* dengan sistem resersirkulasi . *C.chitala* pasca larva diperoleh dari hasil pemijahan buatan (*induced spawning*) yang dikembangkan oleh Sarkar et al (2006) di unit perbenihannya. Semua post larva diberi makan kuning telur, dicampur dengan zooplanktons hidup, sebagian besar terdiri dari copepoda, rotifera dan cladocerans dalam hapa nilon persegi panjang dipasang di kolam pembenihan (0,06 ha) untuk hari ke 10-15 sebelum dimulainya percobaan.

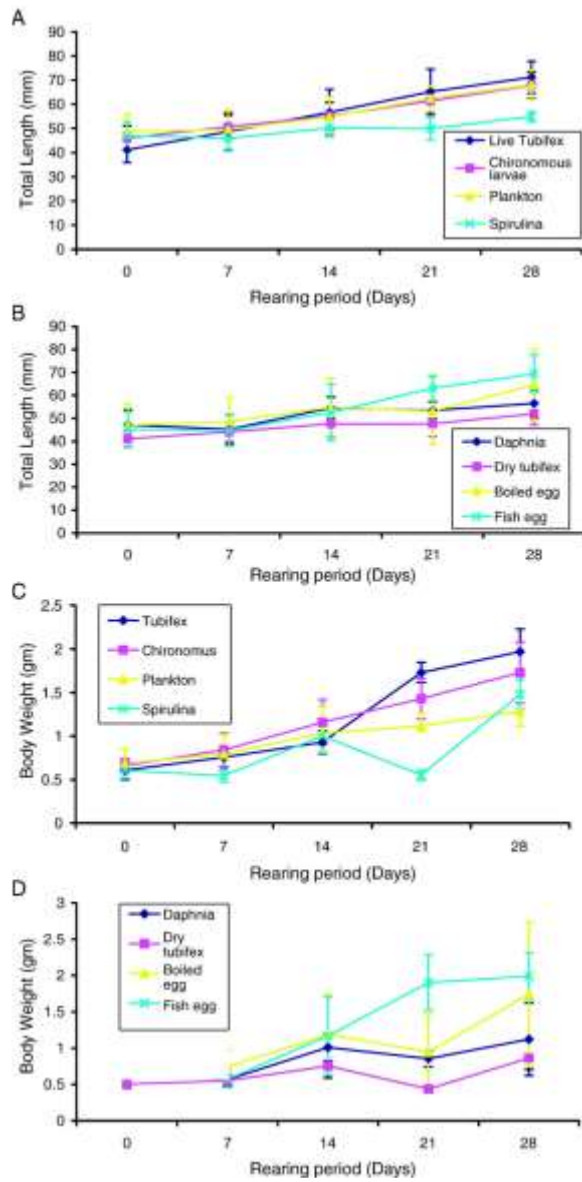
Percobaan pemeliharaan larva dilakukan dalam sistem recirculatory dengan delapan jenis pakan yaitu tubifek hidup, larva chironomous, spirulina, daphnia, tubifek kering, telur ikan dan kuning telur ayam selama 28 hari. Semua sistem recirculatory memiliki efisiensi dan percobaan yang sama dilakukan di bawah kondisi lingkungan yang sama di laboratorium basah. Sketsa diagram dari sistem recirculatory eksperimental ditunjukkan pada Gambar. 4.3. Semua sistem recirculatory terdiri dari serangkaian tiga tank melingkar (25 L) berukuran 19×15,5 inci. (tinggi x diameter) diatur dalam sistem dua tingkat yang memiliki partisi dengan lubang air terpisah dan saluran air untuk masing masing. Ada ketentuan untuk mengangkat air dari tangki besar (37×25× 19,5 inci.) Dipasang di bagian bawah untuk penyimpanan tangki atas dengan pengukuran yang sama. Kedua tank dipasang pada

ketinggian 56 inci. Sebuah upliftment air terjadi melalui serangkaian monobloc pompa tullu (230-250 V, 2800 rpm dan 0,6 A) dilengkapi dengan meteran siklik. Tank terpisah digunakan untuk masing-masing makanan dan tiga ulangan yang digunakan untuk setiap perlakuan. Penyesuaian dalam ransum pakan dibuat sesuai intensitas konsumsi pakan dicatat setiap waktu selama percobaan. Dalam setiap sistem recirculatory, post larva diberi makan pada masing-masing berat badan 10% per hari dari bobot biomas selama minggu pertama, 8% per hari dari bobot biomas selama minggu kedua dan 5% per hari dari bobot biomas selama minggu ketiga.

Ransum diberikan dua kali sehari yaitu pukul 10.00 dan pukul 16.00 PM. Tingkat kekenyangan ditentukan berdasarkan pengamatan visual dari penerimaan dan penolakan pakan. Panjang total (LT) larva yang ditebar berkisar antara $41,11 \pm 4,9$ mm sampai $48,8 \pm 7,04$ mm dengan ukuran rata-rata $45,26 \pm 2,43$ mm. Bobot badan berkisar antara $0,5 \pm 0,06$ g sampai dengan $0,97 \pm 0,29$ g dengan bobot rata-rata $0,66 \pm 0,13$ g. Larva ditebar dalam tangki fiberglass (FRP) dan dipelihara selama 5-7 hari untuk aklimatisasi. Selanjutnya larva ditebar di tangki dengan system recirculatory terpisah untuk pakan yang berbeda. Setiap tangki berukuran 5×4 inci. Pakan alami yang digunakan berasal dari berbagai tempat. Tubifex dan larva chironomous diperoleh dari daerah sungai yang tercemar pada lokasi terdekat. Cacing tubifex hidup dan zooplanktons (copepoda) adalah hasil budidaya di laboratorium. Tubifex kering dibeli dari pasar yang mengandung 52% protein, 12% lemak, 2% serat dan 5% kadar air. Spirulina diperoleh dari pasar lokal yang berisi 32% protein kasar, 4% lemak kasar, 5% serat kasar, 10% abu mentah, 9% kadar air dan BENT 31%.. Daphnia beku dan kering (buatan Taiwan) dikumpulkan dari pasar lokal yang terdiri 52% lemak kasar, 12% protein kasar, 2% serat kasar, 2% kelembaban dan 12% abu. Telur ikan diperoleh dengan membedah ikan lele hidup (*Mystus vittatus*, ordo Siluriformes, keluarga Bagridae) setiap hari yang dibudidayakan di kolam yang tercemar. Telur dicuci dalam air keran untuk menghilangkan pembuluh darah sebelum dimasukkan dalam tangki recirculatory



Gambar 4.3
 Sketsa penelitian larva ikan *Cithala-chitala*



Gambar 4.4
 (A–D) Rataan panjang total (mean±S.D.) dan berat badan (mean±S.D) larva *C. chitala* yang dipelihara di dalam tangki dengan delapan jenis pakan (Sumber: Sarkar et al, 2006)

Lele Asia, *Clarias batrachus* dianggap sebagai spesies yang penting untuk budidaya komersial. Hal ini mendorong petani ikan untuk membudidayakan secara intensif di daerah Asia, termasuk Indonesia. Meskipun memiliki potensi untuk budidaya, namun ketersediaan ikan ukuran konsumsi dalam jangka pendek sudah terasa mengalami kesulitan untuk memenuhi permintaan pasar. Oleh karena kuncinya adalah suksesnya budidaya ikan ini. Membesarkan larva *C. batrachus* untuk menjadi benih biasanya dilakukan di dalam hatchery, sedangkan pemeliharaan benih untuk mencapai ukuran benih dilakukan di dalam tangki pembibitan untuk mendapatkan stok yang akan dibesarkan.

Untuk meningkatkan produksi benih ikan lele, Sahoo et al,(2008) melakukan penelitian terhadap larva dengan umur berbeda yaitu lima hari, sepuluh hari dan lima belas hari. Larva dipelihara di dalam bak beton ukuran 4 x 1 m, dasar bak beton ditebari dengan tanah merata di kedalaman 2-3 cm dan kedalaman air dipertahankan pada satu kaki (30.8 cm) selama periode pemeliharaan. Setiap tangki ditebari dengan 2 kg kotoran sapi basah, 20 g urea dan 30 g Super fosfat sebelum tujuh hari larva ditebarkan. Setiap wadah diinokulasi dengan campuran plankton dikumpulkan dari pembibitan tanah dan dibiarkan selama 6-7 hari untuk mencapai plankton mekar. Sepertiga dari bak beton ditebar dengan gulma (*Pistia stratiotes*) mengambang untuk memberikan keteduhan dan perlindungan bagi larva. Larva dihitung pada umur yang diinginkan dan dilepaskan dengan jumlah 100 ekor / m² pada bak beton yang sudah siap untuk digunakan. Sebelum dilepaskan panjang dan berat dari dua puluh ekor larva diukur dengan papan skala dan timbangan elektronik untuk setiap perlakuan. Sebuah adonan senyawa dibuat dengan mencampur 20% tepung ikan, 20% bungkil kedelai (pelarut diekstrak), 20% jagung tanah (kuning), dedak padi 20%, 19% minyak kacang tanah (expeller) dan 1% vitamin mineral campuran, yang berisi 30% protein kasar. Bahan-bahan dicampur untuk mempersiapkan pelet ukuran 2 mm dan dikeringkan pada suhu ruangan. Selanjutnya pakan yang hancur disaring untuk mendapatkan ukuran yang diinginkan (150 μ) sebelum diberikan kepada ikan. Larva secara teratur diberi makan sebesar 10% dari berat biomas basah selama periode

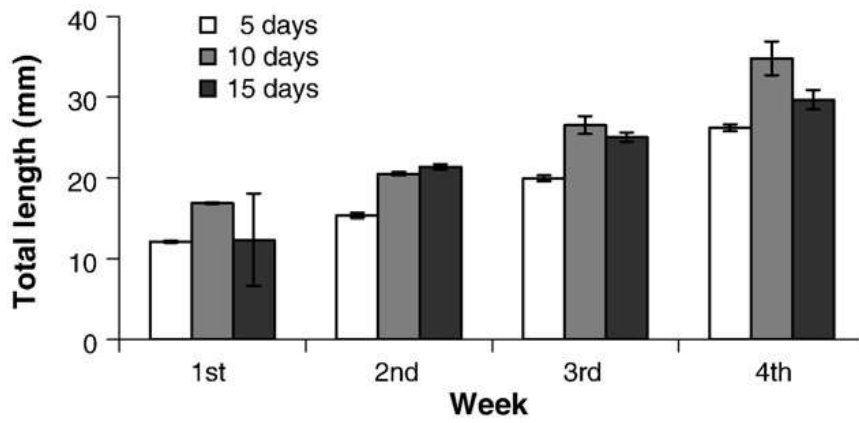
pemeliharaan. Pada akhir hari dua puluh delapan, semua larva yang masih hidup pada setiap wadah dikumpulkan dan dihitung untuk setiap tangki. Parameter yang dihitung adalah persentase kelangsungan hidup = (Jumlah larva ditebar-Jumlah larva mati) / jumlah larva ditebar \times 100, dan Laju pertumbuhan spesifik (SGR) = (ln berat akhir - ln berat awal) / hari percobaan \times 100.

Hasil penelitian dengan beberapa parameter yang diuji disajikan pada Tabel 4.1 dan perubahan panjang dan berat setiap minggu disajikan pada Gambar 4.5 dan 4.6

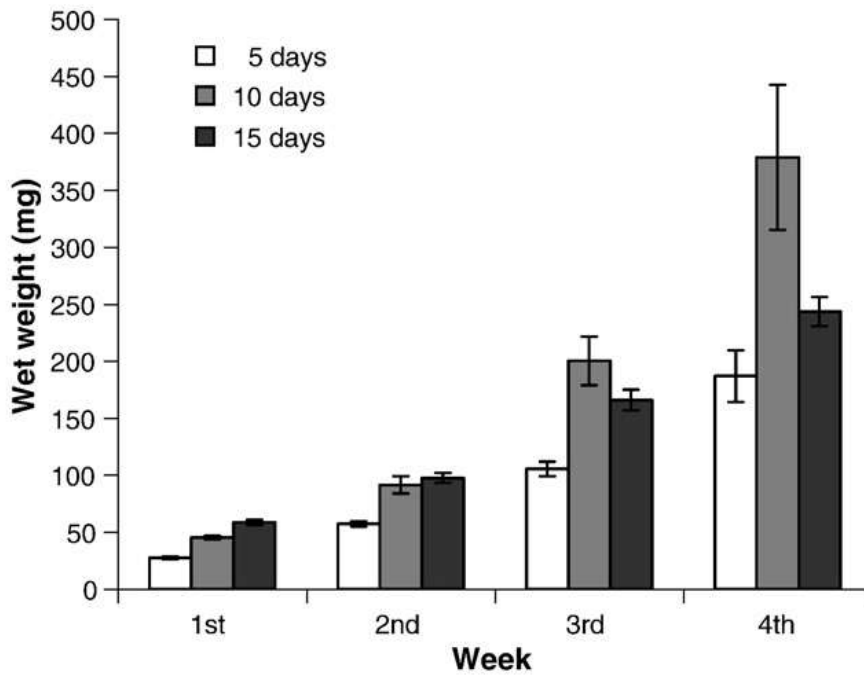
Tabel 4.1
Pertumbuhan larva *C. batrachus* pada tingkat umur berbeda

Parameter	Umur (hari)		
	5	10	15
Panjang awal (mm)	9.80 \pm 0.32 ^c	12.95 \pm 1.61 ^b	16.0 \pm 0.44 ^a
Panjang akhir (mm)	26.17 \pm 0.43 ^b	34.80 \pm 2.1 ^a	30.0 \pm 1.06 ^{ab}
Berat awal (g)	6.53 \pm 0.32 ^b	20.17 \pm 2.09 ^a	27.84 \pm 2.83 ^a
Berat akhir (g)	187 \pm 22.59 ^b	379.0 \pm 63.73 ^a	243.67 \pm 12.78 ^{ab}
SGR	11.98 \pm 1.6 ^a	10.48 \pm 2.27	7.74 \pm 0.46 ^a
Survival (%)	9.00 \pm 1.73 ^c	27.33 \pm 2.33 ^b	50.00 \pm 2.0 ^a
Total biomas (g)	12.95 \pm 1.61 ^b	80.89 \pm 10.02 ^a	97.22 \pm 3.93 ^a

Sumber : Sahoo et al, 2008



Gambar 4.5
Perubahan panjang (mm) setiap minggu larva *C. batrachus* (Sumber Sahoo et al, 2008)



Gambar 4.6
Perubahan berat (g) setiap minggu larva *C. batrachus*

Penelitian pemberian pakan artemia dekapulasi dan pakan komersial dengan nilai nutrisi (Tabel 4.2) terhadap larva ikan African Catfish (*Clarias batrachus*) telah dilakukan oleh Olurin et al, (2012).Pemberian pakan berbeda nyata ($p<0,05$) terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva (Tabel 4.3 dan 4.4).

Tabel 4.2
Analisis proximat pakan

	Decapsulated <i>Artemia</i>	Pakan Komersial
Protein (%)	54	58
Lipid (%)	9	12
Abu (%)	4	10,5

Tabel 4.3
Pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva *Clarias batrachus*

Parameter	Decapsulated <i>Artemia</i>	Copepod	Commercial diet
Berat awal	2.57	2.57	2.57
Berat akhir	5.03±0.15 ^a	4.70±0.06 ^b	4.13±0.03 ^c
Pertumbuhan (%/hari)	7.99±0.47 ^a	6.91±0.19 ^b	5.07±0.11 ^c
SGR (mg/hari)	0.560±0.002 ^a	0.050±0.001 ^b	0.040±001 ^c
Survival (%)	40.4±1.5 ^a	29.6±4.2 ^b	25.4±1.1 ^c

Sumber : Olurin et al, 2012

Tabel 4.4
 Pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva *Clarias batrachus*

Parameter	Decapsulated <i>Artemia</i>	Copepod	Commercial diet
Pjg awal (mm)	6.0	6.0	6.0
Pjg akhir (mm)	10.53±0.12 ^a	8.33±0.20 ^b	7.23±0.15 ^c
Pertumbuhan (%/hari)	6.3±0.17 ^a	3.24±0.28 ^b	1.71±0.20 ^c
SGR (mm/hari)	0.047±0.001 ^a	0.027±0.002 ^b	0.016±0.002 ^c
Survival (%)	0.4±1.5 ^a	29.6±4.2 ^b	25.4±1.1 ^c

Sumber : Olurin et al, 2012

4.2. Persyaratan kualitas air untuk pembenihan

Meskipun proses produksi larva secara teknis sederhana, keberhasilan dalam beberapa penetasan telur dari tahun ke tahun dapat saja mengalami penurunan. Diduga masalahnya termasuk kualitas telur yang tidak baik, kelangsungan hidup larva yang rendah, pertumbuhan yang buruk, atau tingginya kejadian penyakit infeksi telur atau larva. Kadangkala masalah ini berhubungan dengan pengelolaan yang tidak baik, dan sering kali benih tersebut dipengaruhi oleh kualitas air yang kurang bagus dalam proses penetasan.

Dengan penanganan yang tepat, air mendapat perlakuan yang sesuai untuk digunakan dalam pembenihan ikan. Biaya perawatan benih dapat dilakukan secara murah. Hal ini biasanya dilakukan dengan menyediakan sumber air yang baik, diusahakan sedekat mungkin dengan panti pembenihan dan air harus berkualitas baik untuk penetasan telur, kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih. Kualitas air yang baik dipertahankan di panti perbenihan dengan menyediakan aliran air yang cukup dan aerasi untuk penetasan dan pemeliharaan benih. Penyiponan sisa pakan dan akumulasi sampah organik lainnya juga akan membantu dalam menjaga kondisi pemeliharaan yang tepat dalam tangki air.

Sumber air

Di banyak daerah, air dari beberapa sumber mungkin tersedia untuk digunakan dalam pembenihan, termasuk air tanah dari sumber mata air pada kedalaman yang berbeda dan berbagai pasokan air permukaan. Sebelum pembenihan dibuat, manajer harus mengetahui kualitas dan potensi ketersediaan pasokan air di panti perbenihan. Pasokan air terbaik kemudian dapat dipilih dengan membandingkan kualitas air dan persyaratan aliran yang diinginkan dengan memperhatikan persyaratan kimia, suhu, dan ketersediaan sumber air.

Keberhasilan penetasan menggunakan air dari sumber yang sama adalah merupakan indikator terbaik. Jika kualitas air buruk untuk penetasan dan pemeliharaan larva akan menyebabkan kelangsungan hidup telur dan benih rendah. Jika air memerlukan perlakuan khusus (pengobatan) barangkali akan memerlukan biaya yang mahal sesuai kegunaannya, maka sebaiknya mencari sumber air yang lain. Jika pada tempat panti pembenihan yang telah dibangun bermasalah dengan kualitas air, barangkali lebih baik untuk membangun panti pembenihan lain untuk memastikan bahwa sumber air dan kualitasnya sesuai untuk proses penetasan telur dan pemeliharaan larva ikan.

Air tanah

Air tanah pada umumnya adalah sebagai sumber air terbaik untuk pembenihan ikan. Air tanah biasanya bebas dari masalah polusi, dan organisme penyakit ikan. Suhu dan komposisi kimia air tanah relatif konstan, dan di daerah-daerah dengan air tanah yang tersedia dapat menjamin kebutuhan terhadap air. Air tanah yang diperoleh dengan memompakan dari sumur terdekat yang ada. Sebagai alternatif, dapat dilakukan uji laboratorium untuk menilai sumber air. Kualitas air tanah relatif stabil dari setiap waktu, sehingga analisis kimia yang dilakukan pada awal sudah memadai. Namun demikian, sangat baik apabila diuji kembali setiap satu atau dua tahun.

Meskipun kualitas air tanah lebih memenuhi syarat untuk keperluan perbenihan, sebaiknya sebelum digunakan dilakukan pengujian terhadap kualitas air sehingga kualitasnya sesuai dengan yang diinginkan termasuk:

- a. Melakukan aerasi untuk menaikkan kadar oksigen terlarut;
- b. Mengeliminir gas untuk mengurangi tekanan gas total dan mengeluarkan karbon dioksida dan hidrogen sulfida;
- c. Mengatur suhu dengan menggunakan pemanas air atau pencampuran air dari temperatur yang berbeda;
- d. sedimentasi dan filtrasi untuk menghilangkan zat besi, kalsium dan kesadahan air yang rendah.

Air Permukaan

Persediaan air permukaan meliputi air sungai atau anak sungai, kolam, danau, dan waduk. Air permukaan yang tidak tercemar memiliki beberapa keunggulan dibandingkan air tanah sebagai pasokan air untuk panti perbenihan. Sebagai contoh, konsentrasi oksigen terlarut cenderung mendekati kejenuhan; konsentrasi karbon dioksida terlarut dan hidrogen sulfida biasanya rendah; total kejenuhan gas jarang bermasalah; dan konsentrasi besi biasanya sangat rendah. Namun demikian, persediaan air permukaan dapat menimbulkan kerugian dari segi kualitas karena dipengaruhi oleh sumber polusi dan kekeruhan. Untuk hal ini, harus hati-hati. Air permukaan sebelum digunakan harus diuji kualitasnya karena kualitas dan pasokannya bervariasi dari waktu ke waktu. Data awal dibutuhkan untuk memprediksi apakah air sesuai untuk digunakan. Data tersebut pada umumnya tidak tersedia untuk sebagian besar perairan, bagaimanapun perubahan suhu air, komposisi kimia, dan ketersediaan air yang disebabkan oleh terjadi perubahan cuaca yang tidak biasa tidak dapat diprediksi dengan data awal. Sebaiknya adalah dengan menggunakan akal sehat dan menghindari perairan yang mungkin tidak cocok untuk digunakan selama pembenihan beroperasi. Kendala utama lainnya menggunakan air permukaan untuk panti perbenihan adalah potensi kontaminasi oleh organisme penyakit ikan atau predator yang terbawa air.

Sebagian air permukaan memiliki komunitas ikan yang dipelihara oleh penduduk. Kolam ikan sebagai sumber air dapat berfungsi sebagai reservoir untuk organisme penyakit yang bisa masuk ke lokasi pembenihan dan menyebabkan kerugian besar. Predator alami benih ikan, seperti ikan liar, serangga, dan invertebrata lainnya juga dapat masuk ke hatchery dan menyebabkan kerugian terhadap larva dan benih.

Persyaratan Kuantitas Air

Keberhasilan penetasan telur akan mengalami kegagalan jika kuantitas air tidak cukup tersedia. Aliran air yang rendah melalui wadah penetasan dan pemeliharaan larva atau benih ikan yang berasal dari sumber air mengakibatkan produk limbah menumpuk dengan cepat dapat menyebabkan penurunan kualitas air.

Wadah sumber air yang digunakan untuk penetasan telur dan pemeliharaan benih berukuran 25 x 6 x 0,2 m mampu menampung sekitar 100 liter air dan wadah ukuran ini dapat digunakan untuk sepuluh kali pemijahan. Meskipun jumlah telur per pemijahan bervariasi sesuai dengan ukuran induk ikan betina akan menghasilkan telur sekitar 200.000 butir. Setelah benih mulai makan, hanya sekitar 100.000 ekor benih yang dapat dipenuhi kebutuhan airnya dengan luas wadah tersebut di atas. Berdasarkan pengalaman bahwa waktu perputaran air minimum 40 menit dalam proses penetasan telur dan membesarkan benih. Jadi untuk panti perbenihan tunggal memerlukan 100 liter air, aliran air harus minimal 2,5 liter per menit. Wadah/tanki air yang lebih besar memerlukan debit air yang lebih tinggi. Debit air yang besar juga dibutuhkan ketika telur atau benih dipelihara dengan kepadatan yang lebih tinggi. Selama musim pemijahan 10-12 minggu, setiap rangkaian tiga wadah yang berisi 100 liter air (satu untuk penetasan telur, dua untuk memelihara benih) dapat diharapkan menghasilkan sekitar 1.000.000-1.500.000 ekor benih dan akan membutuhkan aliran minimum 7,5 liter per menit.

Persyaratan Kualitas Air

Beberapa persyaratan yang penting pada kualitas air dalam proses pembenihan ikan di hatchery antara lain adalah sebagai berikut :

- a. bebas pestisida, pelarut, produk minyak bumi, dan polutan lainnya;
- b. bebas organisme penyakit;
- c. Relatif konstan dan tersedia sepanjang tahun.

Temperatur

Temperatur optimum untuk perkembangan telur dan pemeliharaan larva berkisar antara 26-28°C. Jika temperatur terlalu rendah, penetasan dan perkembangan embrio semakin lama dan jamur yang berkembang dalam air dingin, sering menyerang massa telur. Pada suhu air yang lebih tinggi, embrio berkembang terlalu cepat dan mungkin telur dan larva yang cacat semakin tinggi. Selain itu, penyakit virus pada telur dan benih dan penyakit virus benih lebih mudah berkembang jika suhu air lebih besar dari 28 °C.

Energi yang cukup diperlukan untuk memanaskan atau mendinginkan air , dan biasanya memerlukan biaya mahal untuk melakukan perubahan besar pada suhu air. Oleh karena itu, suhu air harus mendekati 28° C sebelum dialirkan ke dalam wadah penetasan. Air tanah yang berasal dari sumur dalam (500 sampai 1.000 meter) dipanaskan oleh panas bumi dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembenihan tanpa melakukan perlakuan suhu. Air dari sumur dangkal (kurang dari 100 m) dan beberapa air permukaan yang terlalu dingin tidak dapat digunakan secara langsung. Air yang berasal dari bawah tanah dapat ditampung di kolam waduk kecil sehingga pemanasan matahari akan menaikkan suhu sampai batas tertentu.

Dissolved oxygen

Oksigen terlarut yang cukup sangat penting dalam pembenihan karena telur dan benih memiliki tingkat metabolisme yang tinggi. Oleh karena itu telur dan benih membutuhkan oksigen yang tinggi. Konsentrasi oksigen terlarut tidak kurang dari 4-5 ppm setiap saat dalam penetasan. Pengelolaan yang tepat pada oksigen terlarut mensyaratkan dua pertimbangan yang berbeda: (1) memastikan bahwa air mengandung oksigen sebelum digunakan dan (2) menyediakan aerasi yang memadai dalam penetasan dan pemeliharaan untuk mempertahankan tingkat optimal oksigen terlarut di seluruh penetasan. Air yang kekurangan oksigen terlarut harus diendapkan sebelum digunakan. Pra-aerasi tidak hanya memastikan tingkat awal oksigen terlarut yang cukup, tetapi juga bermanfaat menghilangkan gas jenuh, total gas terlarut dan menghilangkan karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Kedua sistem yang paling umum untuk persediaan air diendapkan untuk pembenihan ikan yang dikemas dengan aerator kolom dan aerasi air dalam tangki.

Carbon dioxide

Tingginya kadar karbon dioksida terlarut mengganggu respirasi pada telur dan benih ikan. Idealnya, pasokan air untuk pembenihan ikan tidak boleh mengandung karbon dioksida terlarut, tetapi konsentrasi sampai 10 ppm masih dapat ditoleransi, asalkan konsentrasi oksigen terlarut yang mencukupi. Beberapa air tanah mungkin mengandung lebih dari 20 ppm karbon dioksida terlarut dan harus diendapkan sehingga mengurangi beberapa gas beracun.

Hardness

Kesadahan mengacu pada jumlah kalsium dan magnesium dalam air dan dinyatakan sebagai ppm setara dengan CaCO_3 . Konsentrasi kalsium media pemeliharaan diperlukan untuk "pengerasan" telur dan tulang yang normal dan perkembangan jaringan benih ikan. Gejala kekurangan kalsium pada media pemeliharaan terjadi pembengkakan dan abnormal telur serta perkembangan yang lambat, lemah, daya tahan tubuh rendah, dan kelangsungan hidup rendah.

Kesadahan kalsium minimal 5 ppm untuk pengembangan dan kekuatan kantong benih larva. Konsentrasi kalsium yang diinginkan harus lebih tinggi karena kalsium juga melindungi benih dari amonia dan toksikosis logam. Seluruh pasokan air pembenihan harus mengandung setidaknya 20 ppm kalsium. Kadar kalsium dapat ditingkatkan dengan menambahkan larutan kalsium klorida ke dalam stok air. Kalsium juga dapat ditambahkan dengan bahan kimia dengan menggunakan "sistem infus" di mana larutan pekat kalsium klorida secara perlahan diteteskan ke dalam wadah sebelum aerasi.

Alkalinity

Alkalinitas adalah ukuran kemampuan air untuk menetralkan asam. Di perairan alami yang paling utama harus ada adalah bikarbonat dan karbonat. Alkalinitas dinyatakan sebagai ppm setara CaCO_3 . Telur dan larva ikan dapat berkembang di perairan dengan berbagai alkalinitas, Namun perairan alkalinitas sangat rendah (<10 ppm sebagai CaCO_3) harus dihindari. Perairan yang kurang penyangga dan pH yang berfluktuasi secara drastis dapat dilakukan dengan menambahkan sedikit asam atau basa. Yang lebih penting, logam terlarut seperti tembaga dan seng sangat beracun untuk benih di perairan alkalinitas rendah. Tembaga dan seng dapat larut yang berasal dari saluran pipa yang digunakan untuk sistem distribusi air pembenihan.

pH

pH mengungkapkan intensitas asam atau karakter dasar dari air. Skala pH biasanya direpresentasikan sebagai mulai dari 0 sampai 14. Kondisi menjadi lebih asam karena nilai pH menurun dan lebih mendasar ketika pH meningkat. Pada suhu 28°C , pH 7,0 adalah titik netral. Secara umum, jika tingkat kedua variabel berada dalam kisaran yang diinginkan, pH berkisar antara 7,0 - 8,5, merupakan kisaran pH yang disyaratkan untuk penetasan telur dan membesarkan benih, kadangkala tergantung kepada spesies ikan. Terkecuali secara umum terjadi ketika air permukaan yang digunakan mengandung tumbuhan air yang tenggelam yang padat digunakan sebagai pasokan air. Pada

sore hari, penurunan karbon dioksida terjadi dengan cepat akibat fotosintesa tanaman dapat menyebabkan nilai pH untuk sementara naik di atas 9. Dalam kasus ekstrim, nilai pH di atas 9 sampai 10 adalah kondisi yang tidak diinginkan dan bahkan dalam jangka pendek perairan dengan pH di atas 10 dapat membunuh benih dan mengurangi perkembangan telur ikan.

Ammonia

Amonia telah terionisasi cukup beracun untuk larva ikan lele yang masih memanfaatkan kuning telur dan awal daur hidupnya. Idealnya, air dalam tanki penampungan yang akan digunakan untuk pemeliharaan benih harus bebas amonia untuk kesehatan yang optimal dan pertumbuhan benih, dan konsentrasi maksimum amonia yang tidak terionisasi hanya diperbolehkan sekitar 0,05 ppm. Di atas konsentrasi ini, benih berkembang lebih lambat dan lebih rentan terhadap penyakit menular.

Menghilang amonia dari stok air sangat sulit, sehingga air yang mengandung amonia yang tinggi tidak boleh digunakan untuk memasok pembenihan. Amonia merupakan produk metabolisme ikan, dan produksi amonia dapat berpengaruh ketika kepadatan benih tinggi di wadah pemeliharaan. Kadar amonia dalam wadah pemeliharaan dapat dikurangi dengan menurunkan padat tebar benih atau meningkatkan aerasi pada wadah.

Iron

Sebagian air permukaan mengandung konsentrasi zat besi yang sangat rendah. Beberapa air tanah anoxic, mengandung zat besi yang cukup besar dalam bentuk terlarut. Ketika air diaerasi maka besi dioksidasi menjadi endapan karat berwarna. Besi terlarut yang relatif rendah dianggap toksik untuk organisme akuatik. Endapan padat oksida besi tidak toksik dapat melapisi insang benih dan mengganggu pernapasan. Endapan padat oksida besi juga dapat menyelaputi telur dan menghambat proses difusi oksigen ke dalam sel telur. Total konsentrasi besi di hatchery harus kecil dari 0,5 ppm.

Hydrogen sulfide

Hidrogen sulfida mengakibatkan telur busuk dan sangat beracun untuk benih ikan. Benih akan mati bila terkena hidrogen sulfida pada konsentrasi 0,005 ppm. Hindari menggunakan air yang mengandung hidrogen sulfida. Jika hal ini tidak mungkin, hidrogen sulfida harus dihilangkan dari air sebelum digunakan pada wadah pemeliharaan. Aerasi yang kuat akan menghilangkan beberapa hidrogen sulfida disebabkan evaporasi.

Sebagai contoh larva yang berukuran kecil dan halus membutuhkan kualitas air yang baik untuk bertahan hidup. Kualitas air berperan penting terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva. Oleh karena itu kualitas selama pemeliharaan benih dalam ruangan memainkan peran utama untuk kelangsungan hidup larva. Untuk kelangsungan hidup larva yang optimal, pengelolaan kualitas air merupakan aspek penting selama pemeliharaan. Respirasi udara dimulai setelah hari ke 10-11 hari dan oleh karena itu aerasi dengan H_blower / aerator harus disediakan untuk wadah pemeliharaan larva. Akumulasi metabolit dan pakan yang tidak dikonsumsi dalam wadah pemeliharaan dapat mencemari air pemeliharaan dan akhirnya menyebabkan berkurangnya oksigen, sehingga mendatangkan penyakit dan kematian larva. Oleh karena itu, disarankan untuk membersihkan bagian bawah tangki dan mengisi 70-80% air sebanyak dua kali sehari untuk mempertahankan kedalaman air 10-15 cm. Perawatan harus dilakukan untuk memberikan sedikit tekanan pada larva sambil penggantian air di dalam tangki.

Kotoran dari benih dan pakan yang membusuk yang tidak termakan dalam pemeliharaan dengan kepadatan tinggi menghasilkan amonia bebas (NH_3), amonia terionisasi (NH_4^+) dan hidrogen sulfida (H_2S). Di antaranya, amonia bebas toksik pada konsentrasi rendah mempengaruhi insang dan organ pernapasan tambahan. Benih yang dipelihara dengan padat tebar tinggi dapat menghasilkan hidrogen sulfida dan karbon dioksida yang dapat menyebabkan stres terhadap benih. CO_2 , NH_3 , NH_4 sebesar 15 ppm, 0,05 ppm, 0,25 ppm

berada pada level tinggi, masing-masing tidak dapat mempengaruhi larva, tetapi dapat berbahaya jika secara terus menerus digunakan dalam waktu yang lama (Giri et al, 2010).

4.3. Manajemen Larva

Larva ikan baung (*Hemibagrus nemurus*) yang baru menetas ukurannya sekitar 5,0-5,5 mm dipisahkan dari telur yang belum menetas dan cangkang telur dibuang. Larva dipelihara dalam wadah empat persegi panjang atau bulat dengan dasar plastic/terpal halus di dalam hatchery. wadah diisi dengan air bersih mengalir dan diaerasi. Karena kantung kuning telur volumenya berat, larva tidak memiliki energi untuk bergerak sehingga hanya memperlihatkan ekornya saja yang bergerak sampai kuning telur diserap, dengan waktu 3-4 hari. Pada dasarnya larva suka berpindah ke sisi wadah pemeliharaan dan bergerombol. Telur yang menetas dan sebagian larva yang cacat dapat dilihat dibagian pertengahan wadah. Biasanya larva yang cacat akan mati dalam waktu 5-6 hari, sehingga disarankan untuk membersihkan wadah, jika tidak dibersihkan larva yang mati akan mencemari wadah pemeliharaan sehingga menyebabkan penyakit pada larva lainnya..

Padat tebar larva antara 2.000-3.000 per m² telah memenuhi syarat optimal untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Pada penelitian ini diperoleh pertumbuhan berat dan kelangsungan hidup larva selama pemeliharaan berkisar antara 40-50 mg dan 70-80%. Apabila padat tebar yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan padat tebar diatas dapat menyebabkan pemanfaatan ruang pemeliharaan menjadi berkurang. Demikian juga apabila padat tebar yang digunakan lebih tinggi (4.000-5.000 / m²), perbedaan pemberian pakan dan factor stres akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup larva karena terlalu padat. Akibatnya pertumbuhan bobot yang diperoleh hanya 20-30 mg dengan tingkat kelangsungan hidup 50-60% dengan pemeliharaan selama 14 hari

4.4. Manajemen pakan larva

Kuning telur larva yang baru menetas berfungsi sebagai cadangan makanan selama 3-10 hari pada awal kehidupan, hal ini tergantung kepada spesies ikan. Kuantitas pakan biasanya bervariasi tergantung pada padat tebar larva didalam wadah. Pertumbuhan larva juga dipengaruhi oleh kualitas pakan yang diberikan dan tingkat kesukaan (palatabilitas) larva terhadap pakan. Penerimaan pakan oleh larva tergantung pada jenis pakan dan ukuran partikel, yang dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup selama pemeliharaan. Berbagai jenis zooplankton seperti nauplii artemia, tubifek atau kuning telur rebus dianggap sebagai pakan terbaik selama pemeliharaan larva. Setiap jenis pakan tersebut mengandung 41-65% protein. Berbagai jenis zooplankton telah diteliti dan diterima dengan baik sebagai pakan untuk larva, yang dapat dengan mudah dikumpulkan dari setiap kolam pembenihan ikan mas (*Cyprinus carpio*). Plankton hidup dianggap pakan yang baik dan dapat diterima untuk pemeliharaan setiap spesies larva ikan. Plankton tetap dalam kondisi hidup di dalam wadah pemeliharaan, dapat dimanfaatkan oleh larva setiap saat jika larva ingin memperoleh pakan. Pakan yang mengandung 45% protein dalam bentuk butiran kecil diberikan bersama dengan plankton setelah 7-8 hari pemeliharaan. Plankton juga dapat digunakan secara bertahap selama periode pemeliharaan dari 13-14 hari. Variasi pakan ini tidak hanya dapat meningkatkan pertumbuhan, tetapi juga menjamin tingkat kelangsungan hidup yang lebih tinggi. Pakan dengan ukuran partikel 20-30 μ sangat cocok untuk periode awal makan. Ukuran pakan ini ditingkatkan secara bertahap menjadi 50-60 μ setelah benih dipelihara selama satu minggu. Karena mungkin diperoleh pertumbuhan diferensial pada benih dari awal, disarankan untuk melanjutkan pengamatan untuk memilih ukuran pakan yang sesuai. Pada benih ikan lele mempunyai kebiasaan berkelompok pada minggu pertama dan menjadi aktif makan pada malam hari dan photonegative pada siang hari, larva biasanya berkumpul di sudut-sudut wadah pemeliharaan untuk menghindari cahaya pada siang hari.

BAB 5

PENUTUP

Indonesia yang memiliki keanekaragaman spesies ikan air tawar dan laut dengan jumlah yang sangat banyak. Spesies ikan air tawar saja berjumlah sekitar 1.300 spesies, termasuk ikan hias. Perairan umum daratan di Provinsi Riau termasuk salah satu wilayah yang memiliki keanekaragaman plasma nutfah ikan konsumsi dan ikan hias yang banyak dan saat sekarang terancam punah akibat perubahan habitat. Spesies ikan tersebut perlu diselamatkan melalui konservasi secara insitu dan eksitu. Konservasi secara eksitu dapat dilakukan melalui proses domestikasi. Dalam proses domestikasi dan memproduksi benih secara massal salah satu komponen yang berperan penting adalah nutrisi induk, benih dan larva.

Secara garis besar, informasi kebutuhan nutrisi bagi induk masih terbatas. Nutrisi tertentu seperti protein, asam lemak esensial dan nutrien antioksidan, vitamin E dan C telah menunjukkan peran pentingnya sebagai nutrisi bagi indukan. Kebutuhan induk akan nutrisi selama fase reproduksi lebih tinggi dibandingkan kebutuhan larva dan juvenil, namun pemberian nutrisi secara berlebihan atau terjadinya ketidakseimbangan nutrisi dapat memberikan pengaruh buruk bagi proses reproduksi. Sejumlah mineral seperti fosfor dan aspek nutrisi lain seperti kualitas protein, juga dikenal penting bagi proses reproduksi ikan. Pentingnya sejumlah besar nutrisi-nutrisi lain seperti vitamin A, vitamin B₆, dan asam folat belum lagi mendapat perhatian yang sewajarnya bagi kebutuhan nutrisi induk dan karenanya menuntut penelitian lebih jauh dimasa depan. Penelitian "*in vitro*" dimasa depan sedapat mungkin memberikan kunci pada fungsi dan hal-hal yang belum terjelaskan mengenai mekanisme biokimia dari sejumlah mikronutrien bagi reproduksi ikan; walau demikian, penelitian-penelitian tersebut sebaiknya menjadi pelengkap bagi riset "*in vivo*" daripada menjadi penggantinya.

Permintaan benih saat sekarang ini cukup tinggi, misalnya di daerah Riau untuk budidaya ikan baung dibutuhkan tidak kurang dari satu juta ekor benih setiap tahun. Namun demikian harus diperhatikan pengelolaan induk yang baik agar ikan baung tidak mengalami penurunan kualitas, seperti adanya pakan yang tidak berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan reproduksi, perkawinan sekerabat (inbreeding) hingga seleksi induk yang salah atau penggunaan induk yang berkualitas rendah.

Penurunan kualitas induk dapat diamati dari karakter umum pertama matang gonad, derajat penetasan telur, pertumbuhan harian, daya tahan terhadap penyakit dan nilai FCR (Feeding Conversation Rate). Sebagai upaya perbaikan mutu induk dan benih ikan nutrisi pakan sangat berperan penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Aby-ayad, S.-M.E.-A., Melard, C., Kestemont, P., 1997. Effects of fatty acids in Eurasian perch broodstock diet on egg fatty acid composition and larvae stress resistance. *Aquacult. Int.* 5, 161–168.
- Akar, A.M. 2012. Influence of food restriction on reproduction and larval performance of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Egyptian Journal for Aquaculture*, 2 (2) : 73-82
- Akiyama, T., Shiraaishi, M., Yamamoto, T., Unuma, T., 1996. Effect of dietary tryptophan on maturation of ayu *Plecoglossus altivelis*. *Fish. Sci.* 62 (5)., 776–782.
- Aryani, N. Efawani and Nur Asiah. 2014. Enrichment of artificial feed with vitamin E for gonadal maturation of Mali Fish (*Labeobarbus festivus*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(2): 126-129.
- Awoyinka O. A., Atulomah E. and Atulomah N. O. S. 2011. Comparative effects of crude oil on juveniles *Clarias gariepinus* and *Clarias anguillaris*. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3 (13) : 239-243.
- Belal. I.E.H 2005. A review of some fish nutrition methodologies. *Bioresource Technology* 96 : 395–402
- Bell, M.V., Henderson, R.J., Sargent, J.R., 1986. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. *Comp.Biochem. Physiol.* 83B, 711–719.
- Berglund, I., 1995. Effects of spring temperature and feeding regime on sexual maturation in Atlantic salmon *Salmo salar* L.. male parr. In: Goetz, F.W., Thomas, P. (Eds.), *Reproductive Physiology of Fish*. FishSymp. 95, Austin, 1995, pp. 170–172.

- Bilen, S and Muge, B. 2013. Effects of different protein sources on growth performance and food consumption of goldfish, *Carassius auratus*. Iranian Journal of Fisheries Sciences. 12(3) 717-722.
- Blom, J.H., Dabrowski, K., 1995. Reproductive success of female rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. In response to graded dietary ascorbyl monophosphate levels. Biol. Reprod. 52, 1073–1080.
- Brooks, S., Tyler, C.R., Sumpter, J.P., 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg. Reviews in Fish Biology and Fisheries 7, 387–416.
- Brown, S.B., Fitzsimons, J.D., Palace, V.T., Vandembillaardt, L., 1998. Thiamin and early mortality syndrome in lake trout. In: McDonald, G., Fitzsimons, J.D., Honeyfield, D.C. (Eds.), Early Life Stage Mortality Syndrome in Fishes of the Great Lake and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium, vol. 21, pp. 18–25, Bethesda, MD, USA.
- Brauge C, Médale F, Corraze G (1994). Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, reared in seawater. Aquaculture 131:125-133.
- Buttle, L.G., Rogcr F. Uglow and Ian G. Cowx. 1995. Effect of dietary protein on the nitrogen excretion and growth of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquat. Living Resour. 8, 407-414
- Camargo, ACS. and Urbinati, EC. 2008. Influence of food restriction on the reproduction and larval performance of matrinxã, *Brycon amazonicus* (Spix and Agassiz, 1829). Braz. J. Biol., 68(4): 869-873.
- Cerda, J., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J., de la Higuera, M., 1994b. Influence of nutritional composition of diet on sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., reproductive performance and egg and larval quality. Aquaculture 128, 345–361.
- Chatakondi NG, and Yant RD, 2001. Application of compensatory growth to enhance production in channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 32:278–285.

- Choubert, G., 1986. Pigments caroténoïdes et reproduction des poissons. Bull. Fr. Peche Piscic. 300, 25–32.
- Choubert, G., Blanc, J.M., 1993. Muscle pigmentation changes during and after spawning in male and female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed dietary carotenoids. Aquat. Living Resour. 6, 163–168.
- Chong, A.S.C., Hashim, R., Ali, A.B., 2000. Dietary protein requirements for discus (*Symphysodon* spp.). Aquac.Nutr. 6, 275– 278
- Chong, A.S.C, D.I, Saraitul, O. Zulfaizuddin , H. Roshada, 2004. Effect of dietary protein level on the reproductive performance of female swordtails *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). Aquaculture 234, 381–392.
- Coldebella IJ, J. Radünz Neto, C.A, Mallmann , C.A, Veiverberg , G.T, Bergamin , F.A. Pedron Ferreira, L.J.G, Barcellos, 2011. The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. Aquaculture 312, 137–144.
- El-Sayed AM, Garling DL Jr (1988). Carbohydrate-to-lipid ratio in diets for *Tilapia zilli benihs* . Aquaculture 73:157-1
- De Silva, S.S. and K, Radampola, 1990. Effect of dietary protein level on the reproductive performance of *Oreochromis niloticus* (L.). In: R. Hirano and I. Hanyu (Editors), The Second Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, pp. 559-564.
- Ciereszco, A., Dabrowski, K., 1995. Sperm quality and ascorbic acid concentration in rainbow trout semen are affected by dietary vitamin C: an across season study. Biol. Reprod. 52, 982–988.
- Craik, J.C.A., 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. Aquaculture 47, 61–88.
- Craik, J.A.C., Harvey, S.M., 1986. Egg quality in Atlantic salmon. ICES Reports 1986, F:2, 9 pp.

- Duray, M., Kohno, H., Pascual, F., 1994. The effect of lipid enriched broodstock diets on spawning and on egg and larval quality of hatchery-bred rabbitfish *ŽSiganus guttatus*.. Philipp. Sci. 31, 42–57.
- Eskelinen, P., 1989. Effects of different diets on egg production and egg quality of Atlantic salmon *ŽSalmo salar* L... Aquaculture 79, 275–281.
- Falk-Petersen, S., Sargent, J.R., Fox, C., Falk-Petersen, I.-B., Haug, T., Kjørsvik, E., 1989. Lipids in Atlantic halibut *ŽHippoglossus hippoglossus*. eggs from planktonic samples in Northern Norway. Mar. Biol. 101,553–556.
- Fernańdez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M., Vergara, J., 1995. Effect of *ny3* HUFA level in broodstock diets on egg quality of gilthead seabream *Sparus aurata* L... Aquaculture 132, 325–337.
- Fernańdez-Palacios, H., Izquierdo, M., Robaina, L., Valencia, A., Salhi, M., Montero, D., 1997. The effect of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for Gilthead seabream *ŽSparus aurata*.. Aquaculture 148, 233–246.
- Fernańdez-Palacios, H., Izquierdo, M.S., Gonzalez, M., Robaina, L., Valencia, A., 1998. Combined effect of dietary α -tocopherol and *ny3* HUFA on egg quality of gilthead seabream broodstock *ŽSparus aurata*.. Aquaculture 161, 475–476.
- Freńmont, L., Leńger, C., Petridou, B., Gozzelino, M.T., 1984. Effects of a polyunsaturated fatty acid deficient diet on profiles of serum vitellogenin and lipoprotein in vitellogenic trout *ŽSalmo gairdneri*.. Lipids 19 *Ž7*., 522–528.

- Gaylord TG. and Gatlin III DM., 2000, Assesment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* and associated changes in body condition indices. *Journal of the World Aquaculture Society* 31: 326–336.
- Giri, N. A., K. Suwirya, A. I. Pithasari, dan M. Marzuqi. 2007. Pengaruh kadar protein pakan terhadap pertumbuhan dan efisiensi pakan benih ikan kakap merah (*Lutjanus argentimaculatus*). Februari 2007. *J. Perikanan*, 9(1):55-62.
- Giri,A.K, Narottam P.S, Neelam S, and Gyanaranjan D. 2014. Effect of dietary supplementation of chromium on growth and biochemical parameters of *Labeo rohita* (Hamilton) benihs. *Indian J.Fish*, 61 (2) : 73-81.
- Halver, J.E., 1989. The vitamins. In: Halver, J.E. ŽEd., Fish Nutrition. Academic Press, San Diego, USA, pp.32–111.
- Hemre, G.I., Mangor-Jensen, A., Lie, O., 1994. Broodstock nutrition in turbot (*Scophthalmus maximus*). Effect of dietary vitamin E. *Fiskeridir. Skr.*, Ser. Ernaer. 8, 21–29.
- Hardy, R.W., Matsumoto, T., Fairgrieve, W.T., Stickney, R.R., 1990. The effects of dietary lipid source on muscle and egg fatty acid composition and reproductive performance of Coho Salmon ,*Oncorhynchus kisutch*.. In: Takeda, M., Watanabe, T. ŽEds., The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture. Proc. Third Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish, Japan Translation Center, Tokyo, pp. 347–356.
- Harel, M., Tandler, A., Kissil, G.Wm., 1992. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead sea bream *S. aurata* females and subsequent effects on egg composition and egg quality. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh* 44 Ž4., 127 ŽOnly abstract..

- Harel, M., Tandler, A., Kissil, G.Wm., Applebaum, S., 1994. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead sea bream *S. aurata* females and subsequent effects on egg composition and egg quality. Br. J. Nutr. 72, 45–58.
- Harris, L.E., 1984. Effects of a broodfish diet fortified with canthaxanthin on female fecundity and egg color. Aquaculture 43, 179–183.
- Henderson, R.J. and Tocher, D.R. 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. Prog. lipid res, 26: 281-347.
- Hornung, M.W., Miller, L., Peterson, R.E., Marcquenski, S., Brown, S., 1998. Efficacy of various treatments conducted on Lake Michigan salmonid embryos in reducing early mortality syndrome. In: McDonald, G., Fitzsimons, J.D., Honeyfield, D.C. (Eds.), Early Life Stage Mortality Syndrome in Fishes of the Great Lake and Baltic Sea. American Fisheries Society, Symposium, vol. 21, pp. 124–134, Bethesda, MD, USA.
- Hung, L.T, Nguyen A.T, Philippe C, Je'rome L. 2002. Larval rearing of the Asian Catfish, *Pangasius bocourti* (Siluroidei, Pangasiidae): alternative feeds and weaning time. Aquaculture, 212 : 115–127.
- Izquierdo, M., 1996. Essential fatty acid requirements of cultured marine fish larvae. Aquacult. Nutr. 2, 183–191.
- Izquierdo, M., Ferná'ndez-Palacios, H., 1997. Nutritional requirements of marine fish larvae and broodstock. Cah. Options Mediterr. 22, 243–264.
- Izquierdo, M.S, H. Ferná'ndez-Palacios, A.G.J. Tacon, 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture 197, 25–42.
- Jahedi, A. Amir J and Seyed N A. 2012. The Effect of Density on Growth and Survival of the Goldfish (*Carassius auratus* , Bloch, 1783). World Journal of Agricultural Sciences 8 (4): 375-377.

- Johnston, A.T, M.D, Wiegand, R.J, Pronyk, S.D, Dyal, K.E, Watchorn, S. Kollar, J.M, Casselman, 2007. Hatching success of walleye embryos in relation to maternal and ova characteristics. *Ecology of Freshwater* 16, 295–306.
- Kah, O., Zanuy, S., Pradelles, P., Cerda, J., Carrillo, M., 1994. An enzyme immunoassay for salmon gonadotropin-releasing hormone and its application to the study of the effects of diet on brain and pituitary GnRH in the sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 95, 464–474.
- Kelly, AM. 2004. Channel Catfish Broodfish Management. SRAC Publication No. 1802
- Khan, M.A, A.K,Jafri, N.K,Chadha, 2005. Effects of varying dietary protein levels on growth, reproductive performance, body and egg composition of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquaculture Nutrition* 11, 11–17.
- Ketola, H.G., Bowser, P.R., Wooster, L.R., Wedge, L.R., Hurst, S., 1998. Thiamin remediation of early mortality in fry of Atlantic salmon from Cayuga Lake. *Great Lakes Res. Rev.* 3, 21–26.
- Kjorsvik, E., Mangor-Jesen, A., Holmefjord, I., 1990. Egg quality in fishes. *Advances in Marine Biology*, vol. 26, Academic Press, London, pp. 71–113.
- Knight, J., Holland, J.W., Bowden, L.A., Halliday, K., Rowley, A.F., 1995. Eicosanoid generating capacities of different tissues from the rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Lipids* 30 5., 451–458.
- Labbe, C., Maise, G., 1996. Influence of rainbow trout thermal acclimation on sperm cryopreservation:relation to change in the lipid composition of the plasma membrane. *Aquaculture* 145, 281–294.
- Labbe, C., Loir, M., Kaushik, S., Maise, G., 1993. The influence of both rearing and dietary lipid origin on fatty acid composition of spermatozoan polar lipids in rainbow trout *ŹOncorrhynchus mykiss*..

- Effect on sperm cryopreservation tolerance. *Fish Nutrition in Practice*, Biarritz France., June 24–27, 1991. Ed. INRA, Paris 1993 Les Colloques, no. 61., pp. 49–59.
- Leboulanger, J., 1977. Les vitamines. *Biochimie-Mode d'action-Intérêt thérapeutique*. Ed. Roche, Neuilly-sur-Seine, France, 194 pp.
- Li P, Kangsen M, Jesse T, Guoyao W. 2008. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. Review Article. *Amino Acids*. DOI 10.1007/s00726-008-0171-1.
- Lie, O., Mangor-Jensen, A., Hemre, G.I., 1993. Broodstock nutrition in cod *Gadus morhua*. effect of dietary fatty acids. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaer.* 6, 11–19.
- Mangor-Jensen, A., Birkeland, R.N., Sandnes, K., 1993. Effects of cod broodstock dietary vitamin C on embryonic growth and survival. Milestone. *Rapp. Sent. Havbruk, Imr. Norw. Beren-Norw. Inst. Mar. Res. No. 18*, 8 pp.
- Nancy Brito-Manzano, N.B and Aranda, D.A. 2013. Effect of photoperiod and feeding schedule on growth and survival of larvae of the fighting conch *Strombus pugilis* Linné, 1758 (Mollusca, Gastropoda). *Aquaculture* 408–409 : 47–50
- Melo, J.F.B, Lícia M.L, Isidoro M, Isabel V.B, Gilberto M. 2006. Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 145:181-187.
- Merchie, G, P.Lavens, P. Sorgeloos. 1997. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae : a review. *Aquaculture*, 155: 165-181.
- Muhammad Marzuqi, Ni Wayan Widya Astuti, dan Ketut Suwirya. 2012. Pengaruh kadar protein dan rasio pemberian pakan terhadap

- pertumbuhan ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 4, No. 1, Hlm. 55-65,
- Mercure, F., Van Der Kraak, G., 1995. Inhibition of gonadotropin-stimulated ovarian steroid production by polyunsaturated fatty acids in teleost fish. *Lipids* 30, 547–554.
- Miki, W., Yamaguchi, K., Konosu, S., Watanabe, T., 1984. Metabolism of dietary carotenoids in eggs of red sea bream. *Comp. Biochem. Physiol.* 77B Ž4., 665–668.
- Moore, P.K., 1995. Prostanoids: Pharmacological, Physiological and Clinical Relevance. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Mourente, G., Odriozola, J.M., 1990. Effect of broodstock diets on lipid classes and their fatty acid composition in eggs of gilthead sea bream *ŽSparus aurata* L... *Fish Physiol. Biochem.* 8 Ž2., 93–101.
- Mourente, G., Carrascosa, M.A., Velasco, C., Odriozola, J.M., 1989. Effect of gilthead sea bream *ŽSparus aurata* L.. broodstock diets on egg lipid composition and spawning quality. *EAS Spec. Publ.* 10, 179–180.
- NAS 1979. *Tropical lagoons resources of the future*. National Academic Press, Washington DC, 332 pp.
- Navas, J.M., Trush, M., Ramos, J., Bruce, M., Carrillo, M., Zanuy, S., Bromage, N., 1996. The effect of seasonal alteration in the lipid composition of broodstock diets on egg quality in the European sea bass *ŽDicentrarchus labrax*.. *Proc. V Int. Symp. Rep. Physiol. Fish.* Austin, TX, 2–8 July 1995, pp. 108–110.
- Navas, J.M., Bruce, M., Trush, M., Farndale, B.M., Bromage, N., Zanuy, S., Carrillo, M., Bell, J.G., Ramos, J., 1997. The impact of seasonal alteration in the lipid composition of broodstock diets on egg quality in the European sea bass. *J. Fish Biol.* 51, 760–773.

- National Resource Council, Committee on Animal Nutrition. Nutrient Requirements of Fish. Washington,DC, National Academy Press, 1993. Available from [URL:http://www.nap.edu](http://www.nap.edu) Pickova, J., Dutta, P.C.,
- Nikki J, Pirhonen J, Jobling M, and Karjalainen J, 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture*, 235: 285–296
- Larsson, P.O., Kiessling, A., 1997. Early embryonic cleavage pattern, hatching success and egg-lipid fatty acid composition: comparison between two cod stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54, 2410–2416.
- Ohkubo, N., Sayumi S, Kazuharu N, Hideki T, Takahiro M. 2008. Utilization of free amino acids, yolk protein and lipids in developing eggs and yolk-sac larvae of Japanese eel *Anguilla japonica*. *Aquaculture* 282 : 130–137.
- Olurin, K.B, P.O. Iwuchukwu and O. Oladapo. 2012. Larval rearing of African catfish, *Clarias gariepinus* fed decapsulated *Artemia*, wild copepods or commercial starter diet. *African Journal of Food Science and Technology*, 3(8) : 182-185.
- Orire A. M. and Sadiku S. O. E. 2013. Effects of carbohydrate sources on the growth and body compositions of African catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 6(5), : 55-61.
- Palace, V.P and Werner, J. 2006. Vitamins A and E in the maternal diet influence egg quality and early life stage development in fish : a review. *Scientia Marina*, 70S2 :41-57.
- Peragón J, Barroso JB, García-Salguero L, de la Higuera M, José AL (1999). Carbohydrates affect Protein-Turnover Rates, Growth, and Nucleic-Acid Content in White Muscle of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 179:425-437.

- Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I., Olsen, Y., 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture* 155, 105–118.
- Rapoport, R., Sklan, D., Wolfenson, D., Shaham-Albalancy, A., Hanukoglu, I., 1998. Antioxidant capacity is correlated with steroidogenic status of the corpus luteum during bovine estrous cycle. *Biochem. Biophys. Acta* 1380, 133–140.
- Ramaswamy, B. B. T. N. Kumar, P.L. Doddamani, K. Panda and K. S. Ramesh.2013. Dietary protein requirement of stunted benih of the Indian major carp, *Catla catla* (Hamilton) during grow-out phase. *Indian J. Fish.*, 60(4) : 87-91, 2013.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., Fernández-Palacios, H.,1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream *Sparus aurata*: nutritional and histological implications. *Aquaculture* 130, 219–233.
- Roo,J, C.M. Hernández-Cruz, C. Borrero, D. Schuchardt, H. Fernández-Palacios. 2010. Effect of larval density and feeding sequence on meager (*Argyrosomus regius*; Asso, 1801) larval rearing. *Aquaculture*, 302 : 82–88
- Russo T, Clara B, Paolo De Mi, Stefano C.2009. Feeding preferences of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*, Lowe 1834) larvae reared in semi-intensive conditions: A contribution addressing the domestication of this species. *Aquaculture* 289: 289–296
- Sahoo, SK. Giri,SS, ChandraS. 2008. Rearing performance of *Clarias batrachus* larvae: Effect of age at stocking on growth and survival during benih production. *Aquaculture* 280 : 158–160.
- Sahoo, S.K., Giri, S.S., Chandra, S., Sahu, A.K.2010. Management in seed rearing of Asian catfish, *Clarias batrachus*, in hatchery conditions. *Research & farming techniques*, 1 (XV) : 23-25.

- Shugunan, V.V., 1997. Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular No. 933, Rome, FAO. pp. 149.
- Sales J, Janssens GPJ: Nutrient requirements of ornamental fish. *Aquat Living Resour* 16:533-540, 2003
- Sandnes, K., 1991. Vitamin C in fish nutrition—a review. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernaer.* 4, 3–32.
- Sandnes, K., Ulgenes, Y., Braekkan, O.R., Utne, F., 1984. The effect of ascorbic acid supplementation in broodstock feed on reproduction of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Aquaculture* 43, 167–177.
- Santiago, C.B., Reyes, O.S., 1993. Effect of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus. broodstock. *J. Appl. Ichthyol.* 9, 33–40.
- Sasayama, Y., Takahashi, H., 1972. Effect of starvation and unilateral astration in male goldfish, *Carassius auratus*, and a design of bioassay for fish gonadotropin using starved goldfish. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.* 22, 267–283.
- Siman, C.M., Eriksson, U.J., 1997. Vitamin E Sohn, Y.C., Suetake, H., Yoshiura, Y., Kobayashi, M., Aida, K., 1998. Structural and expression analysis of gonadotropin 1-beta subunit genes in goldfish *Carassius auratus*. *Gene* 222, 257–267.
- Sink TD, Rebecca T. L, Camilo P, Alejandro B, Delbert G. 2010. Effects of dietary protein source and protein–lipid source interaction on channel catfish (*Ictalurus punctatus*) egg biochemical composition, egg production and quality, and fry hatching percentage and performance. *Aquaculture* 298 : 251–259

- Sorensen, P.W., Hara, T.J., Stacey, N.E., Goetz, F.W., 1988. F prostaglandins function as potent stimulants that comprise the post-ovulatory female sex pheromone in goldfish. *Biol. Reprod.* 39, 1039–1050. Stacey, N.E., Goetz, F.W., 1982. Role of prostaglandins in fish reproduction. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39, 92–98.
- Srivastava, P.P., Sudhir R, Rajesh D, Shipra C, Wazir S L, Akhilesh K Y3, Priya S and Jyoti G. 2012. Breeding and Larval Rearing of Asian Catfish, *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758) on Live and Artificial Feed. *J Aquacult Res Dev*, 3(4) :2-4.
- Stacey .R.G. 2006. Nutritional Support of Fish. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 15 (4) : 264-268
- Sullivan, M.H.F., Cooke, B.A., 1985. Effects of calmodulin and lypoxigenase inhibitors on LH- and LHRH-agonist stimulated steroidogenesis in rat leydig cells. *Biochem. J.* 232, 55–59.
- Tacon, A.G.J., 1981. Speculative review of possible carotenoid function in fish. *Prog. Fish-Cult.* 43 Ž4.,205–208.
- Tandler, A., Watanabe, T., Satoh, S., Fukusho, K., 1989. The effect of food deprivation on the fatty acid and lipid profile of red seabream larvae Ž*Pagrus major*.. *Br. J. Nutr.* 62, 349–361.
- Tandler, A., Harel, M., Koven, W.M., Kolkovsky, S., 1995. Broodstock and larvae nutrition in gilthead seabream *Sparus aurata* new findings on its involvement in improving growth, survival and swim bladder inflation. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh* 47, 95–111.
- Teng, S.K., T.E. Chua ,and P.E. Lim .1978. Preliminary observation on the dietary protein requirement of estuary grouper, *Epinephelus salmoides*. Maxwell cultured in floating net cages. *Aquaculture*, 15:257-271.

- Torrissen, O.J., 1984. Pigmentation of salmonids—effects of carotenoids in eggs and start feeding diet on survival and growth rate. *Aquaculture* 43, 185–193.
- Torrissen, O.J., 1990. Biological activities of carotenoids in fishes. In: Takeda, M., Watanabe, T. (Eds.), *The Current Status of Fish Nutrition in Aquaculture*. Japan Translation Center, Tokyo, Japan, pp. 387–399.
- Torrissen, O.J., Christiansen, R., 1995. Requirements for carotenoids in fish diets. *J. Appl. Ichthyol.* 11, 225–230.
- Verakunpiriya, V., Watanabe, K., Mushiake, K., Kawano, K., Kobayashi, T., Hasegawa, I., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe, T., 1997. Effect of a krill meal supplementation in soft-pellets on spawning and quality of egg of yellowtail. *Fish. Sci.* 63, 433–439.
- Wade, M.G., Van der Kraak, G., Gerrits, M.F., Ballantyne, J.S., 1994. Release and steroidogenic actions of polyunsaturated fatty acids in the goldfish testis. *Biol. Reprod.* 51, 131–139.
- Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 73 (1), 3–15.
- Watanabe, T., 1990. Effect of broodstock diets on reproduction of fish. *Actes Colloq. - IFREMER* 9, 542–543.
- Watanabe, T., Kiron, V., 1995. Broodstock management and nutritional approaches for quality offsprings in the Red Sea Bream. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 424 pp.
- Watanabe, T., Arakawa, T., Kitajima, C., Fujita, S., 1984. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi* 50 (3), 495–501.

- Watanabe, T., Itoh, A., Satoh, S., Kitajima, C., Fujita, S., 1985. Effect of dietary protein levels on chemical components of eggs produced by red sea bream broodstock. *Nippon Suisan Gakkaishi* 51 Ž9., 1501–1509.
- Watanabe, T., Lee, M., Mizutani, J., Yamada, T., Satoh, S., Takeuchi, T., Yoshida, N., Kitada, T., Arakawa, T., 1991a. Effective components in cuttlefish meal and raw krill for improvement of quality of red sea bream *Pagrus major* eggs. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57 Ž4., 681–694.
- Watanabe, T., Fujimura, T., Lee, M.J., Fukusho, K., Satoh, S., Takeuchi, T., 1991b. Effect of polar and nonpolar lipids from krill on quality of eggs of red seabream *Pagrus major*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57 Ž4., 695–698.
- Wilson RP (1994). Utilization of dietary carbohydrate by fish. *Aquaculture* 124:67-80.
- Wooster, G.A., Bowser, P.R., 2000. Remediation of Cayuga Syndrome in landlocked Atlantic Salmon *Salmosalar* using egg and sac-fry bath treatments of thiamin-hydrochloride. *J. World Aquacult. Soc.* 31,149–157.
- Zhang, Z., Benson, B., Logan, J.L., 1992. Dietary fish oil delays puberty in female rats. *Biol. Reprod.* 47,998–1003.
- Zohar, Y., Harel, M., Hassin, S., Tandler, A., 1995. Gilthead seabream. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. ŽEds., *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 424 pp.

DAFTAR GLOSARIUM

1. Pakan adalah makanan/asupan yang diberikan kepada hewan ternak (peliharaan). Pakan merupakan sumber energi dan materi bagi pertumbuhan dan kehidupan makhluk hidup. Zat yang terpenting dalam pakan adalah protein. Pakan berkualitas adalah pakan yang kadar protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitaminnya seimbang.
2. Pakan alami adalah sejenis pakan ikan yang berupa organisme air. Organisme ini secara ekosistem merupakan produsen primer atau level makanan dibawah ikan dalam rantai makanan. Ikan dalam memanfaatkan pakan alami bergantung pada kebiasaan makan ikan dan ukuran tubuh dari pakan alami itu sendiri. Pakan alami dapat berupa tumbuh-tumbuhan maupun hewani yang hidup di air.
3. Pakan buatan adalah pakan yang disiapkan oleh manusia dengan bahan dan komposisi tertentu yang dapat bermanfaat bagi keberlangsungan hidup ikan.
4. Protein adalah suatu molekul kompleks yang besar (makromolekul), yang terbentuk dari molekul asam amino (20 macam), di mana asam amino satu sama lain berhubungan dengan ikatan peptida. Protein merupakan nutrisi utama yang mengandung nitrogen dan merupakan unsur utama dari jaringan dan organ tubuh hewan dan juga senyawa nitrogen lainnya seperti asam nukleat, enzim, hormon, vitamin, dan lain-lain. Protein dibutuhkan sebagai sumber energy utama karena protein ini terus-menerus diperlukan dalam makanan untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan yang rusak. Protein sangat dibutuhkan oleh ikan sebagai sumber utama energy dan pada ikan kebutuhan protein ini bervariasi bergantung pada jenis ikan yang dibudidayakan.
5. Karbohidrat adalah Karbohidrat terdiri atas serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Serat kasar sulit dicerna oleh ikan namun

tetap diperlukan, yakni untuk meningkatkan gerak peristaltik usus. Pemberian serat kasar dalam pakan perlu diperhatikan. Pemberian serat kasar dalam jumlah berlebihan menyebabkan gangguan pada proses penyerapan pakan di dalam usus halus.

6. Lemak adalah senyawa organik yang mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) sebagai unsur utama. Beberapa di antaranya ada yang mengandung nitrogen (N) atau fosfor (P). Secara umum, lemak dan minyak (keduanya sering disebut lipid) merupakan sumber energi paling tinggi dalam pakan ikan. Perbedaan antara lemak dan minyak hanya terletak pada titik cairnya (melting point). Lemak cenderung mempunyai titik cair lebih tinggi. Selain itu, lemak memiliki rantai molekul lebih panjang dan bobot molekul lebih berat.
7. Vitamin adalah suatu zat senyawa kompleks yang sangat dibutuhkan oleh tubuh ikan yang berfungsi untuk membantu pengaturan atau proses kegiatan tubuh. Tanpa vitamin hewan dan makhluk hidup lainnya tidak akan dapat melakukan aktifitas hidup dan kekurangan vitamin dapat menyebabkan memperbesar peluang terkena penyakit pada tubuh ikan.
8. Mineral adalah elemen anorganik yang dibutuhkan oleh ikan dalam pembentukan jaringan, metabolisme dan osmoregulasi. mineral dapat dibagi (2) mineral esensial, harus selalu tersedia di dalam tubuh ikan, (2) mineral nonesensial yaitu mineral yang sebaiknya tersedia di dalam tubuh ikan. Berdasarkan jumlah kebutuhan, mineral dibagi menjadi 2 kelas, (1) Makromineral Yaitu mineral yang dibutuhkan tubuh ikan dalam jumlah besar, spt: kalsium (Ca), fosfor (P), belerang (S), natrium (Na), klorida (Cl), magnesium (Mg), dan kalium (K), (2) mikromineral adalah mineral yang dibutuhkan oleh tubuh ikan dalam jumlah kecil, yaitu kobalt (Co), selenium (Se), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), krom (Cr), fluor (F), iodium (I), besi (Fe), dan molibdenum (Mo). Mikromineral disebut sebagai trace mineral.

9. Pengertian dari benih ikan adalah sebutan dari ikan yang baru menetas sampai mencapai ukuran panjang tubuh 5 - 6 cm (Sachlan, 1975). Dalam bahasa ilmiah benih ikan disebut sebagai larva (fish fry). Dalam petunjuk SNI (Standar Nasional Indonesia) mengenai benih ikan, disebutkan bahwa larva ikan adalah fase atau tingkatan benih ikan yang berumur 4 hari sejak telur menetas sampai mencapai umur 90 hari serta mempunyai kriteria yang berbeda dengan ikan dewasa.
10. Juvenil : anak ikan yang memiliki bentuk tubuh seperti induknya, tetapi lebih kecil dan organ reproduksinya masih dalam perkembangan sehingga belum berfungsi; individu yang masih muda.
11. Feeding Frekuensi : jumlah waktu ikan untuk makan dalam sehari.
12. Fekunditas Individu : jumlah telur yang dikeluarkan selama satu kali pemijahan; jumlah telur dari generasi tahun itu yang akan dikeluarkan tahun itu pula.
13. Kelangsungan Hidup Ikan : persentase ikan yang hidup dari jumlah seluruh ikan yang dipelihara dalam suatu wadah.
14. Matang Gonad : kondisi ikan yang sudah siap untuk dikawinkan (dipijahkan) yang ditandai oleh perut membesar dan bila diraba terasa lembek (ikan betina).

DAFTAR INDEX

A

Air : 2,11,13, 14, 21, 22, 31, 32, 33, 35, 38, 42, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 76, 77, 84, 88, 89

Asam amino : 3, 9, 26, 29, 50

Asam lemak jenuh : 49,50,51, 52, 53,54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91

Asam lemak tidak jenuh : 23

B

Benih ikan : 33, 34, 36, 37, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 49, 53, 63, 65, 68, 70, 72, 77, 90, 91

D

Defisiensi pakan : 88,89, 90

E

Energi pakan :11, 91

Enzim : 3, 8, 12, 13, 14, 17, 72, 88

F

Fekunditas : 8,9 15, 16, 17, 18, 90

I

Induk ikan :1,2, 3, 4, 13, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 63, 91

J

Juvenil : 2, 22, 25, 32, 71, 73, 82, 90

K

Karbohidrat : 11, 12, 26, 34, 36, 42, 43, 45, 48, 88

Kelangsungan hidup : 8, 14, 25, 32, 33, 34, 37, 43, 48, 57, 59, 60, 61, 65, 68, 69, 70, 90

Kualitas air : 2, 48, 51, 60, 61, 62, 63, 64, 68

Kualitas telur : 8, 15, 16, 18, 19, 22, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 60

L

Larva ikan : 2, 25, 27, 32, 50, 51, 52, 54, 61, 66, 67, 69, 70, 90

Laju pertumbuhan spesifik : 7, 34, 43, 47, 57

Lemak : 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 35, 38, 42, 45, 48, 50, 53, 71, 88, 89

M

Mineral : 1, 5, 6, 13, 34, 42, 44, 56, 71, 88, 89

N

Nutrisi : 1, 2, 3, 4, 8, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 38, 43, 50, 59, 71, 72, 88

P

Pakan alami : 2, 36, 50, 51, 53, 88

Pakan buatan : 33, 35, 88

Protein kasar : 4, 5, 6, 10, 32, 35, 36, 42, 45, 48, 53, 56

Proksimat : 5, 35, 37, 42

R

Reproduksi : 1,2 4, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23,
26, 27, 28, 30, 71, 72, 90

S

Serat kasar : 5, 6, 12, 35, 53, 88, 89

V

Vitamin : 1, 5, 6, 12, 14, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,
42, 44, 49, 56, 71, 73, 75, 77, 81, 82, 88, 89

