

PEMANFAATAN POTENSI BIOTEKNOLOGI MIKROORGANISME UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PERIKANAN DI KALANGAN MASYARAKAT

Muhammad Fauzan Isma

*Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Samudra
Langsa Aceh*

email: fauzanismanurung@unsam.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, yang memiliki panjang garis pantai 81.000 km dan luas laut sekitar 3,1 juta km². peningkatan produksi perikanan nasional yang diprogramkan Menteri Kelautan dan Perikanan hingga 350% menuntut semua pihak yang terkait berpikir maksimal guna mengoptimalkan segala potensi. Tingkat keberhasilan dalam budidaya perikanan sangat dipengaruhi oleh kemampuan membentuk ekosistem yang mampu mendukung kehidupan ikan yang dipelihara dan penyediaan pakan berkualitas dengan harga yang cukup terjangkau. Pada ekosistem perairan, khususnya lingkungan budidaya ikan, mikroorganisme memiliki peran sangat kompleks dan vital. Seiring meningkatnya taraf pengetahuan masyarakat dan kesadaran budidaya yang berkelanjutan, pola pikir pembudidaya mulai bergeser ke arah optimalisasi peran mikroorganisme sebagai sahabat, dan bukan semata sebagai jasad penyebab masalah yang harus dimusnahkan dari ekosistem budidaya. Hal ini tentunya dapat tercapai apabila pembudidaya mampu mengelola jasad renik tersebut secara benar. Kemampuan mikroorganisme menghasilkan enzim pencernaan dan mengkonversi limbah pertanian menjadi protein juga sangat potensial untuk dimanfaatkan dalam menyediakan bahan baku pakan alternatif dengan harga yang cukup terjangkau. Pemanfaatan bioteknologi berbasis mikroorganisme secara intensif dalam mengatasi permasalahan limbah budidaya, agen biokontrol, pakan alami, dan agen fermentasi pakan diharapkan mampu mendongkrak produktivitas budidaya perikanan di kalangan masyarakat luas.

Kata Kunci : *Bioteknologi, Mikroorganisme, Produktivitas Perikanan.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, yang memiliki panjang garis pantai 81.000 km dan luas laut sekitar 3,1 juta km². Kawasan lautnya yang merupakan perairan teritorial dan perairan nusantara, meliputi hampir 2/3 luas teritorialnya. Disamping itu

berdasarkan UNCLOS 1982, Indonesia memperoleh hak kewenangan memanfaatkan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) seluas 2,7 km² yang menyangkut eksplorasi, eksploitasi dan pengelolaan sumberdaya hayati dan non hayati, penelitian, dan yuridiksi mendirikan instalasi ataupun pulau buatan (Prpto, 1999).

Target peningkatan produksi perikanan nasional yang diprogramkan Menteri Kelautan dan Perikanan hingga 350% menuntut semua pihak yang terkait berpikir maksimal guna mengoptimalkan segala potensi yang tersedia. Salah satu potensi besar yang dimiliki Indonesia adalah hamparan tambak yang luas, yang kini terbengkalai akibat permasalahan penyakit pada budidaya udang laut, udang windu (*Penaeus monodon*), dan udang vaname (*Metapenaeus vannamei*).

Kompleksitas permasalahan tersebut salah satunya disebabkan oleh pola pembudidaya yang kurang bijak, penggunaan antibiotik, dan bahan kimia, sehingga merusak keseimbangan ekosistem tambak, khususnya diversitas dan kuantitas mikroorganisme. Tidak seimbanginya peningkatan harga pakan dan nilai jual ikan juga berdampak pada melemahnya gairah budidaya beberapa komoditas ikan air tawar, di antaranya pada budidaya ikan patin yang produksinya diharapkan meningkat hingga 1.400%.

Kunci keberhasilan budidaya ikan selain harus ditopang kemampuan pembudidaya dalam menciptakan lingkungan yang sesuai bagi kehidupan ikan yang dipelihara juga harus didukung oleh ketersediaan pakan berkualitas dengan harga terjangkau. Lingkungan atau ekosistem budidaya ikan relatif lebih kompleks dibandingkan ekosistem darat, sehingga pengetahuan mengenai pengaruh berbagai komponen ekosistem tersebut sangat diperlukan, khususnya pada sistem budidaya intensif.

Komponen ekosistem perairan dikelompokkan menjadi dua, yaitu komponen biotik, yang

meliputi ikan yang dibudidayakan, organisme renik (mikroorganisme), vegetasi perairan dan hewan tingkat tinggi lainnya; serta komponen abiotik yang meliputi parameter fisika-kimia air, substrat dasar kolam, iklim (Zonneveld *et al.*, 1991; Odum, 1993).

Mikroorganisme sebagai bagian komponen eko-sistem perairan memiliki berbagai peran, baik yang menguntungkan maupun merugikan (Sigeo, 2005).

Secara mendasar, mikroorganisme didefinisikan sebagai organisme yang berukuran sangat kecil, yang hanya teramati dengan jelas dengan alat bantu mikroskop (Singhelton & Sainsbury, 1978; Pelczar, 1988; Waluyo, 2005; Madigan *et al.*, 2009).

Organisme renik tersebut akan selalu didapati pada semua habitat alam, di mana ada kehidupan maka mikroorganisme akan selalu menjadi komponen dari ekosistem alam tersebut. Khususnya di lingkungan akuakultur, keberadaan mikroorganisme sangat berpengaruh terhadap kesehatan dan pertumbuhan ikan yang dipelihara. Hal tersebut disebabkan mikroorganisme merupakan produsen primer, mata rantai pertama dalam rantai makanan (*food chain*) dan berperan penting dalam siklus unsur-unsur (*biogeochemical cycles*), seperti siklus C, N, P, O, dan unsur lainnya (Atlas & Bartha, 1998; Maier *et al.*, 2000), sekaligus beberapa di antaranya bersifat patogenik bagi ikan (Noga, 2000; Irianto, 2005).

Berdasarkan kemampuannya dalam merombak bahan organik dan anorganik melalui reaksi enzimatik, maka melalui penerapan bioteknologi berbasis mikroorganisme limbah pertanian dan

air buangan diolah menjadi bahan yang lebih bermanfaat dan dimanfaatkan sebagai substrat untuk memproduksi enzim (Fardiaz, 1989).

Selain memiliki peranan positif, ternyata keberadaan mikroorganisme di lingkungan akuatik juga seringkali menimbulkan dampak negatif bagi kehidupan organisme lainnya, termasuk manusia. Kontaminasi bakteri dan mikroalga pada air minum, air sumur, dan air sungai merupakan salah satu penyebab munculnya berbagai masalah seperti bau, perubahan warna, penyumbatan pipa-pipa, dan beberapa penyakit seperti kolera dan disentri. Bakteri *Vibrio cholerae* merupakan salah satu jenis bakteri yang sering menyebabkan kolera di samping beberapa jenis yang lain (Bockemuhl *et al.*, 1986). Jenis bakteri patogen lainnya adalah *Salmonella* spp. yang merupakan bakteri dominan pada air yang tercemar (Moringo *etal.*, 1986).

Pada lingkungan budidaya perikanan, mikroorganisme juga kerap kali menginfeksi ikan atau udang yang dipelihara atau dengan kata lain menjadi penyebab munculnya penyakit yang dapat menimbulkan kematian ikan dan kegagalan usaha budidaya (Yuasa *et al.*, 2003; Supriyadi, 2005).

Melihat besarnya peranan mikroorganisme dalam lingkungan akuatik, tentunya menuntut bagi manusia untuk mampu mengetahui seluk-beluk kehidupan mikroorganisme baik secara morfologis, fisiologis, genetik maupun keanekaragamannya, sehingga dapat diambil langkah dalam mengoptimalkan kemampuan mikroorganisme tersebut bagi peningkatan kesejahteraan hidup manusia dan sekaligus

mengendalikan potensi negatif yang dimilikinya. Dalam tulisan ini akan diuraikan beberapa peran positif penting mikroorganisme bagi pengembangan akuakultur.

Peran Mikroorganisme Pada Akuakultur

Benih unggul, kualitas air sebagai tempat hidup dan berkembang ikan, kualitas dan jumlah pakan yang diberikan merupakan aspek-aspek utama yang mendukung keberhasilan akuakultur. Pada dua aspek tersebut, yaitu kualitas air dan pakan, mikroorganisme memegang peranan sangat vital sehingga karakter dan sifatnya senantiasa dikaji secara mendalam. Beberapa peran mikroorganisme yang banyak dipelajari adalah dalam hal bioremediasi, biokontrol, pengayaan nutrisi pakan, dan pakan alami.

Bioremediasi

Bioremediasi didefinisikan sebagai proses penguraian limbah organik atau polutan secara biologi dalam kondisi terkendali (Eweis, 1989). Penguraian senyawa kontaminan tersebut melibatkan mikroorganisme (bakteri, khamir, alga, dan fungi). Perbaikan kualitas air, seperti penurunan kandungan amonia dan nitrit, dapat dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme, yang dikenal pula sebagai bioremediasi (Devaraja *et al.*, 2002; Lante & Haryanti, 2006; Widiyanto 2006). Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memperbaiki kualitas air adalah dengan mengalirkan air bekas budidaya ke bak pengolah limbah. Bak pengolah limbah budidaya ikan

umumnya dilengkapi dengan filter biologi yang dikondisikan dapat memacu perkembangan bakteri nitrifikasi. Beberapa jenis bakteri nitrifikasi, seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, mampu mendegradasi amonia menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat (Chia-Fuang Tsai, 1989; Ruiz *et al.*, 1994; Verschuere *et al.*, 2000).

Salah satu lingkungan budidaya yang memiliki karakteristik kandungan senyawa amonia dan nitrit cukup tinggi adalah lingkungan kegiatan pembenihan ikan dan udang (Aquacop, 1983; Yakoeb, 1989; New & Valenti, 2004). Pembenihan sistem resirkulasi dioperasikan dengan memanfaatkan kerja biofilter, yang bertumpu pada aktivitas bakteri nitrifikasi (Yongjiu Cai & Summerfelt, 1992; Summerfelt *et al.*, 2001), sehingga amonia dari kotoran larva dan sisapakan dioksidasi menjadi nitrit, selanjutnya menjadi nitrat (Yakoeb, 1989; Mallasen & Valenti, 2006). Efektivitas biofilter dipengaruhi oleh jenis dan kelimpahan bakteri yang tumbuh, sehingga pada sistem biofilter yang baru dioperasikan diperlukan waktu yang cukup lama, 4-6 minggu, agar biofilter tersebut dapat berfungsi dengan baik (Summerfelt *et al.*, 2001). Salah satu upaya untuk mempercepat waktu aktivasi biofilter adalah dengan menambahkan bakteri bioremediasi ke dalam biofilter (Mishra *et al.*, 2001; Plaza *et al.*, 2001).

Pengendalian Hayati (*Bio-control*)

Pengendalian hayati (*Bio control*) pada dasarnya adalah usaha untuk memanfaatkan dan menggunakan musuh alami sebagai pengendali populasi hama yang

merugikan. Pengendalian hayati sangat dilatarbelakangi oleh berbagai pengetahuan dasar ekologi, terutama teori tentang pengaturan populasi oleh pengendali alami dan keseimbangan ekosistem. Musuh alami dalam fungsinya sebagai pengendali hama bekerja secara selektif tergantung kepadatan, sehingga keefektifannya ditentukan pula oleh kehidupan dan perkembangan hama yang bersangkutan. Ketersediaan lingkungan yang cocok bagi perkembangan musuh alami merupakan prasarat akan keberhasilan pengendalian hayati. Perbaikan teknologi introduksi, *mass rearing* dan pelepasan di lapangan akan mendukung dan meningkatkan fungsi musuh alami (Untung, 1995).

Pengendalian hayati dalam bidang hama dan penyakit tanaman sudah dirintis sejak lama. Beberapa aspek yang terkait dalam pengendalian sistem terpadu seperti penggunaan agen predator, antagonis, parasit, patogen, virus, pemakaian materi organik, pembentukan benih resisten, imunisasi atau vaksinasi dengan penggunaan patogen yang tidak ganas (*hyphovirulent*), penggunaan bahan kimia selektif, penggunaan senyawa sida bahan alam, pengaturan kondisi fisik seperti pengaturan pH, penanaman bergilir (rotasi) dan pengeringan (Yusriadi, 1997). Banyak keberhasilan telah dicapai dalam dunia 'pengendalian hayati', baik dalam skala laboratorium maupun dalam aplikasi di lapangan. Dari aspek pengendalian menggunakan agensia mikroba, berbagai isolat antagonis terutama bakteri, aktinomiset, dan jamur telah teridentifikasi dan teruji potensinya.

Pada bidang akuakultur, pemanfaatan musuh alami sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekologis di bak atau kolam budidaya, karena dengan mengem-balikan sumberdaya tersebut ke alam maka kualitas lingkungan, terutama dasar kolam dapat dipertahankan. Di alam, musuh alami dapat terus berkembang selama nutrisi dan faktor-faktor lain, seperti suhu dan pH, sesuai untuk pertumbuhannya. Proses pengendalian hayati pada dasarnya mengacu pada ekologi alami sehingga untuk menciptakan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan musuh alami tersebut harus dilakukan rekayasa lingkungan, seperti manipulasi suhu dan nutrisi bak atau kolam, sehingga sistem akuakultur dapat terus berlanjut. Penambahan bahan organik atau sumber karbon melalui pemupukan kolam dengan pupuk organik atau pupuk hayati merupakan upaya untuk memacu perkembangan mikroba yang antagonistik terhadap patogen (Maeda, 1999). Selanjutnya Maeda (1999) menyatakan bahwa kesehatan ikan baik di kolam budidaya maupun di perairan alami sangat tergantung pada tingkat resisten alamiah terhadap serangan mikroorganisme, dan keseimbangan biologis antara mikroorganisme yang menguntungkan dengan mikroorganisme yang merugikan di ekosistem tersebut. Jadi, dapat diartikan bahwa keberadaan mikroba positif dan mikroba negatif (merugikan) di lingkungan akuatik secara langsung berdampak pada pertumbuhan ikan (Maeda, 1999).

Sampai saat ini pengendalian penyakit dalam kegiatan budidaya ikan atau udang di Indonesia lebih

tertumpu pada penggunaan disinfektan dan antibiotik meskipun tingkat keberhasilannya relatif kecil (Subasinghe, 1977 dalam Irianto, 2003). Penggunaan antibiotik yang tidakbijaksana telah meningkatkan kekhawatiran terhadap produk perikanan dan kesehatan manusia. Beberapa negara maju yang merupakan negara pengimpor produk perikanan Indonesia secara tegas melarang masuknya produk perikanan yang mengandung residu antibiotik. Murdjani (2004) menyatakan bahwa di era globalisasi pemasaran produk ke pasar internasional harus memenuhi beberapa kriteria, di antaranya adalah tidak mengandung residu antibiotik, pestisida serta bahan kimia lain. Hal tersebut merupakan sinyal bagi kita untuk secara bertahap meninggalkan penggunaan antibiotik menuju sistem pengendalian penyakit yang lebih ramah lingkungan dan kesehatan, melalui konsep biokontrol.

Dinyatakan oleh Austin & Austin (1999) dan Maeda (1999) bahwa kontrol biologis, salah satunya adalah dengan aplikasi probiotik, merupakan strategi pengendalian penyakit ikan yang prospektif. Secara mendasar model kerja probiotik untuk pengendalian hayati adalah melalui penghambatan populasi mikroba patogen melalui kompetisi dengan memproduksi senyawa-senyawa antimikroba atau melalui kompetisi nutrisi dan tempat pelekatan di dinding intestinum, serta stimulasi imunitas melalui peningkatan kadar antibodi organisme akuatik atau aktivitas makrofag (Gram *et al.*, 1999; Irianto, 2003). Beberapa senyawa yang dihasilkan oleh mikroba memiliki aktivitas imunostimulan pada hewan akuatik, misalnya Lipo Poli Sakarida

(LPS), peptidoglikan dan glukon. Penggunaan probiotik sebagai suplemen pakan ikan atau udang juga menunjukkan aktivitas imunostimulasi, paling tidak terlihat dari aktivitas lisozim yang mampu merusak dinding sel bakteri (Irianto, 2003). Widanarni (2004) melaporkan bahwa larva udang windu yang diberi pakan berupa artemia yang telah diperkaya dengan probiotik (bakteri *Vibrio alginolyticus*) pertumbuhannya mengalami peningkatan dibandingkan kontrol yang tanpa pengkayaan. Dikatakan pula bahwa mekanisme kerja dari probiotik ini adalah melalui perlindungan tubuh larva sehingga bakteri *Vibrio harveyi* tidak mampu melekatkan diri melekatkan diri ke tubuh udang. Selain mampu menghambat bakteri lain, ternyata bakteri tertentu juga mampu menghambat virus patogen ikan dan udang (Maeda, 1999). Bakteri strain VKM-124, *Pseudoalteromonas undina*, merupakan bakteri penghambat *vibrio* dan secara luas digunakan pada akuakultur, ternyata mampu menekan munculnya serangan *Baculo-like viruses* dan *Irido virus* penyebab kerusakan epitel udang, *Penaeus undina*. Dilaporkan pula oleh Vaseeharan & Ramasamy (2003), bahwa ekstrak sel *Bacillus subtilis* BT23 berpotensi sebagai agen biokontrol patogen *Vibrio harveyi*, penyebab penyakit *black gill disease*, yang diisolasi dari lingkungan budidaya udang windu (*Penaeus monodon*). Pengembangan sistem air plankton (green water) pada unit pembenihan udang windu juga dapat menekan populasi *V. harveyi* (Huervana *et al.*, 2006).

Pakan Alami

Salah satu kebutuhan larva yang harus tertangani secara maksimal adalah penyediaan pakan alami yang sesuai baik nilai gizi, ukuran maupun karakter fisik lainnya. Pakan alami merupakan organisme kecil yang memiliki peranan sangat besar dalam mendukung kehidupan larva ikan karena merupakan makanan awal dan sebagai makanan utama. Kandungan gizi pakan alami yang tinggi khususnya asam amino dan enzim menjadikan keberadaannya sangat mutlak diperlukan bagi tumbuh dan berkembang larva. Berdasarkan karakter biologisnya pakan alami dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar, yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton merupakan jasad renik kelompok nabati yang memiliki kemampuan berfotosintesis sehingga disebut sebagai produsen primer perairan, sedangkan zooplankton memegang peranan sebagai konsumen primer, serta larva ikan merupakan konsumen sekunder (Satyani *et al.*, 2000 dalam Pamungkas & Khasani, 2006).

Jenis pakan alami renik yang sudah dikenal luas dan banyak dibudidayakan secara massal di panti-panti benih udang laut adalah: *chlorella*, *an spirulina*, *tetraselmis*, *chaetoceros*, sedangkan jenis pakan alamidengan ukuran lebih besar adalah rotifer (*Brachionus* sp.), Cladocera (*Moina*, *Daphnia*), dan Crustacea (*Artemia*).

Di samping kelompok mikroorganisme tersebut di atas, bakteri kini mulai dimanfaatkan sebagai pakan alami dalam akuakultur. Fenomena menarik mengenai pemanfaatan bakteri sebagai komponen pakan alami

dinyatakan oleh Maeda (1999). Diinformasikan bahwa pada suatu sistem pembenihan yang menggunakan fitoalga sebagai pakan alami utama larva, sintasan benih udang, kepiting, dan ikan tidak berbeda nyata. Namun demikian, ketika spesies bakteri tertentu ditemukan bersama alga tersebut, ternyata tingkat sintasan benih meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, selanjutnya bakteri tersebut dikultur bersama mikroalga sebagai pakan alami bagi larva ikan dan udang. Dalam kasus tersebut, mikroorganisme berperan ganda, baik dalam hal kontrol dominasi mikroorganisme patogen, menjaga kondisi lingkungan budidaya, maupun sebagai pakan alami. Dinyatakan pula oleh Schoyen *et al.* (2005).

Pemanfaatan bakteri sebagai sumber nutrisi juga dikembangkan dalam konsep sistem heterotrof, yaitu memanfaatkan limbah nitrogen dari sisa pakan dan feses ikan, guna memacu perkembangan bakteri heterotrof. Peningkatan C:N rasio air pemeliharaan di atas 10, dengan menambahkan sumber C organik (seperti molase dan tepung), akan mendorong perkembangan bakteri heterotrof yang dikenal dengan *bio-flock* (Avnimelech, 2007). Hal tersebut tidak dapat dihindari karena ikan memanfaatkan hanya 20%-30% nutrisi pakan, sedangkan sisanya dikeluarkan dari tubuh ikan dan umumnya terkumpul dalam air (Brune, 2003). Menurut Craigh & Helfrich (2002), meskipun melalui manajemen yang sangat baik, pakan yang diberikan kepada ikan pasti akan menghasilkan limbah. Dari 100 unit pakan yang diberikan kepada ikan, biasanya sekitar 10% tidak termakan (terbuang), 10%

merupakan limbah padatan (*solid waste*), dan 30% merupakan limbah cair (*liquid waste*) yang dihasilkan oleh ikan.

Peningkatan Mutu Pakan

Pakan merupakan komponen terbesar dari biaya produksi dalam kegiatan budidaya perikanan, mencapai 60%-70%. Permintaan pakan terus meningkat seiring pesatnya perkembangan kegiatan budidaya perikanan. Kondisi tersebut menyebabkan harga pakan juga meningkat, dikarenakan ketersediaan bahan baku sumber protein, seperti tepung ikan berfluktuasi dan masih harus diimpor (Ginting & Krisnan, 2006). Hal tersebut mendorong para pembudidaya dan perusahaan pakan skala kecil untuk mencari bahan baku pakan alternatif pengganti tepung ikan dan bungkil kedelai, yang tersedia secara lokal, jumlahnya berlimpah dan terjaga kontinuitasnya. Beberapa bahan baku pakan lokal yang mempunyai potensi sebagai bahan baku pakan alternatif adalah yang berasal dari limbah industri pertanian seperti bungkil kelapa sawit, onggok singkong (Hadadi *et al.*, 2007) dan limbah peternakan seperti isi rumen (Wizna *et al.*, 2008).

Fermentasi merupakan proses pemecahan senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan mikroorganisme. Fermentasi pakan mampu mengurai senyawa kompleks menjadi sederhana sehingga siap digunakan larva, dan sejumlah mikro-organisme diketahui mampu mensintesis vitamin dan asam-asam amino tertentu yang dibutuhkan oleh larva hewan akuatik. Supriyati *et al.* (1999) menyatakan bahwa pada proses fermentasi terjadi reaksi di

mana senyawa kompleks diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan membebaskan molekul air. Fermentasi dengan menggunakan kapang memungkinkan terjadinya perombakan komponen bahan yang sulit dicerna menjadi lebih mudah dicerna, sehingga nilai nutrisinya meningkat. 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 proteindan kadar peptida berukuran kecil serta menghilangkan penghambat tripsin (Irianto, 2003). Lebih lanjut dinyatakan bahwa fermentasi juga berfungsi sebagai salah satu cara pengolahan dalam rangka pengawetan bahan dan cara untuk mengurangi bahkan menghilangkan zat racun yang dikandung suatu bahan. Berbagai jenis mikroorganisme mempunyai kemampuan untuk mengkonversikan pati menjadi protein dengan penambahan nitrogen anorganik melalui fermentasi.

Potensi besar mikroorganisme yang kini semakin disadari adalah fenomena sistem pencernaan pada organisme ruminansia yang melibatkan konsorsium mikroorganisme. Hardiyanto (2001) menyatakan bahwa isi rumen, dengan kandungan mikroorganisme penghasil enzim pencernaan, berpotensi sebagai *feed additive*. Isi rumen sapi mengandung 8,45% protein kasar; 1,23% lemak kasar; dan 33,53% serat kasar. Dinyatakan oleh Wizna *etal.* (2008) bahwa nilai nutrisi sagu dapat ditingkatkan melalui pencampuran isi

rumen dalam bahan tersebut. Mikroorganisme, mikroflora isi rumen, menghasilkan enzim dan berperan dalam proses fermentasi sehingga ikatan polisakarida terurai menjadi senyawa lebih sederhana dan lebih mudah dicerna oleh ikan.

Fermentasi pada limbah singkong dengan menggunakan *Bacillus amyloliquefaciens* sebagai inokulum dapat meningkatkan kandungan protein kasar hingga 360% dan mengurangi kandungan serat kasar hingga 32% (Wizna *etal.*, 2005b).

PENUTUP

Pemanfaatan potensi bioteknologi berbasis mikroorganisme semakin nyata perannya dalam menunjang keberhasilan budidaya perikanan di kalangan masyarakat luas tekhususnya masyarakat nelayan. Potensi mikroorganisme mereduksi limbah budidaya menjadi senyawa yang aman bagi ikan yang akan pelihara dan lingkungan semakin prospektif untuk dikembangkan seiring kesadaran budidaya ramah lingkungan dan berkelanjutan. Teknologi pemanfaatan limbah pertanian yang cukup melimpah melalui fermentasi juga membuka harapan dalam mengatasi harga sumber protein pakan yang mahal dan masih merupakan bahan impor.

DAFTAR PUSTAKA

- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140–147.
- Akbar. 2003. *Efisiensi nitrifikasi dalam sistem biofiltersub-*

- merged bed, trickling filter, dan fluidized bed*.
Skripsi Departemen Biologi
Institut Teknologi Bandung,
Bandung: xiv + 67 pp.
- Darsono prapto.1999. Pemanfaatan Sumber Daya Laut Dan Implikasinya Bagi Masyarakat Nelayan, Oseana, Volume XXIV, Nomor 4, 1999 : 1 – 9. LIPI. Jakarta.
- Hadadi, A., Herry, Setyorini, Surahman, A., & Ridwan, E. 2007. Pemanfaatan limbah sawit untuk bahan pakan ikan. *J. Budidaya Air Tawar*, 4(1): 11–18.
- Irianto, A. 2005. Patologi ikan teleostei. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 243 hlm.
- Isnansetyo, A. 2005. Bakteri antagonis sebagai probiotik untuk pengendalian hayati pada akuakultur. *J.Perikanan*, 7(1): 1–10.
- Laelasari & Purwadaria, T. 2004. Pengkajian nilai gizi hasil fermentasi mutan *Aspergillus niger* pada substrat bungkil kelapa dan bungkil inti sawit. *Biodiversitas*, 5(2): 48– 51.
- Maeda, 1999. Note: Detailed information and references are available in the book of Maeda (1999); Microbial Processes in Aquaculture. The scientists who would like to read this book can obtain it by writing to JIRCAS. *Natl. Res. Inst. Aquaculture*, 102 pp.
- Murdjani, M. 2004. Problem solving penyakit di pembenihan udang. *Buku Panduan. Seminar Nasional Udang I. Temu Nasional I. Masyarakat Akuakultur Indo-nesia*. Jakarta, 11 pp.
- Suprpto, H. 2005. Penelitian pendahuluan penggunaan *Bacillus* sp. sebagai probiotik untuk mengurangi jumlah bakteri *Vibrio* sp. pada hepatopankreas dan air pemeliharaan udang windu (*Penaeus monodon*). *J.Perikanan*, 7(1): 54–59.
- Titah, H.S. & Slamet, A. 2004. Studi penurunan nitrogen amonia bekas tambak udang intensif dengan menggunakan *roughing biofilter horisontal*. *J. Purifikasi*, 5(1): 25–30.
- Untung, K. 1995. Dasar ekonomi pengelolaan penyakit tanaman terpadu. Risalah Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah PFI, 6–8 Septembar 1993. Yogyakarta, 49–64.
- Waluyo, L. 2005. Mikrobiologi Lingkungan. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang, 381 hlm.
- Wizna, Abbas, H., Rizal, Y., Kompiang, I.P., & Dharma, A. 2005b. The potential of cellulolytic bacteria *Bacillus* sp. from forest litter in improving the quality of cassava waste as feed and its applications toward improving the productivity of poultry. HB XIII project research report. Faculty of Animal Husbandry, Andalas University, Padang.
- Yusriadi. 1997. *Pengaruh Pemberian Mikroorganisme Antagonis terhadap Perkembangan Penyakit Layu Bakteri*

(Pseudomonas solanacearum)
pada tanaman Kacang tanah.
Tesis. Program Pascasarjana
IPB.

Zonneveld, N.Z.A., Huisman, E.A.,
& Bonn, J.H. 1991. Prinsip-
prinsip Budidaya Ikan. PT
Gramedia Pustaka Utama,
Jakarta, 318 hlm.