

## PERANAN FUNGI DALAM AKUAKULTUR

Wahyu Pamungkas dan Ikhsan Khasani

Loka Riset Pemuliaan dan Teknologi Budidaya Perikanan Air Tawar  
Jl. Raya Sukamandi No. 2, Subang 41256  
E-mail: yoe\_pamungkas@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Fungi (jamur) merupakan jasad eukariot, yang berbentuk benang atau sel tunggal, multiseluler atau uniseluler. Sel-sel jamur tidak berklorofil, dinding sel tersusun dari kitin, dan belum ada diferensiasi jaringan, bersifat khemoorgano-heterotrof karena memperoleh energi dari oksidasi senyawa organik dan memerlukan oksigen untuk hidupnya (aerobik). Habitat jamur terdapat pada air dan tanah. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan, dan manusia. Jamur mempunyai peranan yang penting dalam akuakultur. Selain dapat menimbulkan kerugian yaitu sebagai penyebab penyakit pada ikan, jamur juga mempunyai peranan yang menguntungkan dalam akuakultur, misalnya berperan dalam mengatasi masalah penyakit karena mampu menghasilkan antibiotik dan meningkatkan ketahanan tubuh ikan terhadap penyakit (imunostimulan). Dalam bidang pakan berperan dalam fermentasi pakan untuk meningkatkan nilai nutrisi pakan ikan, berperan dalam proses bioremediasi untuk mengatasi masalah lingkungan perairan.

**KATA KUNCI:** akuakultur, bioremediasi, jamur, nutrisi, penyakit

### PENDAHULUAN

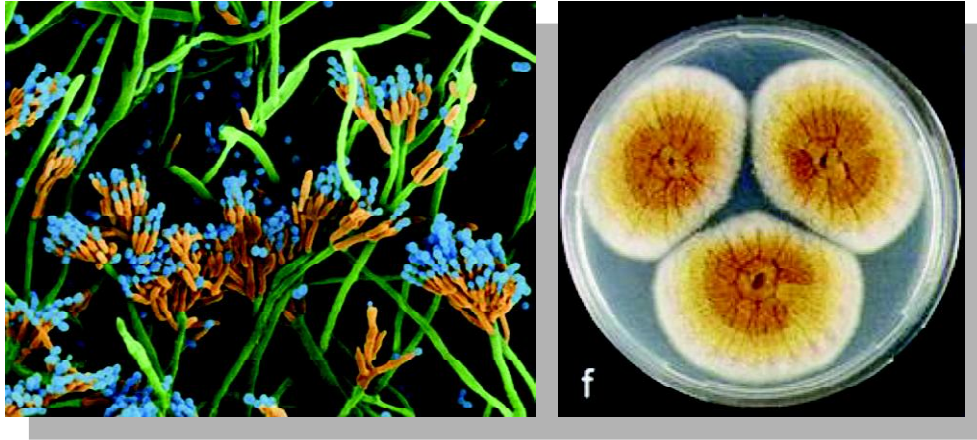
Di dalam dunia mikrobia, jamur termasuk divisio Mycota. Mycota berasal dari kata mykes (bahasa Yunani), disebut juga fungi (bahasa Latin). Ada beberapa istilah yang dikenal untuk menyebut jamur, (a) *mushroom* yaitu jamur yang dapat menghasilkan badan buah besar, termasuk jamur yang dapat dimakan, (b) *mold* yaitu jamur yang berbentuk seperti benang-benang, dan (c) *khamir* yaitu jamur bersel satu. Jamur merupakan jasad eukariot, yang berbentuk benang atau sel tunggal, multiseluler atau uniseluler. Sel-sel jamur tidak berklorofil, dinding sel tersusun dari kitin, dan belum ada diferensiasi jaringan.

Jamur bersifat khemoorganoheterotrof karena memperoleh energi dari oksidasi senyawa organik. Jamur memerlukan oksigen untuk hidupnya (aerobik). Habitat jamur terdapat pada air dan tanah. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan, dan manusia (MadiPelczar & Chan, 2005). Jamur dapat berkembang biak secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual). Perkembangbiakan aseksual dapat dilakukan dengan fragmentasi miselium (thalus) dan pembentukan spora aseksual. Ada beberapa klasis jamur, yaitu *Acrasiumycetes* (Jamur lendir selular), *Myxomycetes* (Jamur lendir sejati), *Phycomycetes* (Jamur tingkat rendah), dan *Eumycetes* (Jamur tingkat tinggi). *Eumycetes* terdiri atas 3 klasis yaitu *Ascomycetes*, *Basidiomycetes*, dan *Deuteromycetes* (Fungi imperfect) (Madigan *et al.*, 1997; Gandjar *et al.*, 2000). Gambar 1 merupakan morfologi jamur jenis *Penicillium* sp., penghasil antibiotik penisilin, dan morfologi koloni jamur pada medium agar.

Akuakultur didefinisikan sebagai kegiatan memelihara organisme air dalam kolam (Irianto, 2003). Akuakultur merupakan suatu kegiatan ekonomi yang cukup menjanjikan dalam hal mengangkat harkat kehidupan dan pemenuhan zat gizi masyarakat terutama dalam hal sumber protein hewani. Kontribusi akuakultur pada perekonomian nasional sangat besar, terutama ketika hasil tangkapan dari alam semakin berkurang. Penyediaan produk perikanan melalui akuakultur pada tahun 2005 telah mencapai 24,92%.

Sejalan dengan perkembangan kegiatan akuakultur di masyarakat yang semakin meningkat, masalah-masalah di bidang akuakultur juga semakin beragam dan menjadi tekanan yang cukup serius. Beberapa masalah yang terjadi dalam akuakultur antara lain masalah penyakit yang banyak merugikan dan menurunkan produktivitas, masalah pakan yang semakin mahal disebabkan bahan bakunya tergantung dari bahan impor dan terjadinya pencemaran lingkungan.

Jamur mempunyai peranan yang penting dalam kehidupan manusia, khususnya dalam akuakultur. Selain dapat menimbulkan kerugian, jamur juga mempunyai peranan yang menguntungkan dalam akuakultur, misalnya



Sumber: Oetari (2006)

Gambar 1. Struktur mikroskopis jamur *Penicillium* sp. dan bentuk koloni jamur pada media potato dextrose agar

berperan dalam mengatasi masalah penyakit sebagai penghasil antibiotik dan meningkatkan ketahanan tubuh ikan terhadap penyakit, dalam bidang pakan berperan dalam fermentasi pakan untuk meningkatkan nilai nutrisi pakan ikan, berperan dalam proses bioremediasi untuk mengatasi masalah lingkungan perairan. Adapun peranan fungi yang merugikan dalam akuakultur antara lain sebagai penyebab terjadinya penyakit pada ikan. Dalam tulisan ini akan diuraikan peran menguntungkan dan merugikan dari fungi dalam akuakultur.

#### PERANAN FUNGI DI BIDANG PENYAKIT

Dalam bidang kesehatan ikan dan penyakit ikan, jamur memiliki peranan strategis, yaitu sebagai organisme penghasil antibiotik, dan sebagai agen probiotik, yang dapat diaplikasikan melalui pakan untuk meningkatkan imunostimulan dan diaplikasikan melalui air untuk mendegradasi senyawa toksik pada akuakultur.

Akuakultur mengalami kerugian yang cukup besar akibat serangan penyakit infeksi dan parasit. Salah satu peristiwa nasional yang menyebabkan kerugian yang sangat besar dalam akuakultur telah dialami Indonesia pada awal tahun 1994 akibat serangan *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) yang menyerang udang, serta pada tahun 2002 akibat *Koi Herpes Virus* (KHV) pada ikan mas dan koi (*Cyprinus carpio*). Selama ini pengendalian penyakit masih mengandalkan disinfektan dan antibiotik. Pada waktu lampau, penggunaan senyawa antibiotik untuk tindakan sub-terapeutik seperti pencegahan penyakit (*prophylactic*) dan memacu pertumbuhan hewan budidaya, sangat umum dilakukan. Penggunaan antibiotika semacam ini termasuk tidak bijaksana, begitu pula dengan penggunaan dalam dosis tinggi, jenis sangat beragam, penggunaan dalam

jangka waktu lama, dan penggunaan jenis yang tidak dapat diurai secara biologis (*non biodegradable*). Hal tersebut telah merugikan masyarakat dari aspek keamanan pangan dan kesehatan masyarakat karena residu antibiotik akan tetap berada pada produk hewan hingga jangka waktu tertentu dan menyebabkan tekanan selektif pada mikroorganisme, memacu munculnya resistensi pada beragam bakteri dan memungkinkan transfer gen-gen resisten ke bakteri lainnya. Secara ekonomi hal tersebut telah terbukti merugikan pelaku usaha akuakultur sendiri akibat penolakan konsumen. Pengendalian penyakit dapat dilakukan dengan penggunaan vaksin, imunostimulan, dan probiotik.

Dalam budidaya udang penggunaan probiotik antara lain dengan cara memasukkan probiotik ke tambak pemeliharaan sebagai pakan tambahan atau dengan perendaman benih. Sumber probiotik berasal dari anggota flora normal mikroba saluran pencernaan, air, dan lumpur kolam (Veschuere *et al.*, 2000). Penyiapan sel-sel mikroba probiotik untuk pakan umumnya dilakukan dengan sejumlah cara seperti dicampur sebagai sel segar atau hidup, sel hidup dalam suspensi garam fisiologis, dalam bentuk sel terliofilisasi dan melalui perantara organisme lain seperti rotifera. *Yeast* berupa *Saccharomyces cerevisiae*, strain *S. exiguus* yang mengandung xeaxanthin (HPPR1) dan *Phaffia rhodozyma*, serta  $\beta$ -glucan *S. cerevisiae*, telah digunakan untuk meningkatkan ketahanan udang penaid yuwana terhadap vibriosis. Ternyata perlakuan dengan *P. rhodozyma* merupakan yang terbaik dalam meningkatkan sintasan larva penaeid (Effendi *et al.*, 2007). Kehati-hatian terhadap potensi patogenik atau oportunistik patogenik tetap diperlukan dalam memilih probiotik. Usaha preventif yang mungkin

yaitu pemakaian jenis-jenis mikroba yang telah dikategorikan sebagai GRAS (*generally recognized as safe*) seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus*. Penggunaan mikroba untuk produksi antibiotik, antara lain penisilin oleh jamur *Penicillium* sp., streptomisin oleh *Streptomyces* sp.

Penelitian peningkatan haemosit benur udang windu (*Penaeus monodon fabricius*) pasca perendaman ekstrak ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) pada konsentrasi yang berbeda adalah penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan tubuh udang terhadap penyakit. Ekstrak ragi roti masuk ke dalam tubuh pascalarva, diduga melalui saluran pencernaan bersama dengan air yang dikonsumsi. Perendaman  $\beta$ -1,3 glukan pada larva Atlantic Halibut *Hippo-glossus hippoglossus* (L.) juga menunjukkan bahwa makromolekul tersebut secara efektif melalui saluran pencernaan, kemudian diabsorpsi oleh usus. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa terjadi absorpsi yang dilakukan oleh sel epitel pada permukaan kulit, walaupun mempunyai kapasitas yang terbatas (Strand & Dalmo, 1997). Pada saluran pencernaan pascalarva, ekstrak ragi roti *Saccharomyces cerevisiae* yang mengandung  $\beta$ -glukan akan mengalami degradasi. Degradasi tersebut dilakukan oleh  $\beta$ -glukanase yang dihasilkan oleh kelenjar pencernaan. Hasil degradasi tersebut adalah polisakarida rantai pendek, yang kemudian diubah menjadi glikogen melalui jalur UDP glukose. Kelebihan  $\beta$ -glukan yang tidak terdegradasi akan diabsorpsi oleh usus dan bergabung bersama hemolimp sebagai imunostimulan yang dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh udang (Lopez *et al.*, 2003).

Penelitian pemanfaatan imunostimulan untuk pengendalian penyakit pada ikan mas dengan menggunakan *Chromium yeast* (*Cr-yeast*) yang diaplikasikan melalui pakan (Mudjiutami *et al.*, 2007). Bahan ini biasanya digunakan sebagai pencampur pakan pada hewan ternak, yang berfungsi juga untuk mengatasi stres yang diharapkan dapat berdampak positif juga bagi pertahanan tubuh ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *Cr yeast* memberikan respons positif terhadap peningkatan daya tahan tubuh ikan mas. Pemberian *Cr yeast* terbukti mampu meningkatkan sintasan ikan mas yang diinfeksi virus KHV.

Selain mempunyai peranan yang menguntungkan dalam meningkatkan sistem imun pada ikan, beberapa jenis fungi juga merupakan penyebab penyakit pada ikan. Jenis-jenis cendawan semu dari filum *Oomycota*, kelas *Oomycetes* kebanyakan sebagai parasit pada ikan. Jamur *Aphanomyces* diketahui sebagai cendawan internal spesifik pada ikan

lele. Jenis *Saprolegnia* sp., *Achlya* sp. juga ditemukan sebagai penyakit pada ikan (Yuasa *et al.*, 2003).

## PERANAN FUNGI DI BIDANG NUTRISI IKAN

Efisiensi pakan di dunia perikanan merupakan salah satu problema yang sudah sejak lama dan sampai sekarang masih dirasakan. Harga bahan pakan yang semakin mahal dan sulit diperoleh, karena sebagian harus diimpor, menyebabkan masalah tersebut semakin dominan. Pakan yang terbuang dan tidak dikonsumsi oleh ikan memang tidak bisa terelakkan, karena kondisi alam berupa air dan tingkah laku ikan itu sendiri. Akan tetapi pakan atau nilai nutrisi yang terbuang sebagai akibat tidak tercernanya pakan dengan baik oleh ikan, tentu teramat disayangkan. Banyaknya sisa pakan yang terbuang dan feses yang dikeluarkan oleh ikan sebagai akibat kurang tercernanya pakan yang diberikan akan menyebabkan menumpuknya bahan organik sehingga terjadi penurunan kondisi kualitas air di lingkungan pemeliharaan.

Berbagai upaya dilakukan untuk dapat memproduksi pakan buatan yang murah dan ramah lingkungan. Banyak ahli mencari alternatif yaitu dengan menggunakan bahan nabati seperti kedelai untuk menggantikan atau mengurangi ketergantungan terhadap tepung ikan. Akan tetapi adanya toksikan, karbohidrat sulit cerna yang tinggi dan kandungan sejumlah asam amino yang rendah sering menjadi kendala. Usaha yang dilakukan untuk mengatasinya antara lain melalui fermentasi dan atau suplementasi sel mikroba. Fermentasi asam laktat pada kedelai terbukti menghilangkan kandungan sukrosa, menurunkan kadar rafinosa, aktivitas penghambat tripsin dan faktor penghambat absorpsi lemak. Adapun fermentasi dengan *Aspergillus oryzae* terbukti meningkatkan kadar protein dan kadar peptida berukuran kecil (< 20 kDa), dan menghilangkan penghambat tripsin. Fermentasi pakan mampu mengurai senyawa kompleks menjadi sederhana sehingga siap digunakan larva. Sejumlah mikroorganisme diketahui mampu mensintesa vitamin dan asam-asam amino tertentu yang dibutuhkan oleh larva hewan akuatik.

Prinsip dasar kerja probiotik adalah pemanfaatan kemampuan mikroorganisme dalam memecah atau menguraikan rantai panjang karbohidrat, protein, dan lemak yang menyusun pakan yang diberikan (Sugita *et al.*, 1996 dalam Iranto, 2003). Kemampuan ini diperoleh karena adanya enzim-enzim khusus yang dimiliki oleh mikroba untuk memecah ikatan tersebut. Enzim tersebut biasanya tidak dimiliki oleh ikan dan makhluk air lainnya. Walaupun ada kuantitas dan kualitasnya dalam jumlah yang terbatas. Pemecahan molekul-molekul kompleks ini

menjadi molekul sederhana jelas akan mempermudah pencernaan lanjutan dan penyerapan oleh saluran pencernaan ikan.

Penelitian pemanfaatan *Saccharomyces cereviceae* yang disuplementasikan dalam formulasi pakan buatan yang berbasis protein nabati pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn) dengan menggunakan teknologi fermentasi terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan ikan nila yang dibudidayakan (Widiastuti, 2008). Peningkatan kualitas pakan larva telah dilakukan melalui pemanfaatan pakan hidup sebagai media pembawa probiotik yang dikenal dengan istilah bioenkapsulasi terbukti meningkatkan imunitas terhadap patogen dan stres. Penelitian penggunaan *Saccharomyces cereviceae* yang ditambahkan pada *Spirulina* sp. dan levamisol juga terbukti berperan sebagai imunostimulan pada udang dan ikan. Pencampuran *Saccharomyces cereviceae* pada pakan ikan dapat meningkatkan absorpsi kromium pada ikan.

Mikroba juga dapat berperan sebaliknya yaitu merusak bahan pakan, misalnya *Aspergillus flavus* yang menghasilkan aflatoksin dan *Fusarium moniliforme* yang menghasilkan fumonisin B1 (FB1). Kedua toksikan tersebut diketahui merugikan kesehatan ikan dan udang dan bersifat karsinogenik terhadap manusia.

#### PERANAN FUNGI DI BIDANG LINGKUNGAN BUDIDAYA

Pencemaran sulit dihindari karena hingga saat ini tertib peruntukan lahan atau zonasi kegiatan ekonomi, penanganan limbah dan kesadaran masyarakat akan pentingnya mempertahankan kualitas sumberdaya perairan masih relatif rendah. Pada tingkat pencemaran yang rendah pada danau atau aliran sungai, permasalahan akan dapat diatasi secara alami melalui proses yang dikenal sebagai pulih diri (*self purification*). Pada proses pulih diri, cemaran organik akan mengalami biodegradasi oleh flora mikroorganisme pada perairan tersebut dan setelah waktu tertentu kondisi perairan pulih seperti semula. Jika kuantitas pencemar dalam badan air cukup tinggi, proses pulih diri tidak dapat berlangsung sempurna, perairan mungkin akan menjadi kekurangan oksigen (anoksik) dan mati akibat tidak ada hewan atau tumbuhan air yang mampu hidup di dalamnya. Pada kasus di mana kuantitas cemaran materi organik tinggi maka dapat dilakukan proses bioaugmentasi dan/atau biostimulasi. Pencemaran perairan dapat menyebabkan gangguan yang serius pada hewan akuatik, antara lain peningkatan frekuensi wabah penyakit, penghambatan aktivitas beragam enzim, gangguan reproduksi, dan sejumlah kelainan fisiologis lainnya.

Bioremediasi didefinisikan sebagai penggunaan organisme hidup, terutama mikroorganisme, untuk mendegradasi pencemar lingkungan yang merugikan ke tingkat atau bentuk yang lebih aman (Eweis *et al.*, 1998). Proses bioremediasi ini dapat dilakukan secara bioaugmentasi yaitu penambahan atau introduksi satu jenis atau lebih mikroorganisme baik yang alami maupun yang sudah mengalami perbaikan sifat (*improved/genetically engineered strains*), dan biostimulasi yaitu suatu proses yang dilakukan melalui penambahan zat gizi tertentu yang dibutuhkan oleh mikroorganisme atau menstimulasi kondisi lingkungan sedemikian rupa (misalnya pemberian aerasi) agar mikroorganisme tumbuh dan beraktivitas lebih baik. Penggunaan beragam spesies mikroorganisme untuk bioremediasi telah sedemikian luas dan digunakan untuk mengatasi beragam pencemar baik organik maupun anorganik.

Logam berat di dalam air limbah merupakan penyebab pencemaran lingkungan yang potensial. Pencemaran logam berat pada umumnya berasal dari industri penyepuhan logam, tekstil, barang jadi lateks, serta industri lain. Pada proses industri barang jadi lateks digunakan logam berat dalam bentuk ZnO sebagai akselerator proses vulkanisasi karet, sehingga ion  $Zn^{2+}$  terbawa dalam air limbah industri barang jadi dengan konsentrasi mencapai 300 mg/L, sedangkan ambang batas konsentrasi yang diperbolehkan maksimal adalah 2,5 mg/L. Saat ini, pengolahan secara biologis untuk mengurangi ion logam berat dari air tercemar menjadi teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Salah satu di antaranya adalah biosorpsi yang memanfaatkan kemampuan pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan penyerapan mikroorganisme untuk menyerap logam berat. Secara umum, keuntungan pemanfaatan mikroorganisme sebagai biosorben adalah (1) biaya operasional rendah, (2) efisiensi dan kapasitas pengikatan logam yang tinggi, (3) meminimumkan terbentuknya *sludge*, (4) kemungkinan untuk *recovery* logam, (5) biosorben dapat diregenerasi, (6) bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, dan (7) tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati (Ahalya *et al.*, 2004). Salah satu biosorben yang digunakan untuk penyerapan  $Zn^{2+}$  adalah menggunakan biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa *S. cerevisiae* bebas maupun amobil mampu menyerap logam  $Zn^{2+}$  dan menurunkan konsentrasinya dari 250-300 mg/L menjadi 20-50 mg/L.

*Saccharomyces cerevisiae* sudah banyak diteliti berkaitan dengan potensinya sebagai biosorben dan bioakumulator

logam berat (Irma & Panji, 2007), di antaranya karena memiliki persentase material dinding sel sebagai sumber pengikatan logam yang tinggi dan juga biomassa *S. cerevisiae* mudah diperoleh karena banyak dimanfaatkan pada proses fermentasi. Mawardi *et al.* (1997) telah meneliti pemanfaatan biomassa *S. cerevisiae* untuk penyerapan logam Pb<sup>2+</sup>. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kurang lebih 86% dari total serapan terjadi pada 10 menit pertama waktu kontak dengan serapan maksimum 33,04 mg Pb/g biomassa. Volesky & May-Philips (1995) melaporkan penyerapan uranium, seng dan tembaga terjadi pada pH optimum 4-5, sedangkan Hadi *et al.* (2003) telah melaporkan kinetika dan kesetimbangan biosorpsi kadmium oleh sel *S. cerevisiae* dengan kondisi optimum penyerapan sebesar 35 mg/g sel.

Penelitian pengurangan substansi nitrogen dengan menggunakan *Aspergillus niger* pada *continuous stirred tank reactor* (CSTR) *system* terbukti dapat mengurangi konsentrasi amonia. Konsentrasi TAN (*total ammonia nitrogen*) dan nitrite-N secara berurutan menurun hingga 0,35 dan 0,12 mg/L<sup>-1</sup>. Penelitian biokonversi pada limbah biosolid (endapan lumpur) dengan menggunakan *Aspergillus niger* dan *Penicillium corylophilum* menunjukkan bahwa terjadi penurunan COD (*chemical oxygen demand*), TSS (*total suspended solid*), dan SRF (*specific resistance to filtration*) pada endapan yang dipengaruhi oleh *Aspergillus niger* dan *Penicillium corylophilum*.

## PENUTUP

Jamur sebagai salah satu mikrobial sangat berperan dalam kegiatan akuakultur, baik menguntungkan maupun merugikan. Masalah-masalah yang sering terjadi pada kegiatan akuakultur meliputi masalah penyakit, kebutuhan pakan, dan masalah lingkungan dapat diatasi melalui pemanfaatan mikroorganisme, dalam hal ini khususnya jamur. Jamur selain dapat digunakan sebagai imunostimulan untuk meningkatkan daya tahan tubuh terhadap penyakit dan memproduksi zat antibiotik untuk mengobati ikan yang terserang penyakit juga ditemukan sebagai sumber terjadinya penyakit. Dalam rangka efisiensi pakan jamur berperan sebagai probiotik yang dapat membantu meningkatkan kualitas pakan. Penggunaan jamur juga sangat membantu dalam mengatasi masalah lingkungan seperti pada proses bioremediasi.

## DAFTAR ACUAN

Ahalya, N., Ramachandra, T.V., & Kanamadi, R.D. 2004. Biosorption of Heavy Metals. Bangalore, India. Centre for Ecological Science, Indian Institute of Science.

- Effendy, S., Rantetondok, A., & Tahir, A. 2004. Peningkatan Haemosit Benur Udang Windu (*Penaeus Monodon Fabricius*) Pasca Perendaman Ekstrak Ragi Roti (*Saccharomyces Cerevisiae*) pada Konsentrasi Yang Berbeda. *J. Sains & Teknologi*, 4(2): 46–53.
- Eweis, J.B., Ergas, S.J., Chang, D.P.Y., & Graw-Hill Int. Edition, Boston, 293 hlm.
- Gandjar, I., Samson, R.A., Tweel-Vermeulen, K., Oetari, A., & Santoso, I. 2000. Pengenalan kapang tropik umum. Yayasan Obor Indonesia, 135 hlm.
- Hadi, B., Margaritis, A., Berruti, F., & Bergongnon, M. 2003. Kinetic and equilibrium of cadmium biosorption by yeast cells *S. cerevisiae* and *K. fragilis*. *Internat. J. of Chem. Reactor Engin.*, 1: 1–16.
- Irianto, A. 2003. Probiotik Akuakultur. Gajah Mada University Press, 125 hlm.
- Irma, K. & Panji, T. 2007. Biosorpsi logam Zn oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Menara Perkebunan*, 75(2): 80–92.
- Lopez, N., Cuzon, G., Gaxiola, G., Taboada, G., Valenzuela, M., Pascual, C., Sanchez, A., & Rosas, C. 2003. Physiological, Nutritional, and Immunological Role of Dietary  $\beta$  1-3 Glukan and Ascorbic Acid 2-Monophosphate in *Litopenaeus vannamei* Juveniles. *Aquaculture*, 224: 223–243.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., & Parker, J. 1997. *Brock biology of microorganism* 9<sup>th</sup> ed. Englewood Cliff: Prentice Hall International, Inc. London, 986 hlm.
- Mawardi, Sugiharto, Mudjiran, E., & Prijambada, I.D. 1997. Biosorpsi timbal II biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *BPS-UGM*, 10(2C): 203–213.
- Mudjiutami, E., Ciptoroso, Zainun, Z., Sumarjo, & Rahmat. 2007. Pemanfaatan Imunostimulan Untuk Pengendalian Penyakit Pada Ikan Mas. *J. Budidaya Air Tawar*, 4(1): 1–9.
- Oetari, A. 2006. Physiology of Microorganism. Pasca Sarjana Biologi Universitas Indonesia, 7 hlm.
- Pelczar, M.J. Jr, & Chan, E.C.S. 2005. Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid 1. Hadioetomo, R.S., Imas, T., Tjitrosomo, S.S., & Angka, S.L. penerjemah; Jakarta: UI Pr; 1986. terjemahan dari: *Element of Microbiolog*, 409 hlm.
- Strand, H.K. & Dalmo, R.A. 1997. Absorption of immunomodulating  $\beta$  1,3 Glukan In Yolk Sac Larvae of Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.). *J. of Fish Dis.*, 20: 41–49.
- Verschure, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstaete, W. 2000. Probiotic Bacteria Biological Control Agent in Aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(4): 655–671.

- Volesky, B. & May-Philips, H.A. 1995. Biosorption of heavy metal by *S.cerevisiae*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 42: 797–806.
- Widiastuti, R.R. 2008. *Formulasi Pakan Buatan dengan Teknologi fermentasi Pada Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn)*. Master Thesis dari JBPTITBBI/2008-09-23. 10:14:51.
- Yuasa, K., Panigoro, N., Bahnan, M., & Kholidin, E.B. 2003. Panduan diagnosa penyakit ikan, teknik diagnosa penyakit ikan budidaya air tawar di Indonesia. Balai Budidaya Air Tawar Jambi dan JICA, Jambi, 75 hal.