

© 2004 Mia Setiawati  
Makalah Falsafah Sains (PPs 702)  
Program Pasca Sarjana / S3  
Institut Pertanian Bogor  
Desember, 2004

Posted 23 December 2004

Dosen:  
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng (Penanggung Jawab)  
Prof Dr Ir Zahrial Coto

# **KEBUTUHAN NUTRIENT PAKAN PENINGKAT DAYA TAHAN TUBUH IKAN DALAM AKUAKULTUR**

Oleh :

**Mia Setiawati**  
C161040031/AIR

[iasetia@bogor.indo.net.id](mailto:iasetia@bogor.indo.net.id)

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Nutrisi dan Akuakultur**

Produksi budidaya ikan dan *crustacea* secara kontinue telah meluas di dunia pada dekade terakhir ini, bahkan sistem budidaya ikan sudah berubah sejak sepuluh tahun terakhir, dari sistem ekstensif ke sistem intensif dan dari sistem terbuka ke semi-tertutup atau sistem resirkulasi. Hal ini menjamin kemantapan akuakultur di suatu negara. Dinamika dan kemampuan beradaptasi merupakan faktor kunci kesuksesan aktivitas akuakultur. Sebagai contoh budidaya udang di Thailand dapat berkembang dengan baik, karena didukung oleh pemerintah dan sektor swasta dalam bentuk penelitian yang berkelanjutan dan program peningkatan ilmu pengetahuan para petambak melalui penerapan teknologi baru (Kosetsart University-Bangkok, 2000 *dalam* Areechon, 2001).

Sistem budidaya ikan secara intensif dengan kepadatan yang tinggi dan pemberian pakan secara optimal sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal. Namun seringkali terjadi sistem ini tidak memberikan

hasil yang memuaskan, bahkan berdampak negatif akibat masalah lingkungan dan terjadinya penyebaran penyakit. Dua faktor yang jelas berkaitan satu sama lain yaitu toksiknya dasar kolam dapat disebabkan oleh akumulasi sedimen dari pemberian pakan yang berlebih dan ekskresi ikan, seperti terjadinya pembentukan senyawa amonia dan nitrit. Hal ini juga dapat menjadi penyebab sumber pathogen seperti bakteri dan protozoa. Kehadiran organisme renik yang tidak diharapkan dapat menyebabkan ikan stress dan pada akhirnya kematian masal apabila konsentrasinya meningkat. Stress pada ikan ditunjukkan oleh kondisi kesehatannya yang semakin menurun, melalui aktivitasnya yang melemah (Pickering, 1981). Stress diidentifikasi berpengaruh terhadap *immunosuppressive* pada hewan akuatik. Untuk mendapatkan hasil panen yang memuaskan, beberapa teknologi perlu diperhatikan seperti penyiapan kolam, kepadatan ikan yang optimal dan manajemen yang baik. Manajemen kesehatan adalah juga essential untuk mencegah timbul dan menyebarnya penyakit melalui pemenuhan kebutuhan dasar dari kehidupan ikan yang dibudidayakan. Faktor kualitas air dan kondisi dasar kolam perlu dikontrol, demikian pula pemberian pakan berkualitas sangat menentukan keberhasilan usaha budidaya ikan.

Nutrisi berperan penting dalam menentukan pertumbuhan normal dan kesehatan organisme akuatik. Beberapa pemberian pakan yang mengandung nutrient essential untuk kesehatan ikan akan dikemukakan pada makalah ini, khususnya yang dapat meningkatkan daya tahan tubuh terhadap serangan penyakit.

## **1.2 Nutrisi dan Kesehatan Ikan**

Menurut Rijkers (1981), pathogen selalu ada dalam media hidup ikan, karenanya masalah penyakit infeksi sewaktu-waktu dapat timbul dalam kegiatan akuakultur. Metode tradisional penanggulangan penyakit ikan pada akuakultur telah sering dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis antibiotik dan terapi secara kimiawi, namun demikian tindakan ini sangat merugikan. Penggunaan zat kimia yang tak terkendali (terus-menerus dan dosis tidak tepat) dapat menyebabkan akumulasi kimia pada lingkungan dan/atau ikannya sehingga

terjadi resistensi dan juga potensi keracunan. Oleh karena itu perlu dicari strategi alternatif pemecahan untuk penanggulangan masalah tersebut.

Salah satu harmonisasi yang dapat dilakukan dalam kegiatan perikanan budidaya terhadap lingkungan yaitu melakukan perbaikan pengelolaan pakan dengan meningkatkan penyempurnaan pemanfaatan pakan formulasi. Sebagai dasar pendekatannya adalah dengan melakukan pengaturan nutrisi (*nutritional modulation*) terhadap reaksi kekebalan tubuh ikan (*immune response*) dan ketahanan terhadap penyakit.

## **2. FAKTOR KEKEBALAN PADA IKAN DAN RESISTENSI PENYAKIT**

Respon kekebalan tubuh pada ikan terdiri dari respon seluler dan respon humoral (Rijkers, 1981). Selanjutnya dikatakan respon humoral merupakan respon spesifik, sedang respon seluler bersifat non spesifik. Respon dan faktor humoral antara lain antibodi, transferin, interferon, protein C-reaktif, sedangkan respon dan faktor seluler seperti makrofage, sel kiler, neutrofil, reaksi penolakan allograft dan hipersensitivitas. Selain itu menurut Anderson (1974), baris mekanik dan kimiawi yaitu permukaan kulit, sisik dan mukus pada permukaan tubuh dan insang, juga merupakan alat pertahanan tubuh ikan yang bersifat non spesifik.

Berbagai macam respon kekebalan tubuh (*immunity*) pada ikan dan pertahanan terhadap penyakit dapat dipengaruhi oleh nutrien dan senyawa non-nutritif dalam pakan. Oleh karena itu pemberian pakan berkualitas dapat secara atraktif diuji-cobakan pada ikan sebagai alternatif pemecahan masalah terhadap peningkatan kesehatan ikan.

Ikan mempunyai kemampuan yang baik dalam sistem imun spesifik dan non-spesifik (Iwama dan Nakanishi, 1996). Komponen non-spesifik merupakan sistem kekebalan tubuh ikan terhadap mekanisme fagosit yang berkaitan dengan makrofag dan granular leukosit, sebagai contoh neutrofil menyerang mikroorganisme yang masuk melalui jaringan kulit ikan atau mukus. Selain itu ada lysozym dan komplement lain yang merusak patogen.

Komponen spesifik dalam sistem imun, terdiri dari humoral dan respon sel terhadap memory imunologi, walaupun memory imun pada ikan secara umum sangat kurang berkembang dibandingkan hewan tingkat tinggi lainnya. Tingkat induksi dan respon dipengaruhi suhu. Pada respon imun spesifik, makrofag bertindak sebagai sel antigen, sedangkan B-lymphosyst terlibat dalam produksi antibodi. T-lymphosyst juga terlibat dalam imunitas melalui deferensiasi dan proliferasi dari B-lymphosyst. Suatu antibodi akan diproduksi terhadap phatogen spesifik, yang akan mengikat membran phatogen dan merusak melalui aktivasi sistem komplemen dengan cara klasik (Iwana dan Nakanishi, 1996).

### **3. KESEIMBANGAN NUTRIENT TERHADAP KESEHATAN IKAN**

Nutrisi sejak lama merupakan faktor kritis dalam menunjang pertumbuhan yang normal dan kesehatan ikan. Pakan buatan dari berbagai macam bahan baku pakan merupakan sumber nutrisi dalam akuakultur sistem intensif. Penyiapan pakan tidak hanya nutrient essensial yang dibutuhkan sebagai fungsi fisiologis normal pada ikan, tetapi juga media dan komponen lain dapat mempengaruhi kesehatan ikan secara positif dan negatif.

Pakan diperlukan ikan untuk memenuhi kebutuhan energinya. Demikian juga dengan pakan yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan gizi ikan. Oleh karena itu kekurangan nutrient tertentu dapat menyebabkan defisiensi dan mempengaruhi kesehatan ikan secara langsung akibat perubahan fungsi metabolik, sedangkan secara tidak langsung menjadikan ikan mudah terserang penyakit (berkembangnya agen penyakit). Sehingga perlu formulasi pakan yang lengkap untuk mencegah terjadinya defisiensi dan meningkatkan daya tahan tubuh ikan terhadap serangan penyakit (Lall dan Oliver, 1993).

Kebutuhan ikan akan nutrient harus disesuaikan dengan spesies ikan yang akan dibudidayakan, disamping ukuran dan bobot tubuh ikan. Senyawa utama sebagai sumber energi dalam pakan adalah protein, lemak dan karbohidrat. Ikan mempunyai kemampuan tertentu dalam mencerna dan memanfaatkan sumber energi yang berasal dari pakan tersebut (Halver dan Hardy,

2002). Penyakit defisiensi dapat terjadi pada ikan, disebabkan oleh ketidakseimbangan nutrient yang dimakan.

Kebutuhan minimum protein atau keseimbangan komponen asam amino dalam pakan merupakan faktor utama dalam mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan ikan. Hasil penelitian Kiron *et al.* (1995a) dalam Gatlin III (2002) menunjukkan bahwa manipulasi protein dan asam-amino dalam pakan mempengaruhi kesehatan ikan (immunoglobulin dan sistem imun), yaitu ikan yang diberi pakan hanya mengandung kadar protein 10% menunjukkan adanya penurunan aktivitas lysozim dan protein reaktif-C dalam serum dibandingkan pemberian pakan dengan kadar protein 35-50%. Selanjutnya dikemukakan pula bahwa produksi antibodi tidak dipengaruhi oleh level protein, walaupun adanya kematian sangat berpengaruh terhadap level protein.

Ikan juga membutuhkan karbohidrat untuk menunjang pertumbuhannya, walaupun kebutuhan ikan akan karbohidrat sangat kecil (NRC, 1993). Waagbo *et al.* (1994) dalam Gatlin III (2002), mengemukakan bahwa pemberian karbohidrat 0-30% dalam pakan sedikit berpengaruh terhadap respon imunitas ikan setelah difaksin *Vibrio salmonicida*, walaupun tampak bahwa tingkat kematian terendah pada pemberian 10% karbohidrat dalam pakan.

Selain protein dan karbohidrat, lemak adalah merupakan komponen terpenting dalam pakan ikan (NRC, 1993). HUFA (*highly unsaturated fatty acid*) didokumentasikan mempunyai pengaruh yang sangat menguntungkan pada berbagai spesies ikan dan udang. Faktor utama asam lemak essensial bagi organisme akuatik yaitu asam lemak  $\omega$ -3 yang antara lain terdiri dari *eicosapentaenoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA). Kasus pada udang, yang diberi pakan artemia yang diperkaya dengan HUFA, menunjukkan hasil peningkatan kualitas *post larva* udang windu dari toleransi terhadap stress dan perubahan tekanan osmotik akibat perubahan salinitas (Tackaert *et al.*, 1989; Rees *et al.*, 1994; Kontara *et al.*, 1995).

Sumber lemak dapat mempengaruhi daya tahan tubuh ikan terhadap serangan penyakit, seperti dikemukakan Fracalossi dan Lovell (1994). Kelangsungan hidup Channel catfish (*Ictalurus punctatus*), yang diberi pakan

mengandung 7% menhaden oil atau 7% linseed oil (keduanya mengandung asam lemak  $\omega$ -3) menurun terhadap *E. ictaluri* dibandingkan yang diberi pakan mengandung lemak sebanyak 7% beef tallow, corn oil dan campurannya; bagaimanapun juga dikemukakan bahwa ikan yang diberi pakan 7% menhaden oil mempunyai produksi antibodi lebih tinggi selama 2 minggu setelah di imunisasi. Selanjutnya Li *et al.* (1994) menyatakan bahwa channel catfish yang diberi pakan hanya dengan kandungan 2% menhaden oil, menunjukkan kematian lebih tinggi 15-21% terhadap infeksi, dibandingkan pemberian 2% catfish offal oil, walaupun produksi antibodi tidak dipengaruhi selama 3 minggu setelah imunisasi.

#### **4. PERAN SUPPLEMENT TERHADAP DAYA TAHAN TUBUH IKAN**

Beberapa mikronutrien seperti vitamin dan mineral dapat ditambahkan dalam pakan dengan kadar tertentu sebagai dasar pemenuhan kebutuhan ikan untuk tumbuh dan menjaga kesehatan (peningkat daya tahan tubuh) ikan.

##### **4.1 Vitamin**

Dari 15 macam senyawa vitamin yang dibutuhkan dan essensial bagi ikan, vitamin C (asam askorbat) adalah merupakan vitamin yang larut dalam air mempunyai kemampuan mempengaruhi imunitas dan resistensi ikan terhadap penyakit jika ditambahkan berlebih dalam pakan (Kurmaly dan Guo, 1996). Vitamin C juga dapat meningkatkan postlarva pada udang, jika dilakukan suplementasi vitamin C pada pakannya (Kontara *et al.*, 1997). Selain itu, vitamin E juga dapat berperan sebagai peningkat daya tahan tubuh ikan, karena mempunyai fungsi sebagai anti-oksidan. Menurut Blazer dan Wolke (1984), vitamin E mempengaruhi komplement dan produksi antibodi, sama seperti halnya berbagai macam aspek fungsi makrofag termasuk di dalamnya enzim yang terlibat dalam mekanisme protektif dalam mencegah kerusakan jaringan dari radikal bebas.

Berikut ini pada Tabel 1. disampaikan vitamin A dan E yang dibutuhkan channel catfish dalam pakannya untuk meningkatkan daya tahan tubuhnya, beserta lama waktu penggunaan serta respon imun yang ditimbulkannya.

Tabel 1. Kebutuhan Vitamin pada Ikan Channel catfish terhadap Respon Imun dan Resistensi Penyakit

Vitamin	Konsentrasi (mg/kg)	Waktu pemberian	Respon Imun <sup>a</sup>	Reference
Vit. C <sup>b</sup>	150 AA	14 minggu	+ <i>Edwardsiella tarda</i>	Durve & Lovell (1982)
	3000 AA	20 minggu	+ Aktivitas komplemen hemolitik + Antibodi	Li & Lovell (1985)
	4000 AA	13 minggu 9 minggu	+ <i>E. ictaluri</i> - Aktivitas komplemen hemolitik - Antibodi	Liu <i>et al.</i> (1989)*
	1000 APP	7 minggu	+ <i>E. ictaluri</i> - Aktivitas neutrofil bakterisidal - Phagocytosis	Jhonson & Ainsworth (1991)*
	> 2000 APP 250 APP	8 minggu 10 minggu	- <i>E. ictaluri</i> - Antibodi - <i>E. ictaluri</i>	Li <i>et al.</i> (1993)* Li <i>et al.</i> (1998)*
Vitamin E	240	120 hari	+ Makrofage intracellular superoxide anion	Wise <i>et al.</i> (1993 a)*
	2500	180 hari	+ Phagocyst indeks - Antibodi	Wise <i>et al.</i> (1993 b)*

Keterangan : \* sumber Gatlin (2002)

+ peningkatan, -: tidak ada perubahan

a : respon imun

b : asam ascorbat equivalen kristal L-ascorbic acid (AA)

ascorbate 2-polyphosphat (APP)

Berdasarkan Tabel 1., tampak bahwa respon imun pada ikan tidak selalu menunjukkan perubahan atau mengalami peningkatan ketahanan tubuh jika dilakukan penambahan vitamin dengan dosis yang lebih tinggi. Lamanya waktu pemberian dan macam vitamin yang digunakan, memberikan respon imun yang berbeda dan tidak selalu parameter uji memberikan respon yang sama dalam satu perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa ikan mempunyai keterbatasan dalam memanfaatkan nutrient yang masuk ke dalam tubuhnya dan darah mempunyai kemampuan tertentu dalam menyerapnya.

Li dan Lovell (1985) mengemukakan bahwa pada channel catfish, penambahan level vitamin C dalam pakan dapat meningkatkan respon antibodi, aktivitas komplemen dan kelangsungan hidup ikan terhadap infeksi *E. ictaluri* dalam wadah budidaya, dan terhadap *Edwardsiella tarda* (Durve dan Lovell, 1982). Akan tetapi menurut Liu *et al.* (1989) dalam Gatlin (2002), tidak ada pengaruh pemberian vitamin C dalam pakan terhadap aktivitas komplement hemolitik atau produksi antibodi pada catfish yang dipelihara di kolam, namun demikian 1000 mg vit.C/kg pakan dapat meningkatkan resistensi terhadap *E. ictaluri*. Hasil penelitian pada rainbow trout, tingginya konsentrasi vit.C dalam pakan dapat memperbaiki luka (Halver, 1972) dan respon imun. Vitamin C 2000 mg/kg pakan dalam bentuk askorbik fosfat juga secara signifikan mengurangi kematian terhadap infeksi *Ichthyophthirus multifilis* pada ikan rainbow trout (Wahli *et al.*, 1986 dalam Gatlin III, 2002). Sedangkan pemberian 1000-4000 mg vit.C/kg pakan yang dikombinasikan dengan ragi meningkatkan respon *chemiluminescence* dari makrofag, tetapi lysozim dan tingkat aktivasi komplemen tidak berbeda dengan ikan yang diberi pakan mengandung 150 mg vit.C/kg (Verhac *et al.*, 1998 dalam Gatlin III, 2002). Demikian juga penelitian yang dilakukan pada ikan Atlantic salmon, dikatakan bahwa produksi hydrogen peroksida dari makrofag mengalami peningkatan pada ikan yang diberi 1000 mg vit.C/kg pakan. Penambahan vitamin C juga dapat menekan kondisi stress pada ikan (imunopresif). Penelitian pada Atlantik salmon yang diberi pakan mengandung 3170 mg vit.C/kg pakan menunjukkan perbedaan yang jelas terhadap aktivitas migrasi leukosit dan bakterisidal dibandingkan dengan pemberian hanya 82 mg vit.C/kg pakan (Thompson *et al.*, 1993 dalam Gatlin III, 2002).

Vitamin lain yang larut dalam air dan dapat meningkatkan fungsi imunitas pada ikan dan resisten terhadap penyakit yaitu asam folat, piridoksin, ribovlavin dan asam panthothenat (Leith dan Kaattari, 1989). Channel catfish yang diberi pakan dengan asam folat 0.4 mg/kg pakan dengan kandungan vit.C 200 mg/kg memberikan kelangsungan hidup maksimal dan produksi antibodi terhadap *E. ictaluri* , akan tetapi jika pakan hanya mengandung vit. C 20 mg/kg, maka perlu

penambahan 4 mg folic acid/kg pakan untuk meningkatkan *survival* (Duncan dan Lovell, 1994 *dalam* Gatlin III, 2002).

Vitamin yang larut lemak dan berperan sebagai peningkat daya tahan tubuh pada ikan adalah vitamin E, yaitu dapat mengurangi berbagai respon imun spesifik dan non-spesifik pada rainbow trout (Blazer dan Wolke, 1984). Terjadi peningkatan resistensi terhadap penyakit pada ikan trout yang memakan 806 mg vit.E/kg pakan, tetapi tingkat antibodi serum tidak dipengaruhi oleh tingkat vit.E (Furones *et al.*, 1992 *dalam* Gatlin III, 2002). Vitamin lain yang larut lemak adalah vitamin A, vitamin ini dapat mempengaruhi imunokompetens pada ikan (Thompson *et al.*, 1995 *dalam* Gatlin III, 2002). Selanjutnya dikatakan bahwa ikan yang diberi pakan mengandung vitamin A 18 mg/kg atau astaxanthin 100 mg/kg dapat meningkatkan aktivitas antiprotease serum dan aktivitas komplement serum klasik. Sedangkan ketidakberadaan vit. A atau astaxanthin dapat menurunkan leukosyst.

#### 4.2 Mineral

Kebutuhan ikan akan mineral essensial yang berperan terhadap respon imunitas telah dirinci oleh Gatlin III (2002) seperti tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan Beberapa Unsur Mineral pada Ikan terhadap Respon Imun dan Resistensi Penyakit

Mineral	Spesies	Konsentrasi (mg/kg) pakan	Pemberian pakan	Respon imun <sup>a</sup>	Reference*
Phosphor (P)	Channel catfish	8500	10 minggu	+ <i>E. ictaluri</i> + Antibodi	Eya & Lovell (1998)
Magnesium (Mg)	Atlantic salmon	5000	28 minggu	- Antibodi - Lysozym - Aktivitas komplement hemolitik + Aktivitas hemolitik spontaneous	EI-Mowafi <i>et al.</i> (1997)
Iron (Fe)	Channel catfish	180	8 minggu	- Antibodi - Chemiluminescence - Migrasi makrofage - <i>E. ictaluri</i>	Sealey <i>et al.</i> (1997)

Iron (Fe)	Atlantic salmon	400	20 minggu	- Total antibodi - Aktivitas komplement hemolitik - Aktivitas hemolitik spontaneous - Lysozym	Andersen <i>et al.</i> (1998)
Selenium (Se)	Channel catfish	0.4 (selenomethionin dan seleno yeast)	9 minggu (potensi lebih tinggi dari Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> )	+ <i>E. ictaluri</i> + Antibodi + Chemotaksis makrofage	Wang <i>et al.</i> (1997)
Zinc (Zn)	Channel catfish	200  30 (Zinc-methionin potensi lebih tinggi dari Zn-sulfat) 60	10 minggu  10 minggu  16 minggu	- <i>Aeromonas hydrophila</i>  + <i>E. ictaluri</i> + Antibodi  + Neutrofil + Chemotaksis - Fagosit <i>E. ictaluri</i> - <i>E. ictaluri</i>	Scarpa & Gatlin (1992) Paripatanan ont & Lovell (1995)  Lim <i>et al.</i> (1996)

Keterangan : \* sumber Gatlin (2002)  
+ peningkatan, -: tidak ada perubahan  
a : respon imun

Secara umum kebutuhan ikan akan mineral berbeda dengan hewan darat, terutama bentuk dalam jaringan dan fungsi metabolik termasuk osmoregulasi (NRC, 1993). Lebih dari 14 unsur mineral adalah essensial pada ikan. Bagaimanapun lingkungan akuatik berkontribusi terhadap kebutuhan mineral pada ikan, sehingga sangat sedikit pengetahuan mengenai adanya defisiensi mineral pada ikan. Berdasarkan Tabel 2. tampak bahwa pemberian mineral melalui pakan tetap harus dilakukan walaupun ikan dapat menyerapnya melalui air. *Bioavailability* mineral dipengaruhi oleh ikatannya dengan senyawa lain, hal ini dapat dilihat dari respon imun yang diberikan, yang menunjukkan perbedaan potensi dari senyawa mineral tersebut. Lama waktu pemberian dan konsentrasi yang diberikan per kg pakan juga mempengaruhi respon imun yang ditimbulkan.

Tidak semua respon imun menunjukkan peningkatan dalam waktu dan dosis yang sama.

Eya dan Lovell (1998) *dalam* Gatlin III (2002) mengemukakan bahwa keberadaan unsur Phosphor 0.4-0.5% dalam pakan dapat meningkatkan produksi antibodi pada channel catfish terhadap *E. ictaluri*. Mineral lain yang berperan meningkatkan imun pada ikan adalah Magnesium (El-Mowafi *et al.* 1997 *dalam* Gatlin III, 2002).

Beberapa mikromineral juga berperan penting dalam meningkatkan imunitas pada ikan. Seperti Selenium mendapat perhatian khusus karena interaksinya dengan vit. E (Van Vleet dan Witson, 1984 *dalam* Gatlin, 2002). Resistensi channel catfish terhadap *E. ictalurus* mencapai maksimum pada ikan yang diberi pakan 0.2 mg Se/kg dari selenomethionin dan 0.4 mg Se/kg dari selenoyeast atau sodium selenit (Wang *et al.*, 1997 *dalam* Gatlin III, 2002). Produksi antibodi secara umum meningkat dengan meningkatnya Se dalam pakan, tetapi terbesar pada ikan yang memakan selenoyeast, yang mempengaruhi respon chemotaksis makrofage.

Fe (besi) merupakan mineral renik yang berperan penting terhadap pencegahan penyakit, karena tingkat konsentrasi Fe dalam serum mempengaruhi kemampuan mikroorganisme penyebab infeksi (Ravndal *et al.*, 1994 *dalam* Gatlin III, 2002). Supplement 60 mg Fe/kg dalam bentuk Fe-methionin atau Fe-sulfat meningkatkan indeks chemotaksis (Sealey *et al.*, 1997 *dalam* Gatlin III, 2002).

Konsentrasi zink (Zn) dalam pakan juga dapat meningkatkan produksi antibodi pada channel catfish yang diberi 15 mg Zink methionin/kg pakan atau 30 mg zink sulfat/kg pakan, sehingga memprotek peningkatan *E. ictaluri* dengan pembentukan chelate-organik (Lim *et al.*, 1996 *dalam* Gatlin III, 2002). Selanjutnya diungkapkan bahwa penambahan 20-60 mg zn-methionin memberikan respon chemotaksis makrofag tertinggi, walaupun tidak mempengaruhi aktivitas fagosit dari makrofag. Sebagai tambahan Iodin dan Fluorin dengan penambahan 4.5 mg/kg pakan juga dapat melindungi Atlantik salmon dari infeksi *R. Salmoninarum* (Lall *et al.*, 1985 *dalam* Gatlin III, 2002).

## 5. PENUTUP

Mempertahankan kondisi tubuh ikan dan meningkatkan kesehatan adalah penting untuk meningkatkan produksi ikan. Immunomodulation pakan berpotensi untuk mencapai produksi akuakultur melalui pencegahan dan atau treatment terhadap penyakit. Supplementasi pakan dengan nutrient dan senyawa immunostimulator non-nutritif untuk mengoptimalkan fungsi imun dan resistensi ikan terhadap penyakit akan lebih efektif karena dapat menekan kematian. Bagaimanapun dosis atau kebutuhan ikan akan nutrient dan senyawa immunostimulatory non-nutrient harus diperhatikan penggunaannya (Gatlin III, 2002).

Komposisi pakan, cara pemberian pakan, waktu pemberian pakan, genetik dan kondisi lingkungan adalah merupakan faktor yang menentukan respon ikan terhadap immunomodulator. Respon daya tahan tubuh ikan dapat diukur dan berbeda pengaruhnya pada berbagai macam immunostimulant. Sehingga pemberian pakan berkualitas dapat digunakan lebih efektif dan sebagai alternatif dalam meningkatkan daya tahan tubuh ikan terhadap lingkungan dan serangan penyakit dalam suatu sistem akuakultur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, D.P. 1974. Immunology of fish diseases. *In* S.F. Snieszko and H.R. Axelrod (eds.). Book 4. Diseases of Fishes. T.F.H. Publ. Nept, New York.
- Areechon, N. 2001. Effects of some micronutrients on stress tolerance and disease resistance of black tiger prawn *Penaeus monodon* Fabricius. Departemen of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok. Thailand.
- Blazer, V.S., and R.E. Wolke. 1984. The effect of  $\alpha$ -tocopherol on the immune response and non-specific resistance factors of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Aquaculture*, 37:1-9.
- Durve, V.S., and R.T. Lovell. 1982. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Canadian Journal Fisheries and*

- Aquatic Society, 39:948-951.
- Fracalossi, D.M., and R.T., Lovell. 1994. *Aquaculture*, 119, 287.
- Gatlin III, D.M. 2002. Nutrition and fish health. *In* "Fish Nutrition" (J. Halver and R. W. Hardy, eds.). Academic Press, New York. London.
- Halver, J.E., and R.W. Hardy. 2002. *Fish Nutrition* (3<sup>th</sup> ed.). Academic Press, New York. London.
- Halver, J.E. 1972. *The Vitamin In Fish Nutrition*. Academic Press, New York. London.
- Iwama, G., and Nakanishi, T. 1996. *The Fish Immune System*. Academic Press, New York. London.
- Kontara, E.K.M., P. Lavens, and P. Sorgeloos. 1995. Dietary effect of DHA/EPA on culture performance and fatty acid composition of *Penaeus monodon* postlarvae, pp. 204-208. *In* P.Lavens, E. Jaspers and I. Roelants (eds.). Larvi'95: Fish & Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Society, Special Publication No. 24. Ghent, Belgium.
- Kontara, E.K.M., G. Merchie, P. Lavens, R. Robles, H. Nelis, A. De Leenheer, and P. Sorgeloos. 1997. Improved production of postlarval white shrimp through supplementation of L-ascorbyl-2-polyphosphate in their diet. *Aquaculture International*, 5:127-136.
- Kurmaly, K, and F.C. Guo. 1996. Effect of environmental stressors: high ammonia, low dissolved oxygen and low temperature shock, on vitamin C and astaxanthin content of shrimp tissue, pp. 207-208. *In* R.L. Creswell (ed.). *Book of Abstracts of World Aquaculture'96*. World Aquaculture Society, Bangkok. Thailand.
- Lall, S.P., and Oliver, G. 1993. *In* "Fish Nutrition in Practice" (S.J. Kaushik and P. Luquet, eds.). INRA, Les Colloques, Biarritz, France.
- Leith, D., and S. Kaattari. 1989. Effect of vitamin nutrition on the immune response of hatchery-reared salmonids, Final Report. U.S. Department of Energy, Bonneville Power Administration, Portland, OR.
- Li, Y., and R.T. Lovell. 1985. Elevated levels of dietary ascorbic acid increase immune responses in channel catfish. *Journal Nutrition*, 115: 123-131.
- Lie, M.H., M.R. Jhonson, and E.H. Robinson. 1994. *Aquaculture*, 128, 335.
- NRC (National Research Council). 1993. *Nutrient Requirement of Fish*.

- National Academy Press, Washington, DC.
- Pickering, A.D (eds.). 1981. Stress and fish. Academic Press Inc. London.
- Rees, J.F., K.Cure, S. Piyatiratitivorakul, P. Sorgeloos and P. Meuasveta. 1994. Highly unsaturated fatty acid requirement of *Penaeus monodon* post larvae: an experimental approach based on Artemia enrichment. *Aquaculture*, 122: 193-207.
- Rijkers, G.T. 1981. Introduction to fish immunology. *Development and Com. Immunol.*, 5:5427-534.
- Tackaert, W., P. Abeiin, P. Dhert, and P. Sorgeloos. 1989. Stress resistance in postlarval penaeid shrimp reared under different feeding procedures. *J. World Aquaculture Society*, 23: 251-264.
- Van Vleet, J.S., and Watson, R.R. 1984. *In*. Clinical and experimental nutrition, vol 1. "Nutrition, Deasease, Resistance and Immune Function" (R.R Watson, ed.), p.229. Marcel-Dekker, New York.