

## **Peranan Nutrisi dan Teknik Pemberian Pakan dalam Peningkatan Produksi Akuakultur yang Berkelanjutan**

**Agung Sudaryono**

*Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan FPIK Universitas Diponegoro  
Jl. Hayam Wuruk 4A, Semarang  
[agungsoed@yahoo.co.id](mailto:agungsoed@yahoo.co.id)*

### **Abstract**

**Agung Sudaryono. 2008. Roles of nutrition and feeding technique in improvement of sustainable aquaculture production. *Aquacultura Indonesiana*, 9 (1): 39–47.** All aquaculture production under an intensive system depends on a controlled management of feeding practices which should provide for the essential nutrients and energy in the most acceptable form and manner. It is clearly agreed that global aquaculture production will continue to increase, and much of this will occur in the developing countries of Asia and Africa, through the expansion of semi-intensive, small-scale pond aquaculture. Aquaculture has a major role in ensuring nutritional security of humans. Nutrition and feeding play a central and essential role in the sustained development of aquaculture and, therefore, fertilizers and feed resources continue to dominate aquaculture needs. This paper reviews a number of specific issues in the fields of aquatic animal nutrition and feeding which are critical for sustainable aquaculture production in both industrialized and developing countries, e.g.: the importance of nutrition and feeding on productivity, environmental and product quality and food safety; the functional role of nutrition in ensuring complete domestication including reproductive success and larval development; and feed technology and management of feeding practices. In conclusion, more pay attention should be addressed to aquaculturists in order to have carefully in assessing the impact of nutrient loading in the aquatic environment and use both science and judgment for reducing such impacts. Furthermore, a careful balance between environment, health/disease resistance and feed use should be maintained, so that the system does not deteriorate and negatively impact market value and consumer confidence. Recommendations for improvement of nutrition and feeding protocols in support of sustainable aquaculture development are also made.

**Keywords:** Sustainable Aquaculture; Environment; Nutrition; Feeding; Production

### **Abstrak**

Semua produksi akuakultur sistem intensif sangat tergantung pada pengendalian manajemen pemberian pakan dengan kandungan nutrisi esensial and energi yang tepat dan ramah lingkungan. Seperti telah diketahui bersama bahwa produksi akuakultur dunia akan terus meningkat sejalan dengan peningkatan permintaan dan populasi dunia. Negara-negara yang sedang berkembang (Asia dan Afrika) kebanyakan merupakan produsen utama dalam penyediaan produksi akuakultur dunia melalui sistem budidaya semi-intensif. Akuakultur memainkan peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Oleh karena itu, nutrisi dan pemberian pakan memainkan peranan sangat penting dan sentral dalam pengembangan produksi akuakultur yang berkelanjutan, sehingga kebutuhan penyediaan sumber-sumber pakan yang memenuhi standar kebutuhan nutrisi kultivan terus diperlukan untuk kebutuhan produksi. Makalah ini mereview berbagai isu terkini tentang keutamaan nutrisi dan pemberian pakan dalam produksi akuakultur yang berkelanjutan baik di negara maju maupun negara berkembang. Materi yang akan dibahas meliputi keutamaan peranan nutrisi dan pemberian pakan terhadap produktivitas, lingkungan dan kualitas produk serta keamanan pangan, peranan fungsional nutrisi dalam reproduksi dan perkembangan larva, dan teknologi pakan serta praktek-praktek manajemen pemberian pakan. Disimpulkan bahwa para ahli akuakultur diharuskan lebih hati-hati dalam menilai dampak muatan nutrisi yang berlebihan dalam lingkungan perairan dan bagaimana cara mengurangi dampak yang ditimbulkannya. Lebih lanjut, keseimbangan antara lingkungan, kesehatan/ketahanan penyakit dan penggunaan pakan sebaiknya tetap perlu dijaga agar sistem tidak mempengaruhi penurunan mutu dan nilai produk yang pada akhirnya akan menyebabkan penolakan konsumen. Rekomendasi bagi perbaikan nutrisi dan teknik pemberian pakan yang mendukung pengembangan produksi akuakultur yang berkelanjutan juga dibuat.

**Kata Kunci:** Akuakultur yang berkelanjutan; Lingkungan; Nutrisi; Pemberian pakan; Produksi

## **Pendahuluan**

Ikan pada umumnya berkalori rendah tetapi kaya protein, bernilai biologis yang sangat baik, memiliki keseimbangan asam amino yang ideal, kaya asam lemak omega-3 dan beberapa micronutrients. Telah dipostulatkan bahwa evolusi otak manusia modern terkait sangat erat dengan pola konsumsi makanan yang kaya asam lemak omega-3, DHA yang banyak diperoleh dari sumber-sumber makanan ikani (*seafoods*) (Broadhurst *et al.*, 1998; Crawford *et al.*, 1999). Ikan dan produk laut lainnya diakui memberikan sumbangan yang nyata bagi penyediaan gizi dan kesehatan manusia. Disamping keunggulannya sebagai sumber protein, ikan juga sebagai penyedia asam-asam lemak esensial omega-3 rantai panjang yang sangat berperan dalam perkembangan otak dan penglihatan juga dalam perlindungan mencegah serangan penyakit jantung (cardiovascular) dan berbagai penyakit kanker (Nettleton, 1991; Sargent, 1997). Pengkonsumsian asam lemak omega-3 yang rendah telah dilaporkan oleh Simopoulos (2001) mengakibatkan munculnya berbagai permasalahan yang dikaitkan dengan status gizi yang rendah.

Hal tersebut menjadi bukti bahwa dari perspektif nutrisi manusia, penekanan pada pentingnya konsumsi ikan sangat diperlukan karena ikan menjadi sumber makanan yang unik kaya akan asam-asam lemak jenuh rantai panjang omega-3. Hal ini memberikan pemikiran bahwa komposisi daging ikan sangat berhubungan erat dengan profil asam lemak dalam pakan ikan. Berkaitan dengan hal ini, maka akuakultur berperan penting dalam pengaturan penyediaan produksi ikan dengan pemberian pakan yang kaya nutrisi esensial termasuk asam lemak omega-3 yang dibutuhkan oleh ikan (Kaushik, 2001).

Seperti telah diketahui bersama bahwa produksi akuakultur dunia akan terus meningkat sejalan dengan peningkatan permintaan dan populasi dunia. Negara-negara berkembang di Asia dan Afrika kebanyakan merupakan produsen utama dalam penyediaan produksi akuakultur dunia melalui sistem budidaya ekstensif dan semi-intensif (Hasan, 2001). Akuakultur memainkan peranan penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Oleh karena itu, nutrisi dan pemberian pakan memainkan peranan penting dan sentral dalam pengembangan produksi akuakultur yang berkelanjutan, sehingga

kebutuhan penyediaan sumber-sumber pakan yang memenuhi standar kebutuhan nutrisi kultivan terus diperlukan untuk kebutuhan produksi. Dalam pengembangan akuakultur yang berkelanjutan, kiranya perlu diperhitungkan dan diyakinkan bahwa keperluan dari para pengguna (*stakeholders*) dan perlindungan lingkungan terpadu harus dipenuhi. Oleh karena itu manajemen akuakultur berkelanjutan seharusnya berorientasi pada penempatan input yang berbasis pada pemanfaatan sumberdaya local dan untuk memaksimalkan keuntungan dengan menyeimbangkan biaya sosial dan lingkungan.

Penulisan makalah ini bertujuan untuk mengkaji berbagai isu terkini tentang peranan nutrisi dan pemberian pakan dalam produksi akuakultur yang berkelanjutan baik di negara maju maupun negara berkembang. Materi yang akan dibahas meliputi keutamaan peranan nutrisi dan pemberian pakan terhadap produktivitas, lingkungan dan kualitas produk serta keamanan pangan, peranan fungsional nutrisi dalam reproduksi dan perkembangan larva, dan teknologi pakan serta praktek-praktek manajemen pemberian pakan yang ramah lingkungan.

## **Riset Pencarian Pengganti Tepung Ikan dan Minyak Ikan dalam Pakan**

Riset dengan topik pencarian sumber-sumber bahan baku yang dapat menggantikan tepung ikan dan minyak ikan dalam pakan ikan dan udang telah menjadi fokus utama riset pakan dan nutrisi selama dalam kurun waktu lebih dari 30 tahun terakhir ini dengan berbagai pertimbangan ke depan telah dibuat (Kaushik, 2001). Dalam praktek pengembangan akuakultur diarahkan sebagai sektor penghasil ikan dunia daripada hanya sekedar menjadi pengisi kelangkaan sumberdaya perikanan di alam (penyeimbang mata rantai makanan dalam ekosistem) (Naylor *et al.*, 2000). Sementara telah lama diketahui bahwa penggantian tepung ikan dengan sumber protein nabati adalah sangat memungkinkan (Kaushik, 1990; Kaushik *et al.*, 1995). Berbagai riset terkini dalam pencarian potensi penggantian penggunaan minyak ikan dengan minyak nabati telah menghasilkan data-data yang akurat dan terpercaya (Regost *et al.*, 2003). Idealnya adalah bagaimana sumber-sumber bahan pakan pengganti tersebut dapat dimaksimalkan pemanfaatannya dalam formulasi pakan namun

tetap memenuhi kebutuhan nutrisi esensial sementara tetap menghasilkan produk ikan dengan kualitas nutrisi baik untuk konsumsi manusia.

### Nutrisi dan Kesehatan

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk menentukan jumlah kebutuhan nutrisi yang diperlukan oleh ikan dan krustase (Jauncey, 1982; Daniel dan Robinson, 1986; Akand *et al.*, 1991<sup>a,b</sup>; Borlongan dan Parazo 1991; Ellis dan Reigh, 1991; Borlongan, 1992; Koshio *et al.*, 1993; Castell *et al.*, 1994; Habib *et al.*, 1994; Hasan *et al.*, 1994; Mourente *et al.*, 1995; Querijero *et al.*, 1997; Hossain dan Furuichi, 1999, 2000; Ngamsnae *et al.*, 1999). Penelitian tentang pemanfaatan tepung nabati dan produk samping hewani sebagai pengganti pemakaian tepung ikan dalam pakan ikan juga telah mendapat perhatian oleh para ahli nutrisi budidaya (Atack *et al.*, 1979; Dabrowski dan Kozak, 1979; Higgs *et al.*, 1979; Capper *et al.*, 1982; Jackson *et al.*, 1982; Tacon *et al.*, 1984; Wee dan Wang, 1987; Davies *et al.*, 1989; Wee dan Shu, 1989; Fowler, 1990; Gallagher, 1994; Kaushik *et al.*, 1995; Habib dan Hasan, 1995; Stickney *et al.*, 1996; Brunson *et al.*, 1997; Hasan *et al.* 1997<sup>a,b</sup>). Berbagai studi tersebut focus pada dampak pakan terhadap optimalisasi pertumbuhan, efisiensi pakan dan kondisi kesehatan.

Berbagai studi nutrisi tersebut telah mendatangkan sejumlah informasi penting tentang pathology yang dikaitkan dengan ketidakseimbangan nutrisi dan keberadaan racun dan zat antinutrisi yang terkandung dalam bahan baku pakan. Dampak yang muncul dari pengaruh unsur nutrisi makro dan mikro terhadap parameter imunologi telah juga diamati. Nutrisi dan strategi manajemen budidaya memainkan peranan yang kritis dalam kesehatan ikan dan penularan penyakit dalam sistem budidaya semi-intensif dan intensif (Tacon, 1997<sup>a</sup>). Akan tetapi, sebaiknya harus ditekankan bahwa manajemen budidaya dan nutrisi seharusnya tidak hanya diorientasikan terhadap pemenuhan kebutuhan nutrisi pakan dari kultivan saja, namun juga ditujukan pengaruh pemberian pakan terhadap peningkatan daya tahan dan kekebalan tubuh terhadap serangan penyakit. Ada kecenderungan peningkatan kebutuhan terhadap pengamatan parameter imunologis dalam studi nutrisi kiltivan budidaya. Hal ini adalah penting dikarenakan ikan nampaknya lebih

tergantung pada mekanisme pertahanan non-spesifik daripada hewan mamalia (Kaushik, 2000).

Pengaruh peranan vitamin C dan E telah banyak diketahui dengan baik, namun beberapa kebutuhan nutrisi dan zat additif pakan lain seperti vitamin A, unsur mineral penting (Zn, Cu, Se, Mn, Fl), asam-asam lemak esensial dan karotenoid juga telah dilaporkan berperan penting dalam respon kekebalan ikan (Devresse *et al.*, 1997). Sementara pengaruh penambahan vitamin, asam lemak esensial dan unsur micronutrient lain dalam pakan telah menunjukkan bukti yang nyata terhadap peranannya dalam meningkatkan fungsi kekebalan ikan terhadap penyakit dalam percobaan di laboratorium maupun dalam operasional budidaya intensif komersial. Namun beberapa studi tetap dilakukan untuk menentukan pengaruh pakan terhadap mekanisme kekebalan ikan yang dipelihara dalam lingkungan budidaya sistem semi-intensif (dimana berbagai faktor ekologis diyakini juga turut berpengaruh). Hal ini nampak bahwa produksi pakan alami dalam sistem budidaya semi-intensif terbukti memberikan sumbangan yang cukup nyata dalam penyediaan nutrisi untuk kekebalan ikan terhadap serangan penyakit (Dickson, 1987; Castell *et al.*, 1988; Castille dan Lawrence, 1989; Hopher, 1990; Trino *et al.*, 1992; Tacon, 1993).

Pada tahun-tahun terakhir ini, penggunaan probiotik (bakteri oportunistik non-patogen dari genera *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*) dan imunostimulant alami (*yeast*, *glucans*) telah terbukti efektif bagi peningkatan ketahanan ikan dan udang terhadap serangan penyakit. Hal ini telah meningkatkan minat dalam penggunaan zat-zat imunostimulant sebagai agen pencegahan untuk meminimumkan resiko penularan penyakit. Imunostimulant komersial yang beredar dipasaran cukup banyak dan hal ini menjadi bukti akan ketertarikan penggunaan bahan-bahan imunostimulant dalam pakan budidaya. Akan tetapi hasil yang diperoleh hingga kini masih belum konsisten dan produk-produk ini masih kurang efektif bila dibandingkan dengan vaksin (Devresse *et al.*, 1997).

Oleh karena itu diperlukan kejelasan untuk memperbaiki kestabilan imunostimulant, micronutrient, dan vaksin oral, khususnya dibawah kondisi budidaya iklim tropis, juga informasi nutrisi yang dikaitkan dengan penggunaan vaksin dan kemoterapi yang efektif, sebelum semuanya

diadopsi dan ditetapkan sebagai teknik imunostimulasi baru (Hasan, 2000). Selanjutnya perbaikan kesehatan ikan melalui nutrisi yang tepat tidak hanya akan mengurangi ketergantungan pada pemakaian zat-zat kemoterapi, namun juga membantu menghindari penularan penyakit.

Zat beracun dan factor antinutrisi (yang mengakibatkan pemblokiran pemanfaatan biologis nutrisi pakan oleh kultivan) yang terdapat dalam bahan pakan nabati, ketidakseimbangan nutrisi pakan buatan, senyawa beracun yang dibentuk selama penyimpanan dan proses pembuatan pakan dan lain-lain semuanya dapat mempengaruhi status kesehatan biota budidaya dan menyebabkan kerentanan biota terhadap penyakit. Meskipun informasi ini telah dilaporkan dengan baik, namun perhatian yang seksama selama proses formulasi dan pembuatan pakan sangat diperlukan untuk mengurangi resiko kerugian (Devresse *et al.*, 1997), maka penelitian lebih lanjut yang fokus pada pengembangan strategi yang lebih baik untuk mengurangi dampak kerusakan yang merugikan perlu dilakukan.

### **Nutrisi dan Kualitas Lingkungan**

Disamping manajemen sumberdaya, akuakultur seperti sistem produksi lainnya, harus menunjukkan pemikiran terhadap konsekuensi penurunan mutu lingkungan yang diakibatkan oleh aktifitas produksi budidaya. Dalam aktifitas akuakultur berbasis pakan (sistem intensif), dari sudut pandang nutrisi, tujuan utamanya adalah mengurangi terbuangnya nutrisi organik dari pakan ke dalam kolam budidaya, hal ini dapat diperbaiki melalui formulasi pakan yang baik dan strategi manajemen pemberian pakan yang tepat. Oleh sebab itu penelitian nutrisi ikan telah berkembang kepada tantangan untuk mengatasi kemunduran mutu lingkungan yang lebih cepat daripada dari permasalahan yang dihadapi dalam sistem produksi peternakan darat seperti kesaksian yang diberikan oleh beberapa hasil symposium yang diadakan pada “strategi nutrisi bagi pengelolaan limbah Akuakultur” (Cowey dan Cho, 1991). Disini jelas bahwa pelajaran-pelajaran yang diambil dari beberapa spesies dapat diperluas dan diadopsi kepada yang lain, seperti yang dibuktikan oleh penerapan suatu model dasar yang dikembangkan untuk ikan salmon (Cho dan Bureau, 1998) kepada spesies lain yang dilaporkan oleh Kaushik (1998).

Pada budidaya spesies ikan karnivor dengan sistem intensif yang pemenuhan kebutuhan nutrisinya hanya tergantung pada ketersediaan nutrisi dalam pakan buatan (pellet), maka pencegahan dampak negatif dari penggunaan pakan buatan tersebut adalah hanya melalui pengembangan pakan buatan yang lebih ramah lingkungan. Limbah polutan dari pakan buatan adalah fosfor dan nitrogen, juga bahan organik. Alvarado (1997) menggambarkan fluktuasi nutrient dari budidaya ikan *gilthead seabream*, dimana ikan dipelihara dalam sistem intensif dengan pemberian pakan komersial. Dilaporkan bahwa untuk memproduksi 1000 kg ikan, dicatat terdapat 180 kg limbah bahan organik, dimana 13 kg fosfor dan 105,4 kg nitrogen telah dibebaskan ke lingkungan melalui ekskresi dan sisa pakan yang tidak termakan. Jadi penurunan jumlah nitrogen dan fosfor dalam pakan sejauh mungkin akan menjadi salah satu upaya yang paling efisien untuk mengurangi dampak polusi.

Selanjutnya, pakan yang ramah lingkungan dapat diproduksi dengan pengembangan pakan yang dapat menghasilkan rasio konversi pakan yang rendah (efisiensi pemanfaatan pakan tinggi), misalnya dengan upaya peningkatan dan perbaikan daya rangsang dan daya cerna bahan baku pakan ikan.

Ketepatan kebutuhan protein, asam amino dan energi untuk tiap spesies dan fase perkembangan juga strain perlu untuk ditentukan. Kebutuhan nutrisi suatu biota budidaya berubah karena perubahan intensitas budidaya. Daya cerna nutrisi dari kebanyakan pakan ikan komersial tidak ditentukan secara tepat, hasil riset terkini menunjukkan bahwa kualitas biokimia pakan dan daya cerna nutrisi pakan dapat ditingkatkan dengan penggunaan enzim yang dapat meningkatkan pemanfaatan protein nabati, dan dengan penggunaan teknologi ekstrusi (pakan apung). Oleh karena itu penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pada teknik pembuatan pakan dan pemakaian bahan-bahan *additive* dan enzim bagi perbaikan kualitas pakan dan daya cerna, misalnya dengan cara optimalisasi rasio protein/energi dan profil asam amino untuk mengurangi ekskresi limbah nitrogen. Peningkatan pengetahuan strategi pemberian pakan juga telah membantu meningkatkan pemanfaatan pakan dan mengurangi FCR dan limbah (*waste*), yang kemudian mengurangi dampak lingkungan negatif (Alvarado, 1997).

Jadi beberapa faktor dan strategi harus dipantau secara intensif dan strategi alternatif perlu terus dikembangkan yang berhubungan dengan pakan buatan dan polusi lingkungan.

### **Nutrisi dan Kualitas Pakan**

Seperti yang telah disebutkan diatas, perhatian utama adalah penyediaan ikan yang aman dikonsumsi dan bergizi dari produksi. Maka diperlukan peningkatan ketersediaan informasi yang cukup tentang bagaimana menciptakan kualitas daging ikan yang kaya asam lemak, vitamin dan zat pigmen carotinoid yang diperoleh dari biota yang diproduksi dari sistem budidaya intensif. Disini nampak bahwa masih minimnya informasi yang berkaitan dengan spesies ikan yang dipelihara dalam sistem semi-intensif dengan pengkayaan nutrisi tambahan dari produktifitas pakan alami dan pakan buatan.

Sementara di beberapa kasus, telah dikonfirmasi bahwa beberapa upaya telah dibuat dengan pemberian label khusus yang menunjukkan kualitas produk. Namun yang menjadi masalah apakah semua sistem budidaya adalah mampu memenuhi standar mutu seperti produk ikan yang sudah terbukti kualitasnya bernilai nutrisi tinggi yang ditandai dengan label mutu. Pertanyaan ini mungkin menjadi tantangan dan motivasi kita semua agar lebih perhatian dan fokus bagaimana kualitas daging ikan hasil produksi budidaya tetap memenuhi standar yang diinginkan.

### **Nutrisi dan Kualitas Ikan**

Ikan merupakan sumber pangan bergizi tinggi, mengandung protein yang tinggi dengan nilai pemanfaatan biokimia yang tinggi untuk manusia. Ikan merupakan sumber asam lemak jenuh rantai panjang (*polyunsaturated fatty acids*, *PUFA*) yang sangat baik yang bermanfaat mencegah penyakit jantung, kanker payudara dan kanker usus dan sebagainya (Kaushik, 2000). Asam lemak esensial omega-3 (HUFA) yang terdapat dalam minyak ikan terbukti secara medis mampu mencegah serangan penyakit jantung dengan pemodifikasian asam arakhidonat/prostaglandin pathways (Sargent, 1992). Ikan juga mengandung micronutrient seperti yodium, selenium, dan vitamin yang larut dalam lemak (A dan D) yang berpengaruh pada kesehatan manusia. Di kebanyakan negara berkembang, ikan

ukuran kecil yang dimakan secara utuh semuanya, pada hakekatnya telah menyumbangkan mineral kalsium, fosfor dan besi yang dibutuhkan oleh manusia.

Perbaikan pakan dan nutrisi dalam akuakultur dapat memberikan peningkatan lebih lanjut terhadap kualitas nutrisi dan manfaat dari ikan yang kita konsumsi. Nilai nutrisi yang dikandung, warna dan penampilan, bau dan rasa, tekstur dan kapasitas penyimpanan semua dapat dipengaruhi oleh kualitas nutrisi dan pakan yang diberikan selama pemeliharaan.

Penelitian yang baru saja dilakukan pada ikan salmon (*salmonids*) membuktikan bahwa kualitas ikan sesungguhnya dapat dirancang dengan memodifikasi komposisi pakan, dan filet ikan yang lebih bergizi dapat dihasilkan (Kaushik, 2000). Penelitian dengan topik ini seharusnya lebih banyak dilakukan dengan pertimbangan tidak hanya pengaruhnya terhadap ketersediaan nutrisi secara biologis namun juga terhadap kendali mutu hasil panen.

### **Peranan Nutrisi dalam Domestikasi Spesies Akuakultur**

Dalam konteks domestikasi, nutrisi berperan utama tidak hanya bertujuan untuk menjamin kualitas induk namun juga lebih lanjut mengarah pada penjaminan kualitas larva yang dihasilkan dari induk tersebut hingga pertumbuhannya dalam satu siklus produksi. Pemahaman dan penguasaan iptek inovasi nutrisi pakan tentang hubungan interaksi antara faktor-faktor kebutuhan nutrisi dengan kelenjar endokrin yang mengatur pertumbuhan dan reproduksi perlu menjadi banyak perhatian. Telah dibuktikan oleh beberapa ahli bahwa faktor nutrisi pakan dapat memodifikasi kualitas dan performansi indukan ikan spesies akuakultur. Peranan asam lemak esensial dan vitamin dilaporkan telah memberikan pengaruh positif terhadap kualitas indukan (Luquet dan Watanabe, 1986). Bennetau *et al.* (2000) melaporkan bahwa pakan yang mengandung fitoestrogen dapat mempengaruhi fungsi reproduksi. Jadi diperlukan suatu peningkatan perhatian pada semua aspek dari faktor nutrisi pakan yang dapat mempengaruhi fungsi reproduksi induk.

Ketergantungan yang sangat tinggi pada pemeliharaan larva terhadap pemangsaan pakan alami zooplankton sebaiknya perlu mendapat perhatian. Sehingga perlu dilakukan pengembangan

pakan larva yang tepat dengan formulasi yang memperhatikan kebutuhan nutrisi pada stadia larva. Charlon dan Bergot (1984) melaporkan keberhasilannya dalam pengembangan pakan buatan untuk produksi benih dalam skala komersial besar. Keberhasilan dari Cahu *et al.* (1998) dalam pengembangan pakan buatan pada fase pemberian pakan pertama dari larva ikan kakap (*European seabass, Dicentrarchus labrax*) tanpa pemberian pakan alami memberikan jawaban permasalahan utama yang saat ini dihadapi dalam teknologi pemeliharaan larva khususnya yang berkaitan dengan nutrisi pakan.

### **Teknologi Pakan dan Praktek Manajemen Pemberian Pakan**

Pengembangan pakan akuakultur melibatkan teknologi spesifik untuk memenuhi standar mutu pakan yang diperlukan dan cocok untuk pertumbuhan ikan. Teknologi pengolahan pakan harus diadaptasikan mampu memproduksi pakan dengan diameter partikel berukuran 100  $\mu$  sampai lebih dari 9 mm namun tetap memiliki karakter nutrisi yang unggul. Beberapa aspek seperti kestabilan pakan dalam air (*water stability*), dayarangsang (*palatability*), tekstur, tingkat kekeringan, kehalusan, kepadatan/kekompakan, daya apung, gelatinisasi, pelapisan lemak juga memerlukan pengaturan teknologi pakan yang spesifik ((Kaushik, 2001). Pada skala nutrisi, pengembangan pakan padat nutrisi telah dikembangkan pada sistem budidaya produksi ikan salmon yang efisien (Kaushik, 2000). Saat ini berbagai upaya telah dilakukan menuju pengembangan pakan yang dapat menghasilkan faecal yang padat dengan buangan organik N dan P yang rendah untuk memudahkan penghilangan bahan organik tersuspensi dari operasional sistem Akuakultur.

Manajemen pakan merupakan suatu teknik pengaturan pemberian pakan yang bertujuan tidak hanya untuk memperbaiki efisiensi ekonomi, namun juga bertujuan untuk menjaga agar lingkungan perairan tidak rusak karena pengaruh pemberian pakan. Selama decade terakhir ini telah mampu diciptakan pakan ikan dengan mempertimbangkan bioritme makan ikan dan pengembangan sistem pemberian yang menghasilkan sisa pakan yang sangat sedikit. Penerapan prinsip-prinsip bioenergetika sangat bermanfaat dalam pembuatan informasi

manajemen pemberian pakan yang baik dan tepat untuk spesies budidaya. Dalam praktek budidaya komersial ikan karper pemberian pakan secara manual terbukti dapat mengurangi jumlah pakan yang tidak dimakan (meningkatkan efisiensi pakan) dan mengurangi biaya produksi. Jadi moto utama disini adalah memberi pakan ikan bukan membuang pakan ke tambak atau kolam.

### **Kesimpulan**

Sejalan dengan peningkatan kebutuhan pangan dunia terutama dalam produksi sumber pangan protein hewani, produksi akuakultur akan terus meningkat guna memenuhi kebutuhan ini. Oleh karena itu sistem peningkatan produksi akuakultur intensif dengan pemakaian pakan buatan yang berkualitas dan ramah lingkungan menjadi andalan utama dalam mewujudkan peran penting pakan dan nutrisi. Pakan tidak hanya baik dan tepat dalam komposisi gizi guna menghasilkan pertumbuhan dan kualitas gizi ikan sesuai permintaan, tetapi juga perlu memperhatikan efisiensi ekonomi dan dampak lingkungan yang tetap sehat akibat dari penggunaan pakan buatan.

Dalam budidaya intensif spesies ikan karnivor, tepung ikan dan minyak ikan tetap akan terus menjadi komponen utama pakan pada masa yang akan datang, meskipun telah ditemukan beberapa sumber protein alternative pengganti tepung ikan yang potensial seperti tepung sisa limbah hewani dan tepung nabati. Bahan baku pakan alternatif seharusnya tetap dicari terus pada waktu yang bersamaan perbaikan manajemen budidaya dan manipulasi produktifitas kolam/tambak juga perlu dilakukan. Penggunaan pakan buatan yang tepat dan lengkap nutrisi, bagaimanapun, akan tetap memainkan peranan dominant dalam produksi pembenihan dan pembesaran.

### **Rekomendasi**

1. Penguasaan pengetahuan kebutuhan nutrisi bagi biota budidaya, termasuk penerapannya kepada praktek komersialnya
2. Pengembangan pakan induk yang spesifik yang dapat membantu domestikasi dan memaksimalkan potensi reproduksi dan kualitas larva.
3. Peningkatan pemahaman dalam sistem akuakultur dan potensi muatan nutrisi dan polusi

- limbahnya ke dalam air untuk memaksimalkan efisiensi retensi nutrisi.
4. Pemahaman dan pemantauan dinamika aliran nutrisi dalam sistem Akuakultur.
  5. Perbaikan strategi untuk mengurangi resiko pemakaian bahan-bahan pakan yang mempunyai potensi toxic dan yang merugikan untuk biota budidaya.
  6. Promosi “praktek pembuatan pakan akuakultur yang baik” dan “praktek manajemen pemberian pakan yang baik”.
  7. Pertimbangan pengaruh pakan terhadap kualitas produk dan karakterisasi nutrisi produk akhir bagi status nutrisi dan kesehatan manusia, seperti kandungan asam lemak omega-3, mineral, vitamin A dan D.

### Daftar Pustaka

- Akand, A.M., M.R. Hasan and M.A.B. Habib.** 1991a. Utilisation of carbohydrate and lipid as dietary energy sources by stinging catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). In: S.S. De Silva (Ed.), *Fish nutrition research in Asia*, Asian Fisheries Society Spec., 5: 93100.
- Akand, A.M., M. Soeb, M.R. Hasan and M.G. Kibria.** 1991b. Nutritional requirements of Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) - 1. Effect of dietary protein on growth, food conversion and body composition. *Agricult. Int.*, 1: 35-43.
- Alvarado, J.L.** 1997. Aquafeeds and the environment. In A. Tacon and B. Basurco, eds. *Feeding tomorrow's fish*, Proceedings of the workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), jointly organized by CIHEAM, FAO and IEO, Mazarron, Spain, 24-26 June 1996, CIHEAM, Apodo, Spain. pp. 275-289.
- Atack, T.H., K. Jauncey, and A.J. Matty.** 1979. The utilisation of some single cell protein by fingerling mirror carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 18: 337-348.
- Bennetau, P.C., B. Bennetau, J.P. Cravedi, C. Helou, F. Le Menn, and S.J. Kaushik.** 2000. Effect of genistein enriched diets on testosterone plasma levels in male and female rainbow trout during gametogenesis. In: *Phyto-oestrogens: exposure, bioavailability health benefits and safety concerns*. Publication Cost (EU) 916, pp. 105-110.
- Borlongan, I.G.** 1992. The essential fatty acid requirement of mikfish (*Chanos chanos* Forsskal). *Fish Physiol. Biochem.* 9: 401-407.
- Borlongan, I.G. and M.M. Parazo.** 1991. Effect of dietary lipid sources on growth, survival and fatty acid composition of sea bass (*Lates calcarifer*, Bloch) fry. *Isr. J. Aquacult., Bamidgeh*, 43: 95-102.
- Broadhurst, C.L., S.C. Cunnane, and M.A. Crawford.** 1998. Rift Valley lake fish and shellfish provided brain-specific nutrition for early Homo. *Br-J-Nutr.*, 79: 3-21.
- Brunson, J.F., R.P. Romaine and R.C. Reigh.** 1997. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for white shrimp *Penaeus setiferus* L. *Aquacult. Nutr.* 3: 9-16.
- Cahu, C. J.Z. Infante, A.M. Escaffre, P. Bergot and S.J. Kaushik.** 1998. Preliminary results on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing with compound diet from first feeding. Comparison with carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture*, 169: 11-7.
- Capper, B.S., J.F. Wood, and A.J. Jackson.** 1982. The feeding value for carp of two types of mustard seed cake from Nepal. *Aquaculture*, 29: 373-377.
- Castell, J.D., D.E. Conkil, J.S. Carigie, S.P. Lall, and K. Norman-Boudreau.** 1988. Aquaculture nutrition. In: M. Billo, H. Rosenthal and C.J. Sindermann (Eds.), *Realisms in aquaculture: achievements, constraints and perspectives*, Belgium, European Aquaculture Society, pp. 291-308.
- Castell, J.D., J.G. Bell, D.R. Tocher, and J.R. Sargent.** 1994. Effect of purified diets containing different combinations of arachidonic and docosahexaenoic acid on survival, growth and fatty acid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, 128: 315-333.
- Castille, F.L. and A.L. Lawrence.** 1989. The effects of deleting dietary constituents from pelleted feed on the growth of shrimp in the presence of natural food in ponds. *J. World Aquacult. Soc.*, 20: 22A. (Abstract).
- Charlon, N. and P. Bergot.** 1984. Rearing system for feeding fish larvae on dry diets. Trial with carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture*, 41: 1-9.
- Cho, C. Y. and D.P. Bureau.** 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture *Aquatic Living Resources*, 11(4): 199-210.
- Cowey, C. B. and C.Y. Cho.** 1991. Nutritional strategies and aquaculture waste. Proc. 1st Int. Symp. Nutritional strategies in management of aquaculture waste. Univ. Guelph, Guelph, Ont, Canada, 1990, 275 pp.

- Crawford, M.A., M. Bloom, C.L. Broadhurst, W.F. Schmidt, S.C. Cunnane, C. Galli, K. Gehbremeskel, F. Linseisen, J. Lloyd-Smith, and J. Parkington.** 1999. Evidence for the unique function of docosahexaenoic acid during the evolution of the modern hominid brain. *Lipids*, 34 *Suppl.*: S39–47.
- Daniel, W.H. and E.H. Robinson.** 1986. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 53: 243–262.
- Davies, S.J., N. Thomas, and R.L. Bateson.** 1989. The nutritional value of a processed soya protein concentrate in diets for tilapia fry (*Oreochromis mossambicus*, Peters). *Isr. J. Aquacult., Bamidgeh*, 41: 3–11.
- Dabrowski, K. and B. Kozak.** 1979. The use of fishmeal and soybean meal as a protein source in the diet of grass carp fry. *Aquaculture*, 18: 107–114.
- Devresse, B., M. Dehasque, J. Van Assche, and G. Merchie.** 1997. Nutrition and health. In: A. Tacon and B. Basurco (eds.), *Feeding tomorrow's fish*, pp. 35–66. Proceedings of the workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), jointly organized by CIHEAM, FAO and IEO Mazarron, Spain, 24–26 June 1996, CIHEAM, Apodo, Spain.
- Dickson, M.W.** 1987. The supply of vitamins in feeds for intensive farming in Zambia. *Aquacult. Fish. Manage*, 18: 221–230.
- Ellis, S.C. and R.C. Reigh.** 1991. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 97: 383–394.
- Fowler, L.G.** 1990. Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture*, 89: 301–314.
- Gallagher, M.L.** 1994. The use of soybean meal as a replacement for fishmeal in diets for hybrid striped bass (*Morone saxatilis* X *M. chrysops*). *Aquaculture*, 126: 119–127.
- Habib, M.A.B. and M.R. Hasan.** 1995. Evaluation of silkworm pupae as dietary protein source for Asian catfish *Clarias batrachus* (L.) fingerling. *Bangladesh J. Aquacult.*, 17: 1–7.
- Habib, M.A.B., M.R. Hasan, and A.M. Akand.** 1994. Dietary carbohydrate utilisation of silver barb, *Puntius gonionotus*. In: S.S. De Silva (Ed.), *Fish nutrition research in Asia*, Asian Fisheries Society, 6: 57–62.
- Hasan, M.R.** 2001. Nutrition and Feeding for Sustainable Aquaculture Development in the Third Millennium. In: R.P. Subasinghe, P. Bueno, M.J. Phillips, C. Hough, S.E. McGladdery, and J.E. Arthur. (Eds.), *Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*, Bangkok, Thailand. 20–25 February 2000. NACA, Bangkok and FAO, Rome, pp. 193–219.
- Hasan, M.R., M.S. Haq, P.M. Das, and G. Mowlah.** 1997<sup>a</sup>. Evaluation of poultry feather meal as a dietary protein source for Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton) fry. *Aquaculture*, 151: 47–54.
- Hasan, M.R., D.J. Macintosh, and K. Jauncey.** 1997<sup>b</sup>. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for the fry of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 151: 55–70.
- Hasan, M.R., P.K. Roy, and A.M. Akand.** 1994. Evaluation of Leucaena leaf meal as dietary protein source for Indian major carp, *Labeo rohita* fingerling. In: S.S. De Silva (Ed.), *Fish nutrition research in Asia*, Asian Fisheries Society, Spec. Publ. 6: 69–76.
- Hepher, B.** 1990. *Nutrition of pond fishes*, Cambridge, Cambridge University Press, 388 pp.
- Higgs, D.A., J.R. Markert, D.W. MacQuarrie, J.R. McBride, B.S. Dosanjh, C. Nichols, and G. Hoskins.** 1979. Development of practical dry diets for coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, using poultry byproduct meal, feather meal, soybean meal and rapeseed meal as major protein sources. In: J.E. Halver and K. Tiews, (Eds.), *Finfish nutrition and nutrition and fish feed technology*, Vol. II. p. 191218. Berlin, H. Heenemann GmbH & Co.
- Hossain, M.A. and M. Furuichi.** 1999. Calcium requirement of tiger puffer fed a semi-purified diet. *Aquacult. Int.* 7: 287–293.
- Jauncey, K.** 1982. The effect of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilisation and body composition of juvenile tilapia (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27: 43–54.
- Kaushik, S. J.** 1998. Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non-salmonids *Aquatic Living Resources*, 11(4): 211–217.
- Kaushik, S. J.** 1990 Use of alternative protein sources for the intensive rearing of carnivorous fishes. In: R. Flos, L. Tort and P. Torres (Eds.), *Mediterranean Aquaculture*, Ellis Horwood, UK., pp. 125–138.
- Kaushik, S.J.** 2000. Applied nutrition for sustainable aquaculture development. In *Book of Synopses*, pp. 155–158. NACA/FAO International Conference on Aquaculture in the Third Millennium, 20–25 February 2000, Bangkok.
- Kaushik, S.J.** 2001. Feed technologies and nutrient availability in Aquatic feeds. In: *Advances in Nutritional Tehnology*, Proc. 1st World Feed Conf, Utrecht, (A.F.B. van der Poel, J.L. Vahl and R.P. Kwakkel, Eds), pp. 187–196.

- Kaushik, S.J., J.P. Cravedi, J.P. Lalles, J. Sumpter, B. Fauconneau, and M. Laroche.** 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 133 (3): 257–274.
- Koshio, S.K., S. Teshima, A. Kanazawa, and T. Watase.** 1993. The effect of dietary protein content on growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenile Kuruma prawns, *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 113: 101–114.
- Luquet, P. and T. Watanabe.** 1986. Interaction “nutrition-reproduction” in fish. *Fish Physiol. Biochem*, 2: 121–129
- Mourente, G., A. Medina, S. Gonzalez, and A. Rodriguez.** 1995. Variations in lipid content and nutritional status during larval development of the marine shrimp *Penaeus kerathurus*. *Aquaculture*, 130: 187–199.
- Naylor, R.L., R.J. Goldberg, J.H. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, and M. Troell.** 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 6790: 1017–1024.
- Nettleton, J.A.** 1991. w-3 Fatty acids: comparison of plant and seafood sources in human nutrition. *J. Am. Diet. Assoc.*, 91: 331–337.
- Ngamsnae, P., S.S. De Silva, and R.M. Gunasekera.** 1999. Arginine and phenylalanine requirement of juvenile silver perch *Bidyanus bidyanus* and validation of the use of body amino acid composition for estimating individual requirements. *Aquacult. Nutr.* 5: 173–180.
- Regost, C., J. Arzel, J. Robin, G. Rosenlund, and S.J. Kaushik.** 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*). 1. Effects on growth performance, fatty acid profile and lipid metabolism. *Aquaculture*, 220 (1–4): 737–747.
- Querijero, B.V.L., S. Teshima, S. Koshio, and M. Ishikawa.** 1997. Utilisation of monosaturated fatty acid (18:1n-9, oleic acid) by freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) juveniles. *Aquacult. Nutr.* 3: 127–139.
- Sargent, J.** 1992. New developments in the omega-3 story from man to fish and heart to brain. *Aquacult. News*, 14: 4–5.
- Sargent, J.R.** 1997. Fish oils and human diet. *Br. J. Nutr.*, 78: 1 S5–13.
- Simopoulos, A.P.** 2001. Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 88: 18–27.
- Stickney, R.R., R.W. Hardy, K. Koch, R. Harold, D. Seawright, and K.C. Masee.** 1996. The effects of substituting selected oilseed protein concentrates for fishmeal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets. *J. World Aquacult. Soc.* 27: 57–63.
- Tacon, A.G.J.** 1993. Feed formulation and on-farm feed management. In: M.B. New, A.G.J. Tacon and I. Csavas (Eds.), *Farm-made aquafeeds*, Proceedings of the FAO/AADCP Regional Expert Consultation on Farm-Made Aquafeeds. Bangkok, FAO-RAPA/AADCP, pp. 61–74
- Tacon, A.G.J.** 1997a. Feeding tomorrow’s fish: keys for sustainability. In: A. Tacon and B. Basurco (Eds.), *Feeding tomorrow’s fish*, Proceedings of the workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), jointly organized by CIHEAM, FAO and IEO Mazarron, Spain, 24–26 June 1996, CIHEAM, Apodo, Spain, p. 11–33.
- Tacon, A.G.J., J.L. Webster, and C.A. Martinez.** 1984. Use of solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). *Aquaculture*, 43: 381–389.
- Trino, A.T., V.D. Penaflores, and E. Bovila.** 1992. Growth and survival of *Penaeus monodon* juveniles fed a diet lacking vitamin supplements in a modified extensive culture system. *Aquaculture*, 101: 25–32.
- Wee, K.L. and Shu, S.W.** 1989. The nutritive value of boiled full-fat soybean in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 81: 303–314.
- Wee, K.L. and S.S. Wang.** 1987. Nutritive value of Leucaena leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 62: 97–100