

## **Peningkatan efisiensi pakan dan konversi limbah budidaya ikan menjadi produk ekonomis**

### **Feed efficiency improvement and aquaculture waste conversion to economically valuable product**

**Enang Harris**

*Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB Darmaga Bogor 16680*

#### **ABSTRACT**

Fish farmer cannot reduce feed price, however they can reduce feed cost for fish producing. Feed cost is highly determined by feeding rate (FR); whether in maximum FR or restricted FR, and dissolved oxygen level in water. The present paper reviews a detail explanation concerning both factors on feed efficiency. Amongst other water quality parameters, oxygen is the most important factor and therefore must be closely monitored. Moreover, dissolved oxygen cannot be detected only by visual observation. Biofloc technology and PAS (*partitioned aquaculture system*) can change waste into bacteria and phytoplankton biomass which can be further utilized as fish feed. The major difference between these systems is in the oxygen requirement. This paper also presents some experiment results and preliminary applications in field scale that have been performed in Indonesia.

Keywords: feeding rate, oxygen, feed efficiency.

#### **ABSTRAK**

Pembudidaya ikan tidak bisa menurunkan harga pakan, tetapi dapat menurunkan biaya pakan untuk memproduksi ikan. Biaya pakan sangat ditentukan oleh *feeding rate* (FR); apakah "maksimum FR" atau "restricted FR", dan oksigen terlarut dalam air. Dalam artikel ini diuraikan secara rinci mengenai pengaruh kedua faktor tersebut terhadap efisiensi pakan. Oksigen merupakan faktor yang paling penting di antara kualitas air, oleh karena itu kadar oksigen terlarut harus diukur. Oksigen terlarut tidak dapat dideteksi dengan panca indera manusia. Teknologi biofloc dan PAS (*partitioned aquaculture system*) mampu mengubah limbah jadi bakteri dan fitoplankton yang siap untuk menjadi makanan ikan. Perbedaannya antara kedua sistem terletak pada kebutuhan oksigen. Artikel ini juga memuat hasil percobaan dan praktik rintisan skala lapangan yang telah dilaksanakan di Indonesia.

Kata kunci: *feeding rate*, oksigen, efisiensi pakan.

#### **PENDAHULUAN**

Harga pakan mahal adalah relatif, pakan yang mahal terutama dirasakan oleh pembudidaya ikan yang harga per kg ikannya tidak seberapa berbeda dengan harga pakannya. Hal ini tentu lain lagi kalau bicara pakan ikan yang harganya mahal seperti kerapu bebek. Penyebab tingginya harga pakan ditingkat produsen telah banyak dibahas; mulai dari bahan baku (asalnya, perkembangan harga, dan lain-lain), formulasinya sampai pada diperlukannya bahan tambahan agar pakan/pelet berbau tepung ikan yang tajam dan berwarna coklat. Pakan

pelet yang berbau tepung ikan yang menyengat merupakan indikator yang sampai saat ini diyakini banyak pembudidaya ikan sebagai ciri pakan berkualitas baik. Penyebab lain tingginya harga pakan di Indonesia diduga akibat panjangnya rantai tata niaga. Hal seperti ini dapat dimaklumi karena sebagian besar industri pakan berada di sekitar kota-kota besar terutama di Pulau Jawa dan Sumatera, sementara pembudidaya ikan menyebar di seluruh kepulauan Indonesia. Hal tersebut telah dibahas oleh Gabungan Pengusaha Makanan Ternak (GPMT). Dalam artikel ini dibahas efisiensi penggunaan pakan sebagai bahan baku

proses produksi ikan. Huisman (1987) mengibaratkan ikan sebagai mesin pengkonversi bahan bakar dan oksigen menjadi limbah dan kinerja untuk pertumbuhan, reproduksi (Gambar 1).

Makna pernyataan tersebut sangat mendasar, paling sedikit ada 2 bagian besar. Pertama adalah kalau ikan makan, maka jadi limbah adalah suatu kepastian; tetapi belum tentu menjadi kinerja. Kedua: besarnya porsi makanan yang akan menjadi limbah atau yang akan menjadi kinerja tergantung pada tiga faktor yaitu makanan, lingkungan, dan ikan. Ini memang cerita lama yang sudah jadi pengetahuan umum, yang mungkin, sudah usang. Namun demikian, karena budidaya ikan intensif telah berlangsung hampir 40 tahun, tanpa disadari kita telah meninggalkan prinsip-prinsip yang diungkapkan oleh Huisman, (1987). Dalam artikel ini dibahas fakta-fakta yang menunjukkan bahwa budidaya ikan Indonesia telah melanggar prinsip-prinsip, sehingga penggunaan "bahan bakar" (pakan) dan upaya-upaya untuk memperbaikinya menjadi tidak efisien.

### 1. Jumlah pakan yang diberikan ("feeding rate").

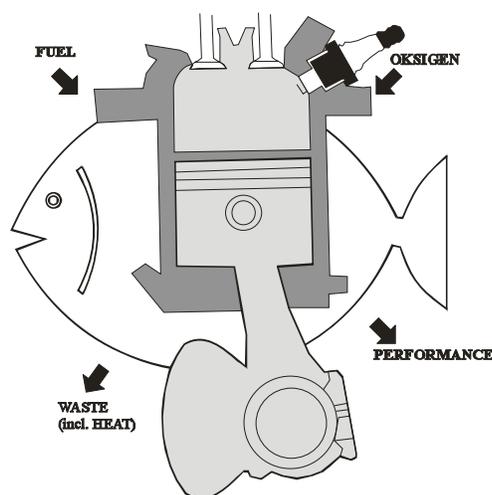
Telah dinyatakan di atas bahwa setiap mahluk hidup termasuk ikan, biarpun tidak makan pasti mengeluarkan limbah, apalagi kalau makan; karena energi diperlukan untuk mempertahankan hidup. Oleh karena itu, kalau ikan tidak makan, maka badan sendiri

yang dibakar, dan akibatnya adalah ikan menjadi kurus atau pertumbuhan menjadi negatif. Akan tetapi, karena tidak ada kegiatan budidaya ikan yang memiliki program melangsingkan tubuh, maka kinerjanya dianggap tidak ada. Namun demikian, limbahnya nyata; amoniak, karbondioksida, air dan sedikit urin sebagai hasil perombakan/katabolisme protein, lemak dan karbohidrat tubuh ikan. Huisman (1987) menyatakan jumlah pakan yang diberikan per hari ("feeding rate" atau FR) biasa dinyatakan sebagai persen bobot badan per hari (% BB per hari), sedangkan kinerja adalah laju pertumbuhan spesifik ( $\alpha$ ) dengan rumus:

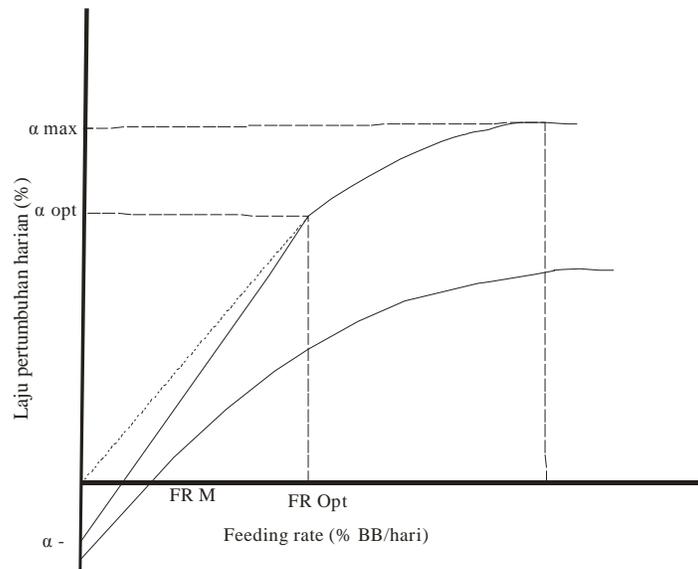
$$\left[ \alpha = \left\{ \left( \frac{wt}{wo} \right)^{1/t} - 1 \right\} \times 100\% \right]$$

dimana wt: bobot ikan pada akhir masa budidaya, t: masa budidaya dalam hari, dan wo: bobot ikan awal.

Berdasar pernyataan tersebut di atas, maka bila ikan tidak diberi makan atau FR= 0, maka  $\alpha$ -nya menjadi negatif. Selanjutnya, bila ikan diberi makan sampai FR tertentu, maka ikan dapat hidup, dan mempertahankan bobot tubuhnya, atau  $\alpha=0$ , dan itu berarti tingkat FR tersebut merupakan "maintenance level". Apabila FR terus ditingkatkan sampai dengan ikan tidak mau makan lagi, maka itu berarti FR maksimum (FR M) yang akan memberikan pertumbuhan, atau  $\alpha$  maksimum (Gambar 2).



Gambar 1. Skema "mesin" ikan dalam mengkonversi bahan bakar (pakan), dan oksigen menjadi limbah dan kinerja (dimodifikasi dari Huisman, 1987).



Gambar 2. Hubungan antara "feeding rate" (FR) dan laju pertumbuhan spesifik ( $\alpha$ ) pada dua kondisi lingkungan berbeda.

Bagaimana dengan konversi pakannya? Konversi pakan (FCR) yang paling baik (paling kecil) atau efisiensi pakan paling tinggi terletak pada FR optimum (FR Opt) yang menghasilkan pertumbuhan optimum. Jadi FR optimum bukan dicapai pada pertumbuhan maksimum.

Di Indonesia, pada awal budidaya intensif (akhir tahun 70-an sampai awal 90-an) kebanyakan pembudidaya melaksanakan "restricted feeding rate" (2-3% BB per hari), yang disesuaikan setiap 10-14 hari sekali sesuai dengan pertumbuhan ikan, masa budidayanya 3-4 bulan. Contohnya: 250 kg ikan mas (@ 100 g) dibudidaya selama 105 hari, diberi pakan 2,0% BB per hari, menghabiskan 1.125 kg pakan, dan ikan dipanen sebanyak 1.000 kg ikan mas (@ 400 g). Laju pertumbuhan spesifiknya adalah 1,33% BB per hari, dan FCR-nya 1,5. Keadaan tersebut berbeda sekali dengan cara budidaya intensif era tahun 90-an sampai tahun 2000-an awal, di mana dikenal cara pemberian pakan "sistem pompa" atau FR maksimum. Pembudidaya ikan di karamba jaring apung (KJA) bahkan mengenalnya sebagai "budidaya akan rugi kalau selama 60 hari tidak bisa menghabiskan 2 ton pakan". Contohnya: 241 kg ikan mas (@ 50 g) dibudidaya selama 50 hari, menghabiskan

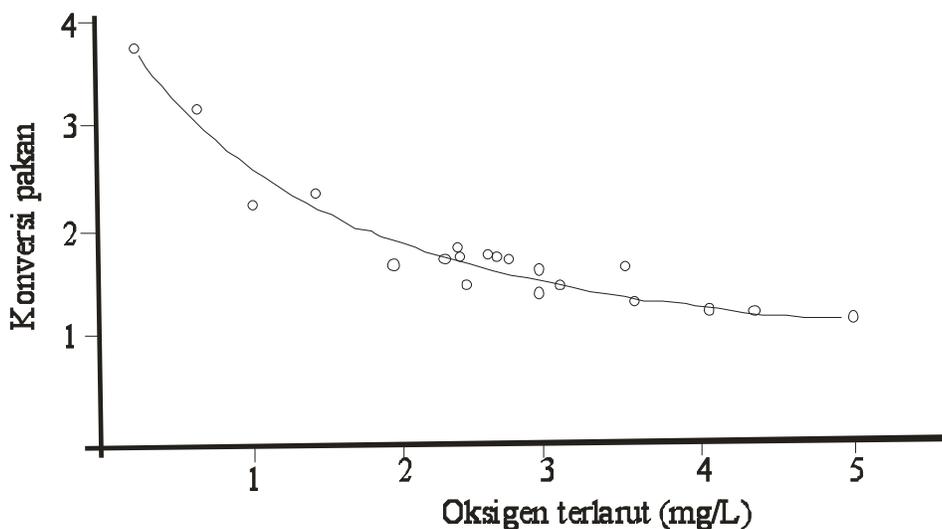
pakan 2.000 kg, dan ikan dipanen sebanyak 1.352 kg ikan mas (@ 300 g). Nilai FR-nya adalah 6,3% BB per hari, dan laju pertumbuhan spesifik meningkat menjadi 3,55% BB per hari, tetapi FCR-nya juga meningkat menjadi 1,8. Kalkulasi ekonominya "sistem pompa" memang bisa lebih menguntungkan dibandingkan dengan cara budidaya dengan "restricted feeding rate"; selama biaya kenaikan FCR lebih kecil daripada perubahan biaya tenaga kerja dari 50 hari ke 105 hari. Keuntungan lainnya adalah frekuensi budidaya meningkat menjadi 6-7 kali per tahun, sedangkan pada sistem "restricted FR" hanya 3 kali per tahun. Namun demikian, apa yang akan terjadi kalau semua pembudidaya melaksanakan FR maksimum. Selanjutnya, benarkah "supply" benih tersedia untuk 6-7 kali budidaya per tahun, dan apakah pasar masih dapat menyerap produksi budidaya 6-7 kali per tahun? Jawabannya sudah jelas "over supply". Itu dicirikan dengan adanya produksi yang naik, tetapi harga ikan cenderung tetap, padahal biaya produksinya meningkat. Dampak yang nyata dari penerapan metode FR maksimum, pada awal tidak dirasakan tetapi disadari kemudian, adalah kerusakan lingkungan atau memburuknya kualitas air.

## 2. Oksigen.

Huisman (1987) menyatakan bahwa syarat mesin kehidupan adalah bahan bakar dan oksigen. Jadi, oksigen terlarut di air adalah mutlak bagi ikan. Kadar oksigen terlarut di daerah tropis paling tinggi 6,5 mg/l air laut, dan 8,2 mg/l air tawar, dan itulah yang akan memasok kebutuhan hidup ikan. Sementara itu, kondisi lebih nyaman bagi ayam yang dapat mengambil oksigen dari udara yang mengandung 300 mg/l udara (Wedemeyer *et al.*, 1996). Ikan tropis, contohnya ikan mas membutuhkan 100-230 mg O<sub>2</sub> per kg ikan per jam. Oksigen tersebut diperoleh dengan cara difusi pasif, bila O<sub>2</sub> air tinggi, dan difusi aktif bila O<sub>2</sub> air rendah, dan itu terjadi bila air mengalir melalui lamela insang. Selanjutnya dikemukakan bahwa kemampuan ikan untuk menggerakkan mulut dan mengalirkan air melalui insang ("ventilation rate") adalah terbatas, umumnya 40-60 kali per menit. Sementara itu, Randall dan Daxboeck (1984) menyatakan bahwa oksigen dalam air tersebut diserap insang secara berbeda-beda; pada ikan trout 30-40%, ikan tuna 70%, dan ikan mas 70-80%. Jadi, bila kadar oksigen 7 mg/L, maka sekitar 5,5 mg/l bisa diserap darah dari air yang mengalir dari mulut melalui insang sebanyak 20-30 liter/kg ikan/jam. Bila kadar oksigennya 3 mg/l,

maka ikan harus mengalirkan air sebanyak lebih dari 50 liter/kg/jam, dan hampir tidak mungkin dengan "ventilation rate" 40-60 kali. Akibatnya adalah ikan akan kekurangan oksigen, dan kekurangan tersebut ("oxygen debt") akan dibayar pada saat oksigen air tinggi. Meske (1985) telah membuktikan bahwa ikan mas yang dibudidaya dalam kondisi O<sub>2</sub> jenuh selama 154 hari (3.696 jam) tumbuh 1,5 kali lebih cepat, dan FCR-nya 1,6 kali lebih kecil daripada ikan yang dibudidaya di air dengan oksigen naik turun (2.739 jam jenuh, dan 957 jam 50% jenuh). Huisman (1987) mempertegas lagi bahwa ikan yang sama diberi pakan yang sama dalam kondisi oksigen air yang berbeda akan menghasilkan FCR yang berbeda. FCR terkecil akan dicapai pada kadar oksigen mendekati 100% jenuh atau lebih (Gambar 3).

Gambaran hubungan antara O<sub>2</sub> dengan tingkat konversi pakan pada Gambar 3 tersebut sama seperti apa yang terjadi di KJA Waduk Cirata (Tabel 1). Data kandungan oksigen terlarut pada malam hari tahun 1996 (Harris & Supriyadi, 1996) relatif sama dengan data oksigen di siang hari pada tahun 2005 (Maskur, 2005). Sejalan dengan menurunnya kadar O<sub>2</sub> dalam air, maka efisiensi pakan juga menurun (Tabel 1).



Gambar 3. Hubungan antara kadar oksigen dalam air dengan tingkat konversi pakan (Huisman, 1987).

Tabel 1. Kandungan O<sub>2</sub> terlarut di KJA Waduk Cirata tahun 1996 dan tahun 2005, dan rerata nilai konversi pakan (FCR).

Kedalaman (m)	Tahun 1996 (pkl. 21 <sup>00</sup> ) (mg/L)	Tahun 2005 (siang) (mg/L)
0	4,0	5,0
1	3,1	-
2	2,6	2,59
3	2,2	-
4	-	2,22
6	-	1,11
FCR	1,60	1,88

Keterangan: Kandungan oksigen di Waduk Cirata diukur dengan menggunakan DO meter pada beberapa kedalaman.

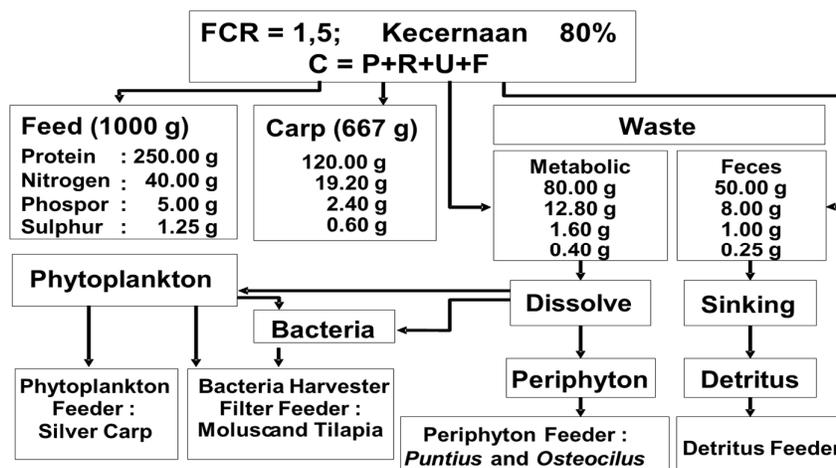
### 3. Limbah dan pemanfaatannya

#### a. Jumlah limbah

Jumlah limbah yang diproduksi oleh kegiatan budidaya intensif sangat ditentukan oleh nilai FCR atau efisiensi pakan (EP). Akan tetapi, penghitungan jumlah limbah berdasarkan FCR atau EP sering salah, karena tidak memperhitungkan kadar air pakan, dan kadar air ikan yang berbeda jauh. Pendekatan yang lebih tepat adalah berdasarkan nilai retensi protein, yaitu berapa protein pakan yang dikonversi menjadi protein daging. Selisih protein pakan dan protein daging ikan adalah limbah dari protein, yang dapat berupa feses dan amoniak. Limbah protein ini dianggap paling penting, karena protein terdiri dari asam amino yang unsurnya berupa C, H, O, N, S, dan P, sehingga berpotensi menjadi

berbagai racun berbahaya bagi kehidupan ikan, dan berpeluang juga jadi protein baru yang bermanfaat buat kehidupan ikan. Gambaran tentang berapa besarnya limbah budidaya ikan mas yang diberi pakan berkadar protein 25%, dan menghasilkan FCR 1,5 disajikan dalam Gambar 4.

Seperti telah dikemukakan dalam butir 2 dan 3, FCR, EP dan retensi pakan tertentu yang dimakan ikan bukanlah suatu nilai yang konstan tetapi ditentukan oleh kualitas pakan, FR, dan kualitas air terutama oksigen dan temperatur. Karena oksigen terlarut di dalam air sangat sulit diduga besarnya tanpa diukur, sementara temperatur mudah dirasakan, maka untuk kondisi budidaya intensif di Indonesia oksigen perlu mendapat perhatian lebih.



Gambar 4. Kemungkinan distribusi nutrisi pakan ikan dengan tingkat konversi pakan 1,5 dan pencernaan 80% (Harris, 2006).

## b. Pemanfaatan limbah

Contoh proses produksi yang sangat efisien adalah proses pengolahan bahan mentah minyak menjadi bensin. *Crude oil* 100% dapat diolah menjadi "gasoline" (bensin) 43%, selanjutnya menjadi "kerosene" (*jet fuel, tractor fuel*) 6%, menjadi "fuel oil" (*diesel fumace oil*) 37%. Sisanya masih bisa diproses lebih lanjut menjadi "lubricant" (*lubriating oil, greaser*) 2%, aspal 4%, dan lain-lain 8% (Guthrie, 1960). Jadi dapat dikatakan bahwa 100% minyak mentah dapat diproses menjadi berbagai bahan jadi yang jumlahnya juga 100%. Pabrik pengolah ikan tuna menjadi "tuna loin" juga memberikan gambaran yang efisien. Ikan tuna diolah menjadi "tuna loin" 58%, dan sisanya menjadi bahan makanan manusia, dan pakan ternak. Sementara itu, udang diolah menjadi udang *head less* beku 65%, dan sisanya menjadi bahan pakan ternak.

Dalam budidaya intensif, baik pada budidaya sapi, budidaya ayam, maupun budidaya ikan pada dasarnya mengkonversi pakan melalui bioproses menjadi produk berupa daging, telur, dan susu, atau daging ikan. Pada pemeliharaan sapi, rumput plus konsentrat dikonversi menjadi daging sapi, dan limbahnya berupa kotoran sapi dapat menjadi pupuk organik. Hal yang sama juga berlaku pada ayam, baik ayam petelur maupun ayam pedaging, selain memperoleh hasil dari penjualan daging dan telur ayam, para peternak juga mendapat tambahan dari hasil penjualan pupuk kotoran ayam. Pada budidaya ikan intensif umumnya 1,5-2,0 kg pakan menjadi 1 kg udang atau ikan. Limbahnya belum banyak diperhatikan secara ekonomi, yang jelas belum pernah ada berita petani ikan menjual kotoran ikan. Jadi pada budidaya ikan intensif, limbah budidaya sementara ini dianggap benar-benar limbah, belum dianggap mempunyai nilai ekonomi padahal jumlahnya lebih besar dari porsi pakan yang dikonversi menjadi daging ikan. Limbah budidaya tanpa terasa telah menjadi ancaman terbesar bagi keberlanjutan budidaya udang intensif, budidaya KJA di waduk, dan budidaya KJA di teluk.

Sudah sejak lama upaya-upaya untuk menghilangkan dampak negatif dari limbah ini (khususnya amoniak) diteliti terutama

dalam sistem resirkulasi. Dalam sistem resirkulasi air limbah budidaya yang mengandung amoniak tinggi diubah melalui proses nitrifikasi menjadi air yang mengandung nitrit, dan selanjutnya nitrat yang relatif tidak beracun.

Kelemahan sistem resirkulasi antara lain adanya filter yang terpisah dari wadah budidayanya. Upaya lanjut adalah mengubah N-anorganik ( $\text{NH}_4$ ) menjadi N-organik (bakteri heterotrof) yang prosesnya berlangsung dalam wadah budidaya yang dikenal dan dikembangkan terus sampai sekarang, yakni teknologi "biofloc". Biofloc merupakan gabungan dari bakteri heterotrof, algae, protozoa, detritus, dan partikel organik yang mati, dianggap sebagai suatu ekosistem yang unik yang kaya bahan-bahan dan tersuspensi dalam air (Avnimelech, 2009). Mekanisme penghilangan amoniak menjadi biofloc dijelaskan Montoya dan Velesco (2000) seperti disajikan dalam Gambar 5.

Selain menghilangkan amoniak, biofloc ini ternyata dapat dimanfaatkan sebagai makanan bagi ikan atau udang yang dapat memfilter biofloc yang berukuran 0,1-3,0 mm seperti ikan nila, udang vaname, ikan mola, dan ikan belanak (Avnimelech, 2009). Kelemahan dari teknologi biofloc ini antara lain adalah adanya kebutuhan oksigen yang sangat banyak. Setiap 1 g N- $\text{NH}_4$  memerlukan 4,71 g  $\text{O}_2$ , 3,57 g alkalinitas (6,07 g C anorganik), 15,17 g karbohidrat (6,07 g C-organik) untuk menjadi 8,07 g bakteri (4,29 g C-organik) dan 9,65 g  $\text{CO}_2$  (2,63 g C-anorganik). Jadi pantaslah tambak udang yang memulai teknologi biofloc ini menggunakan "paddle wheel"/kincir 30-50 buah bahkan lebih untuk setiap hektar. Cara yang lebih moderat dikemukakan oleh Brune *et al.* (2003) dengan teknologi PAS atau "partitioned aquaculture system", yaitu suatu sistem yang mengintegrasikan teknik intensifikasi mikrobial (mikroba dan algae) berdasar kondisi fisik dan kimia media budidaya. Dengan PAS ini pasokan oksigen untuk bakteri heterotrof berasal dari fotosintesis algae dan *blooming* algae dihindari dengan memperpendek umur algae dari 20 hari menjadi hanya 3 hari melalui pemangsaan oleh organisme budidaya (contoh: ikan nila). Kunci dari terjadinya

proses ini adalah adanya pengadukan seluruh masa air budidaya secara perlahan dengan menggunakan "paddle wheel" berotasi 1-3 rpm.

Dengan teknologi PAS tersebut berapa bagian limbah yang akan menjadi bakteri, dan berapa bagian yang menjadi algae dapat diprediksi secara kuantitatif dan prediksi tersebut hasilnya sama dengan fakta hasil pengukuran pada saat sistemnya dioperasikan. Pendekatan untuk memprediksi bakteri dan algae adalah sebagai berikut:

1. Limbah budidaya berupa padatan tersuspensi diasumsikan (berdasar data yang dimonitor bertahun-tahun) 36% dari jumlah pakan yang diberikan perhari; dan itu diistilahkan sebagai Biochemical oxygen demand (BOD).
2. Setiap kg BOD dapat diubah menjadi 0,5 kg bakteri *volatile suspended* (VS) yang memiliki umur sel 20 hari, sehingga total bakteri selama 20 hari bisa dihitung.
3. VS mengandung C/N= 4,3/1 mg/mg; VS mengandung 53% C dan 11,6 % N sehingga setiap g N berada dalam 8,6 g VS atau setiap 8,6 g VS mengandung 1 g N.
4. Jumlah algae maksimum dihitung berdasar N pakan yang diekskresikan (untuk ikan 75%; udang 90%) dikali dengan 11,4 (karena setiap g N berada dalam 11,4 g VS (11,4 g VS/g N) dikali 20 hari (umur sel).
5. Jumlah algae minimum dihitung berdasar banyaknya N pada butir 4 dikurangi N yang jadi bakteri heterotrof (butir 1, 2 dan 3).

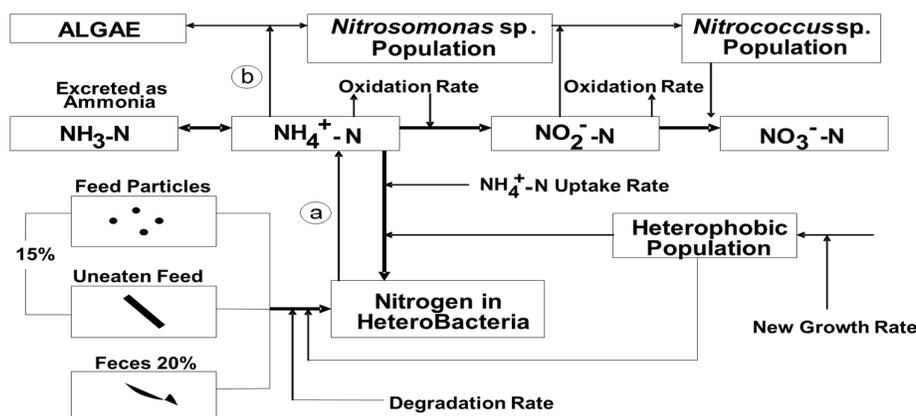
6. Bila dimasukkan ikan pemakan bakteri dan algae (seperti ikan nila), maka umur sel akan berkurang dari 20 hari menjadi sekitar 2-4 hari, sehingga fitoplankton stabil (tidak mengalami *blooming*), dan N yang diekskresikan menurun dari 75 atau 90% menjadi 15%.

Kegiatan rintisan skala lapangan sudah dimulai, contohnya:

- Penebaran benih ikan bandeng 2 tahun berturut-turut; 2009 dan 2010 di Waduk Jatiluhur oleh DJPB-KKP, yang telah memberi indikasi keberhasilan di mana nelayan sudah mulai terpanggil untuk ikut bertanggung jawab.
- Penebaran benih-benih ikan nilam, ikan tawes, ikan tambakan, ikan mola dan lain-lain di Waduk Cirata sudah dilakukan, tetapi lebih berhasil di Jatiluhur.
- Penggunaan teripang untuk membersihkan limbah budidaya ikan kerapu di BBL Ambon dan cara ini juga telah diintroduksikan ke KJA di Pulau Bintan.
- Beberapa percobaan budidaya berbasis trophic level di Jambi juga sudah dimulai.

Capaian di atas disebut sebagai rintisan karena saya anggap yang penting dimulai dulu, tetapi harus terus agar penyempurnaan berdasar perhitungan besarnya limbah dan pemakan limbah secara bertahap juga bisa dipahami oleh para *stakeholder*.

Beberapa percobaan yang dilakukan di Indonesia berdasar perhitungan di atas, disajikan dalam Tabel 2.



Gambar 5. Mekanisme pembentukan bakteri heterotrof di tambak udang (Montoya dan Velasco, 2000).

Tabel 2. Pemanfaatan limbah budidaya ikan secara intensif.

Komponen	Mujiono 2006)*	Rachmawati (2006)**	Rohmana (2009)***
<b>A. Komoditas lele</b>			
Ukuran bak <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> )	2 x 3x 0,7	2 x 3x 0,7	1,5 x 1 x 1
Komoditas	lele	lele	lele
Padat tebar (ekor/m <sup>2</sup> )	100	100	100
Masa budidaya	40	40	49
Bobot awal (g)	2.220	8.034	1.530
Bobot akhir (g)	16.796	32.443	13.340
Kenaikan bobot (g)	14.576	24.409	11.810
Pakan (g)	20.150	25.267	9.760
Efisiensi pakan (%)	72,3	96,6	121,0
Limbah dikonversi menjadi:	Fitoplankton	Biofloc	Biofloc
<b>B. Komoditas nila dan udang galah</b>			
Ukuran bak (m <sup>3</sup> )	2 x 3x 0,7	2 x 3x 0,7	5 x 3x 1,5
Komoditas	Ikan nila	Ikan nila	udang galah
Padat tebar (ekor/m <sup>2</sup> )	100	125	20
Masa budidaya	40	40	49
Bobot awal (g)	3000	3023	320
Bobot akhir (g)	7834	6375	980
Kenaikan bobot (g)	4834	3352	660
Pakan (g)	0	0	0
Efisiensi pakan gabungan (%)	96,3	109,9	127,8

\* Limbah + Urea 63 g / bak + TSP 63 g / bak + stock kultur fitoplankton (10 l); bak ikan nila dan bak ikan lele terpisah.

\*\* Limbah + terigu 0,396 (pakan) + aerasi 1 titik/bak + *Bacillus* sp 20 ppm (1x); bak ikan nila dan bak ikan lele terpisah.

\*\*\* Limbah + molase 72 % (pakan) + aerasi 8 titik + silikat 7 hari @ 1 g/m<sup>3</sup> + *Bacillus* sp. 20 ppm (1x).

<sup>1</sup> Bak ikan lele berbentuk keramba apung di dalam bak udang galah.

## KESIMPULAN

- Pembudidaya ikan tidak bisa menurunkan harga pakan, tetapi dapat menurunkan biaya pakan untuk memproduksi ikan.
- Biaya pakan sangat ditentukan oleh cara pemberian pakan, dan oksigen terlarut dalam air budidaya.
- Teknologi untuk mengkonversi limbah budidaya menjadi bakteri, dan fitoplankton telah tersedia, yakni teknologi *biofloc* dan *partitioned aquaculture system*.
- Teknologi *biofloc* memerlukan oksigen yang cukup besar, sehingga sulit diterapkan pada komoditas yang harganya relatif murah. Teknologi PAS mungkin lebih baik karena oksigen dipasok dari

fitoplankton dan eutrofikasi dan kematian masal dicegah oleh adanya pengurangan umur sel sebagai akibat pemangsaan oleh ikan.

- Rintisan pemanfaatan limbah untuk makanan ikan telah dilaksanakan di Indonesia dan perlu terus ditumbuhkembangkan.

## SARAN

### A) Untuk pembudidaya/pengguna pakan.

Pembudidaya diharapkan mendapatkan keuntungan yang lebih besar dan berkelanjutan dari usaha budidayanya melalui peningkatan efisiensi pakan dan menggunakan limbah untuk bahan baku

produk lainnya (ikan, kekerangan moluska, udang, tanaman, dan lain-lain).

- Tiga cara dapat ditempuh, yaitu:

- a1) Jangan menggunakan teknik maksimum FR, tapi gunakan "restricted FR" atau cara pemberian pakan yang dibatasi berdasar persentase BB per hari.
- a2) Mulailah secara berangsur melaksanakan "knowledge based aquaculture" dengan memahami dampak kualitas air khususnya oksigen terlarut terhadap efisiensi pakan (EP) atau konversi pakan (FCR).
- a3) Jangan biarkan limbah budidaya menjadi pengganggu budidaya, dan menjadi merusak lingkungan, tetapi jadikanlah limbah sebagai sumber penghasilan tambahan. Kita ubah "waste product" menjadi "by product".

#### **B) Untuk pemerintah**

- b1) Kembangkan terus pemahaman kepada pembudidaya (melalui penyuluhan) bahwa limbah budidaya memiliki nilai ekonomi (yang bernilai lebih dari kotoran ayam atau sapi) dan bisa diubah menjadi pakan alami ikan dalam wadah budidaya. Itu merupakan salah satu dari operasionalisasi cara budidaya ikan yang baik (CBIB).
- b2) Pengembangan budidaya seperti minapolitan sebaiknya diarahkan ke sumber daya perairan yang besar yang secara alami memiliki kandungan oksigen yang banyak sekali seperti waduk, sungai, danau dan laut (teluk). Setelah itu, perlu dilakukan penataan ruang yang jelas; zonasi budidaya berbasis pelet, pemakan bakteri + fitoplankton. dan zonasi autotrof atau zona tanaman air termasuk rumput laut di suatu kawasan.
- b3) Pemerintah mesti meneladani pembuktian bahwa limbah budidaya bernilai ekonomi dan bisa dimanfaatkan. Lanjutkan terus penanaman ikan bandeng di Jatiluhur dan kembangkan teknologinya ke Kampung Ikan Lele, Kampung Vanamei, Pulau Seribu, dan Tanjung Putus Lampung melalui pembentukan *pilot project*.

#### **C) Untuk peneliti**

Penelitian diharapkan sinergi dengan program pemerintah sehingga hasilnya dapat langsung menjadi materi penyuluhan atau materi iptekmas. Penelitian dalam kelompok ini antara lain:

- 1) Kajian aspek teknis dan ekonomis efisiensi pakan ikan mas, ikan lele, ikan patin, ikan bandeng, dan udang yang diberikan pada FR optimum, dan FR maksimum pada kondisi oksigen jenuh dan kurang dari 50% jenuh.
- 2) Kajian kemampuan berbagai jenis ikan dalam memanfaatkan bakteri dan fitoplankton sebagai hasil konversi limbah, baik melalui teknologi biofloc maupun PAS.
- 3) Kajian umur (masa hidup) sel bakteri dan fitoplankton pada keadaan tanpa pemangsa dan pengurangan masa hidup sebagai akibat adanya pemangsa pada skala laboratorium.
- 4) Aplikasi hasil butir 3 di lapangan (Waduk Cirata atau Jatiluhur) sehingga umur bakteri dan fitoplankton tersebut dapat dijadikan indikator keseimbangan antara limbah budidaya KJA dengan pemangsanya.
- 5) Upaya pemanfaatan jejaring komunikasi dengan para peneliti PAS di Clemson University SC 29634 USA.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Avnimelech, Y. 2009. *Biofloc Technology- A Practical Guide Book*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 182p.
- Brune, D.E., Schwartz, G., Eversole, A.G., Collier, J.A., Schwedler, T.E. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic system. *Aquaculture Engineering* 28, 65-86.
- Ebeling, J.M. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346-358.
- Guthrie, V.B. 1960. *Petroleum Product Handbook*. 1<sup>st</sup> Edition. Mc Grow Hill Book Company.

- Harris, E., Suprayadi, A. 1996. Effect of light on the oxygen content in carp cage culture in Cirata Lake, West Java. Indonesia. (unpublished).
- Huisman, E.A. 1986. Principles of fish production. Dept of Agrie. University of Wageningen. The Netherland. 100p.
- Maskur. 2005. Kondisi kualitas lingkungan perairan umum di Jawa Barat. BBAT Sukabumi. 5p.
- Meske, Ch. Fish Aquaculture. Technology and Experiments. Pergamon Press N.Y. Toronto. Sidney. Paris. 237p.
- Montoya, R., Velasco, M. 2000. Role of Bacteria on Nutritional and management strategies in aquaculture system. *The Advocate* 3(2), 35-36.
- Mujiono, A. 2008. Pemanfaatan limbah budidaya ikan lele oleh ikan nila melalui pengembangan fitoplankton. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rachmawati, L.M. 2008. Pemanfaatan limbah budidaya ikan lele oleh ikan nila melalui pengembangan bakteri heterotrof. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Randall, D.J., Daxboeck, C. 1984. Oxygen and carbon dioxide transfer accross fish gills. *Page Fish Physiology* 10, 263-314.
- Rohmana, D. 2009. Konversi limbah budidaya lele menjadi biomasa bakteri heterotroph untuk perbaikan kualitas air dan makanan udang galah. [Thesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Surawidjaja, E.H. 2006. Akuakultur berbasis trophic level: Revitalisasi untuk ketahanan pangan, daya saing ekspor dan kelestarian lingkungan. Orasi Ilmiah IPB. Bogor. 65p.
- Wedemeyer, G.A. 1996. Physiology of fish in intensif culture system. International Thompson Publishing. New York. 232p.