

Teknologi Biotlok: Teori dan Aplikasi dalam Perikanan Budidaya Sistem Intensif

Bioflocs Technology: Theory and Application in Intensive Aquaculture System

J. Ekasari

*Dapartemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Institut Pertanian Bogor*

ABSTRACT

Bioflocs technology (BFT) is one of the developing technology in aquaculture which aimed to improve water quality and to enhance nutrient utilization efficiency. This technology is mainly based on the conversion of inorganic nitrogen in particular ammonia by heterotrophic bacteria into microbial biomass which further can be consumed by aquaculture organisms. The objective of this review is to discuss various aspect of BFT application in aquaculture including bioflocs formation process, technical requirement, bioflocs nutritional content and characterization techniques.

Keywords: bioflocs, nitrogen, heterotrophic bacteria, ammonia, C/N ratio.

ABSTRAK

Teknologi bioflok (BFT) merupakan salah satu teknologi yang saat ini sedang dikembangkan dalam akuakultur yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrient. Teknologi ini didasarkan pada konversi nitrogen anorganik terutama ammonia oleh bakteri heterotrof menjadi biomassa mikroba yang kemudian dapat dikonsumsi oleh organisme budidaya. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk memaparkan berbagai aspek dalam BFT termasuk proses pembentukan biotlok, persyaratan teknis, kandungan nutrisi bioflok dan teknik karakterisasinya.

Kata kunci: bioflok, nitrogen, bakteri heterotrof, ammonia, rasio C/N.

PENDAHULUAN

Dalam The State of Fisheries and Aquaculture 2008, FAO melaporkan bahwa akuakultur merupakan salah satu sektor produksi pangan yang memiliki laju pertumbuhan tertinggi di dunia, mencapai 8,7% per tahun sejak tahun 1970. Kontribusi akuakultur terhadap produksi perikanan dunia juga terus menunjukkan peningkatan, pada tahun 2006 sektor ini telah memberikan kontribusi mencapai 47% dibandingkan tahun 1950 yang hanya 3%. Seiring dengan menurunnya produksi perikanan tangkap maka tidaklah mengherankan jika sektor akuakultur kemudian diharapkan dapat menjadi suplier utama produk-produk perikanan dunia.

Menghadapi peluang ini akuakultur dihadapkan pada beberapa tantangan terutama yang berkaitan dengan sumber daya alam. Terbatasnya sumber daya alam seperti air dan lahan, menjadikan intensifikasi sebagai pilihan yang paling memungkinkan dalam meningkatkan produksi budidaya. Berbagai upaya untuk mengembangkan perikanan budidaya terutama sistem intensif hingga kini masih terus dilakukan mengingat sistem ini masih terkendala oleh berbagai masalah diantaranya buangan limbah akuakultur, penggunaan tepung ikan sebagai bahan baku pakan buatan serta penyebaran penyakit (FAO, 2007). Permasalahan utama dalam akuakultur sistem intensif telah menarik perhatian tidak hanya para pelaku kegiatan akuakultur

tetapi juga para *stakeholder* lainnya seperti para pemerhati lingkungan (Allsopp *et al.*, 2008). Lebih jauh lagi, penerapan *best aquaculture practices* dalam sertifikasi produk akuakultur yang diekspor, mensyaratkan praktek akuakultur yang ramah lingkungan. Sehingga perkembangan teknologi akuakultur saat ini difokuskan pada pemecahan masalah tersebut di atas.

Intensifikasi tentunya membutuhkan lebih banyak input produksi terutama benih dan pakan serta sistem manajemen yang lebih baik. Pada sistem budidaya intensif, keberadaan dan ketergantungan terhadap pakan alami sangat dibatasi, sehingga pakan buatan menjadi satu-satunya sumber makanan bagi organisme yang dipelihara (Tacon, 1987). Organisme akuatik umumnya membutuhkan protein yang cukup tinggi dalam pakannya. Namun demikian organism akuatik hanya dapat meretensi protein sekitar 20 - 25% dan selebihnya akan terakumulasi dalam air (Stickney, 2005). Metabolisme protein oleh organisme akuatik umumnya menghasilkan ammonia sebagai hasil ekskresi. Pada saat yang sama protein dalam feses dan pakan yang tidak termakan akan diuraikan oleh bakteri menjadi produk yang sama. Dengan demikian semakin intensif suatu kegiatan budidaya akan diikuti dengan semakin tingginya konsentrasi senyawa nitrogen terutama ammonia dalam air (Avnimelech, 2007).

Agar tidak membahayakan organisme yang dibudidayakan, maka konsentrasi ammonia dalam media budidaya harus dibatasi. Pergantian air merupakan metoda yang paling umum dalam membatasi konsentrasi ammonia dalam air. Namun demikian metoda ini membutuhkan air dalam jumlah besar serta dapat mencemari lingkungan perairan sekitar jika air yang dibuang tidak diberi perlakuan lebih lanjut. Seiring dengan berkembangnya akuakultur sistem intensif berbagai teknik pengolahan air untuk mengurangi konsentrasi ammonia dalam media budidaya telah dikembangkan salah satunya adalah teknologi bioflok. Artikel ini bertujuan untuk mengulas berbagai aspek dalam teknologi bioflok mulai dari teori hingga aplikasinya dalam kegiatan akuakultur.

Nitrogen dalam sistem akuakultur

Nitrogen dalam sistem akuakultur terutama berasal dari pakan buatan yang biasanya mengandung protein dengan kisaran 13 - 60% (2 - 10% N) tergantung pada kebutuhan dan stadia organisme yang dikultur (Avnimelech & Ritvo, 2003; Gross & Boyd 2000; Stickney, 2005). Dari total protein yang masuk ke dalam sistem budidaya, sebagian akan dikonsumsi oleh organisme budidaya dan sisanya terbuang ke dalam air. Proses metabolisme pakan yang dikonsumsi dalam tubuh organisme budidaya kemudian akan menghasilkan biomasa dan sisa metabolisme berupa urine dan feses. Protein dalam pakan akan dicerna namun hanya 20 - 30% dari total nitrogen dalam pakan dimanfaatkan menjadi biomasa ikan (Brune *et al.*, 2003). Katabolisme protein dalam tubuh organisme akuatik menghasilkan ammonia sebagai hasil akhir dan diekskresikan dalam bentuk ammonia (NH_3) tidak terionisasi melalui insang (Ebeling *et al.*, 2006; Hargreaves, 1998). Pada saat yang sama, bakteri memineralisasi nitrogen organik dalam pakan yang tidak termakan dan feses menjadi ammonia (Gross and Boyd, 2000). Sebagai akibat dari berlangsungnya kedua proses ini, aplikasi pakan berprotein tinggi dalam sistem budidaya akan menghasilkan akumulasi ammonia baik sebagai hasil ekskresi dari organisme yang dikultur maupun hasil mineralisasi bakteri. Dalam air, ammonia berada dalam dua bentuk yaitu ammonia tidak terionisasi (NH_3) dan ammonia terionisasi (NH_4^+). Jumlah total kedua bentuk ammonia ini disebut juga dengan total ammonia nitrogen atau TAN (Ebeling *et al.*, 2006). Konsentrasi relatif dari kedua bentuk ammonia terutama tergantung pada pH, temperatur dan salinitas. Keberadaan ammonia tidak terionisasi di dalam media budidaya sangat dihindari karena bersifat toksik bagi organisme akuatik bahkan pada konsentrasi yang rendah. Stickney (2005) menyatakan bahwa konsentrasi ammonia dalam media budidaya harus lebih rendah dari 0,8 mg/L.

Dalam sistem akuakultur, secara alami terjadi siklus nitrogen dalam air (Gambar 1) dengan input nitrogen paling utama berasal

dari pakan buaian (Crab *et al.*, 2007). Dari sejumlah pakan yang dimasukkan ke kolam, sebagian tidak termakan oleh ikan, sementara pakan yang dikonsumsi sebagian dikonversi menjadi biomassa ikan dan sebagian lagi diekskresikan sebagai ammonia atau dikeluarkan sebagai feses. Pakan yang tidak termakan dan feses akan terdekomposisi oleh bakteri yang diikuti dengan pelepasan ammonia yang kemudian terakumulasi dalam air bersesuaian dengan hasil ekskresi ikan. Melalui peranan bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi yang terdapat dalam air dan sedimen, TAN dalam air kemudian dapat ditransformasi menjadi nitrit, nitrat dan gas nitrogen (Ebeling *et al.*, 2006; Hargreaves, 1998). Selain itu TAN dan nitrat dapat diasimilasi oleh fitoplankton atau tanaman yang terdapat dalam air yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh organisme budidaya yang memang dapat memanfaatkannya. Secara garis besar ketiga proses alami konversi N tersebut dikelompokkan menjadi tiga yaitu konversi secara fotoautotrofik oleh alga dan tanaman air, secara kemoautotrofik melalui oksidasi oleh bakteri nitrifikasi dan immobilisasi secara heterotrofik oleh bakteri heterotrof (Ebeling *et al.*, 2006).

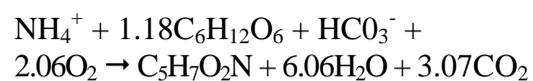
Crab *et al.* (2007) menyatakan bahwa eliminasi kelebihan N terutama ammonia, nitrit dan nitrat dalam sistem budidaya dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu eliminasi N di luar wadah budidaya dan di dalam wadah budidaya. Eliminasi N di luar wadah budidaya dibedakan menjadi beberapa jenis seperti kolam perlakuan (atau reservoir) dan kombinasi bak sedimentasi dan bak nitrifikasi (biofilter). Sementara eliminasi N dalam wadah budidaya dilakukan dengan prinsip utama konversi N oleh bakteri heterotrof dan fitoplankton. Dua metoda eliminasi N dalam media budidaya yang sedang berkembang adalah sistem perifiton dan teknologi bioflok (*Biofloc Technology*, BFT).

Teknologi Bioflok

Teknologi bioflok merupakan salah satu alternatif baru dalam mengatasi masalah kualitas air dalam akuakultur yang diadaptasi dari teknik pengolahan limbah domestik secara konvensional (Avnimelech, 2006; de

Schryver *et al.*, 2008). Prinsip utama yang diterapkan dalam teknologi ini adalah manajemen kualitas air yang didasarkan pada kemampuan bakteri heterotrof untuk memanfaatkan N organik dan anorganik yang terdapat di dalam air.

Pada kondisi C dan N yang seimbang dalam air, bakteri heterotrof yang merupakan akan memanfaatkan N, baik dalam bentuk organik maupun anorganik, yang terdapat dalam air untuk pembentukan biomassa sehingga konsentrasi N dalam air menjadi berkurang (de Schryver *et al.*, 2008). Secara teoritis, pemanfaatan N oleh bakteri heterotrof dalam sistem akuakultur disajikan dalam reaksi kimia berikut (Ebeling *et al.*, 2006):



Dari persamaan tersebut maka dapat diketahui bahwa secara teoritis untuk mengkonversi setiap gram N dalam bentuk ammonia, diperlukan 6,07 g karbon organik dalam bentuk karbohidrat, 0,86 karbon anorganik dalam bentuk alkalinitas dan 4,71 g oksigen terlarut. Dari persamaan ini juga diperoleh bahwa rasio C/N yang diperlukan oleh bakteri heterotrof adalah sekitar 6. Goldman (1987) menyatakan bahwa pada substrat dengan rasio C/N sama dengan atau lebih dari 10, bakteri heterotrof tidak akan meregenerasi ammonia dari hasil kalabolisme bahan organik (asam amino) dan sebaliknya akan memanfaatkannya untuk membentuk sel baru. Sebaliknya, pada rasio C/N yang rendah (<1,5) maka bakteri heterotrof akan melepaskan ammonia ke lingkungannya (Hargreaves, 2006). Avnimelech (1999) menyatakan bahwa untuk aplikasi teknologi bioflok, rasio C/N diupayakan mencapai 10 atau lebih.

Teknologi bioflok, sering disebut juga dengan teknik suspensi aktif (*activated suspension technique*, AST), menggunakan aerasi konstan untuk memungkinkan terjadinya proses dekomposisi secara aerobik dan menjaga flok bakteri berada dalam suspensi (Azim *et al.*, 2007). Dalam sistem ini, bakteri heterotrof yang tumbuh dengan kepadatan yang tinggi berfungsi sebagai bioreaktor

yang mengontrol kualitas air terutama konsentrasi N serta sebagai sumber protein bagi organisme yang dipelihara.

Pembentukan bioflok oleh bakteri terutama bakteri heterotrof secara umum bertujuan untuk meningkatkan pemanfaatan nutrisi, menghindari stress lingkungan dan predasi (Bossier & Verstraete, 1996; de Schryver *et al.*, 2008). Flok bakteri tersusun atas campuran berbagai jenis mikro-organisme (bakteri pembentuk flok, bakteri filamen, fungi), partikel-partikel tersuspensi, berbagai koloid dan polimer organik, berbagai kation dan sel-sel mati (Jorand *et al.*, 1995, Verstraete, *et al.*, 2007; de Schryver *et al.*, 2008) dengan ukuran bervariasi dengan kisaran 100 - 1000 μm (Azim *et al.*, 2007; de Schryver *et al.*, 2008). Selain flok bakteri, berbagai jenis organisme lain juga ditemukan dalam bioflok seperti protozoa, rotifer dan oligochaeta (Azim *et al.*, 2007; Ekasari, 2008). Komposisi organisme dalam flok akan mempengaruhi struktur bioflok dan kandungan nutrisi bioflok (Izquierdo, *et al.*, 2006; Ju *et al.*, 2008). Ju *et al.* (2008) melaporkan bahwa bioflok yang didominasi oleh bakteri dan mikroalga hijau mengandung protein yang lebih tinggi (38 dan 42% protein) daripada bioflok yang didominasi oleh diatom (26%).

Kondisi lingkungan abiotik juga berpengaruh terhadap pembentukan bioflok seperti rasio C/N, pH, temperatur dan kecepatan pengadukan (de Schryver *et al.*, 2008; Van Wyk & Avnimelech, 2007). Sementara menurut de Schryver *et al.* (2008), mekanisme pembentukan flok oleh komunitas bakteri merupakan proses yang kompleks yang merupakan kombinasi berbagai fenomena fisika, kimia dan biologis seperti interaksi permukaan bakteri secara fisik dan kimiawi, dan *quorum sensing* sebagai kontrol biologis.

Aplikasi teknologi bioflok dalam akuakultur

Hingga saat ini teknologi bioflok telah diaplikasikan pada budidaya ikan dan udang seperti nila, *sturgeon*, *snook*, udang putih dan udang windu (Arnold *et al.*, 2009; Avnimelech, 2005, 2007; Burford *et al.*, 2003, 2004; Hari *et al.*, 2004; Serfling, 2006).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa aplikasi teknologi bioflok berperan dalam perbaikan kualitas air, peningkatan biosekuriti, peningkatan produktivitas, peningkatan efisiensi pakan serta penurunan biaya produksi melalui penurunan biaya pakan (Avnimelech, 2007; Crab *et al.*, 2008, 2009; Ekasari, 2008; Hari *et al.*, 2006, Kuhn *et al.*, 2009; Taw, 2005).

Kemampuan bioflok dalam mengontrol konsentrasi ammonia dalam sistem akuakultur secara teoritis maupun aplikasi telah terbukti sangat tinggi. Secara teoritis Ebeling *et al.* (2006) dan Mara (2004) menyatakan bahwa immobilisasi ammonia oleh bakteri heterotrof 40 kali lebih cepat daripada oleh bakteri nitrifikasi. Secara aplikasi de Schryver *et al.* (2009) menemukan bahwa bioflok yang ditumbuhkan dalam bioreaktor dapat mengkonversi N dengan konsentrasi 110 mg NH_4/L hingga 98% dalam sehari. Penelitian ini menunjukkan bahwa bioflok memiliki kapasitas yang besar dalam mengkonversi nitrogen anorganik dalam air, sehingga dapat memperbaiki kualitas air dengan lebih cepat. Hasil-hasil penelitian mengenai aplikasi bioflok dalam kegiatan akuakultur secara langsung juga menunjukkan bahwa kualitas media pemeliharaan, pertumbuhan dan efisiensi pakan udang windu yang dipelihara dengan peningkatan rasio C/N secara signifikan lebih baik daripada kontrol (Hari *et al.* 2004, 2006; Samocha *et al.*, 2007).

Peningkatan efisiensi pakan juga ditunjukkan oleh beberapa penelitian aplikasi bioflok (Azim & Little, 2008; Hari *et al.*, 2004, 2006). Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan bioflok sebagai suplemen pakan telah meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi pakan secara keseluruhan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bioflok dapat dimanfaatkan, baik secara langsung maupun sebagai tepung untuk bahan baku pakan (Azim & Little, 2008; Ekasari, 2008; Kuhn *et al.*, 2008; 2009). Adapun kandungan nutrisi bioflok umumnya beragam pada setiap penelitian (Tabel 1) namun dapat memenuhi kebutuhan organisme akuatik pada umumnya, Craig & Helfrich (2002) menyatakan bahwa pakan ikan sebaiknya mengandung 18 - 50%

protein, 10 - 25% lemak, 15 - 20% karbohidrat, <8,5% abu, dan sejumlah vitamin dan mineral. Penelitian pemanfaatan nitrogen bioflok oleh ikan nila dengan menggunakan isotop N oleh Avnimelech & Kochba (2009) menunjukkan bahwa ikan nila dapat memanfaatkan 240 mg N bioflok/kg ikan atau setara dengan 25% dari protein yang ditambahkan dalam pakan. Dari teknologi bioflok juga telah dikembangkan pembuatan tepung bioflok yang telah diujicobakan pada udang putih (Kuhn *et al.*, 2009). Penelitian ini melaporkan bahwa udang yang diberi substitusi bioflok menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dari kontrol. Taw *et al.* (2008) melaporkan bahwa aplikasi teknologi bioflok di tambak udang di Indonesia yang dikombinasikan dengan panen secara parsial dapat menurunkan biaya produksi hingga 20% dengan FCR kurang dari 1,1. Dalam penelitian ini diperoleh data bahwa biaya yang diperlukan untuk energi yang digunakan untuk aerasi pada budidaya udang dengan kepadatan yang tinggi dengan sistem bioflok dapat dikurangi dengan dilakukannya pemanenan parsial.

Pertumbuhan bioflok dalam sistem akuakultur dipengaruhi oleh faktor kimia, fisika dan biologis dalam air. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk mendorong pembentukan bioflok dalam sistem budidaya diantaranya adalah pergantian air seminimal mungkin hingga mendekati nol, aerasi kuat serta peningkatan rasio C/N (Van Wyk & Avnimelech, 2007). Menurut Van Wyk & Avnimelech (2007) karakteristik sistem bioflok adalah kebutuhan oksigen yang tinggi dan laju produksi biomas bakteri yang tinggi. Oleh karena itu dalam sistem ini diperlukan aerasi dan pengadukan yang kuat untuk menjamin kebutuhan oksigen baik dari organisme budidaya maupun biomas bakteri serta untuk memastikan bahwa bioflok tetap tersuspensi dalam air dan tidak mengendap. intensitas pengadukan dan kandungan oksigen juga mempengaruhi struktur dan komposisi bioflok (de Schryver *et al.*, 2008). Intensitas pengadukan yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi ukuran bioflok sedangkan kandungan oksigen yang terlalu rendah dapat menyebabkan dominasi bakteri filamen pada

bioflok yang akan menyebabkan bioflok cenderung terapung.

Pakan buatan yang digunakan dalam kegiatan akuakultur umumnya mengandung protein yang cukup tinggi dengan kisaran 18 - 50% (Craig & Helfrich, 2002) dengan rasio C/N kurang dari 10 (Azim *et al.*, 2007). Hal ini tentunya berdampak pada keseimbangan rasio C/N dalam media budidaya, sehingga untuk penerapan teknologi bioflok, rasio C/N perlu ditingkatkan lagi. Peningkatan rasio C/N dalam air untuk menstimulasi pertumbuhan bakteri heterotrof dapat dilakukan dengan mengurangi kandungan protein dan meningkatkan kandungan karbohidrat dalam pakan (Azim *et al.*, 2007; Tacon *et al.*, 2004) atau dengan menambahkan sumber karbohidrat secara langsung ke dalam air (Avnimelech, 2007; Samocha *et al.*, 2007). Sumber karbohidrat dapat berupa gula sederhana seperti gula pasir atau molase (Ekasari, 2008; Kuhn *et al.*, 2008, 2009; Samocha *et al.*, 2007), atau bahan-bahan pati seperti tepung tapioka, tepung jagung, tepung terigu dan sorgum (Avnimelech, 1999; Hari *et al.*, 2004; Van Wyk & Avnimelech, 2007).

Penambahan kandungan karbohidrat dalam pakan tentunya akan merubah komposisi pakan secara keseluruhan sehingga diperlukan adanya penyesuaian bahan-bahan tertentu dalam pakan seperti peningkatan kadar vitamin dan mineral. Menurut Avnimelech (1999) jumlah karbohidrat yang ditambahkan untuk mendorong pembentukan bioflok dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Karbohidrat (kg)} = \text{Pakan (kg)} \times \% \text{ N dalam pakan} \times \% \text{ ekskresi N}/0,05$$

Penggunaan sumber karbon juga perlu memperhatikan beberapa faktor diantaranya kecepatan pemanfaatan karbohidrat oleh bakteri, kandungan protein dalam sumber karbohidrat itu sendiri, pencernaan karbohidrat oleh organisme budidaya, serta harga per unit karbohidrat. Sumber karbon juga dapat mempengaruhi kandungan nutrisi bioflok seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1 (Crab *et al.*, 2009; de Schryver *et al.*, 2008; Ekasari, 2008). Selain aerasi dan pengadukan, dan penambahan karbon, pembentukan dan

struktur bioflok juga dipengaruhi oleh faktor kimia, fisika dan biologis lain seperti laju akumulasi bahan organik, temperatur dan pH (de Schryver *et al.*, 2008).

Selain melalui pengamatan visual dan mikroskopik (Gambar 2), pembentukan dan keberadaan bioflok dalam sistem akuakultur dapat diketahui melalui pengukuran beberapa parameter kimia dan fisika air. Parameter kimia yang sering digunakan sebagai indikator utama keberadaan bioflok meliputi *chemical oxygen demand* (COD), atau jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi seluruh bahan organik dalam sampel secara kimiawi, dan *biological oxygen demand* (BOD) atau jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengkonversi bahan organik melalui proses biokimia. Pada akuakultur dengan sistem bioflok, kebutuhan akan oksigen akan meningkat terutama disebabkan oleh tingginya kepadatan bakteri heterotrof di dalam air dan tentunya berpengaruh pada nilai COD maupun BOD. Parameter fisika yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan bioflok adalah *suspended solids* (SS)_f, *volatile suspended solids* (VSS), *floc volume index* (FVI). Salah satu karakter utama sistem bioflok adalah tingginya padatan tersuspensi terutama VSS yang merupakan indikator tingginya bahan organik tersuspensi dalam air.

Teknologi bioflok di masa depan

Dengan berbagai kelebihan yang telah dijelaskan di atas maka jelaslah bahwa teknologi bioflok merupakan salah satu alternatif teknologi untuk kegiatan akuakultur yang ramah lingkungan dan berkesinambungan. Namun demikian dalam aplikasi langsung pada akuakultur sistem intensif masih ditemukan beberapa permasalahan dan aspek kajian yang membutuhkan penelitian lebih lanjut seperti kebutuhan energi untuk aerasi dan pengadukan, kestabilan sistem, kandungan nutrisi bioflok serta pengaruh bioflok terhadap transmisi dan infeksi penyakit.

Kepadatan bakteri yang tinggi dalam air akan menyebabkan kebutuhan oksigen yang lebih tinggi sehingga aerasi untuk penyediaan

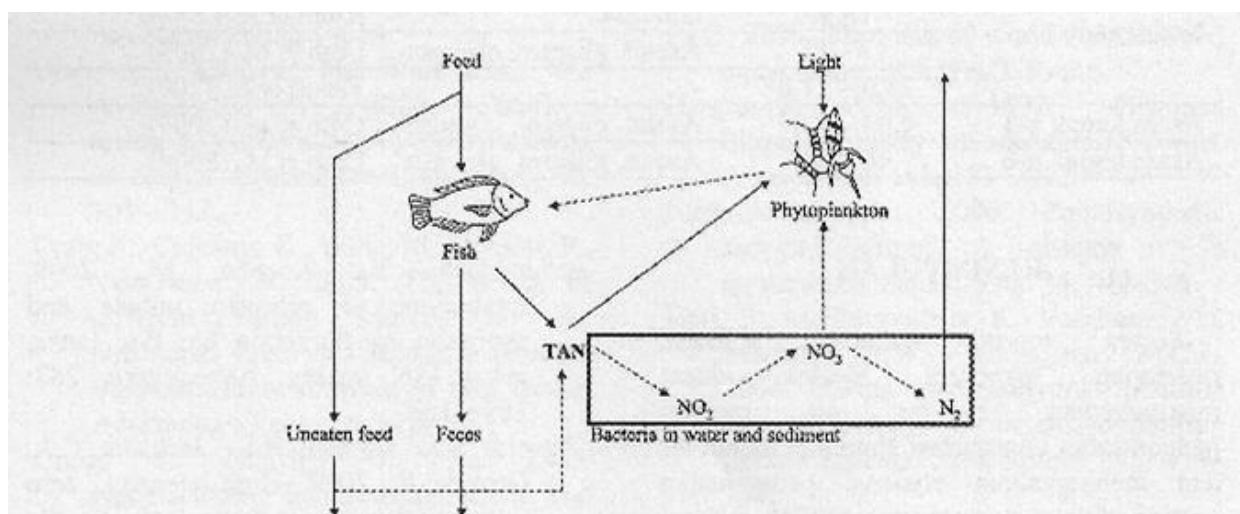
oksigen dalam penerapan teknologi bioflok merupakan salah satu kunci keberhasilan. Selain berperan dalam penyediaan oksigen, aerasi juga berfungsi untuk mengaduk (*mixing*) air agar bioflok yang tersuspensi dalam kolom air tidak mengendap. Pengendapan bioflok di dasar wadah harus dihindari selain untuk mencegah terjadinya kondisi anaerobik di dasar wadah akibat akumulasi bioflok, juga untuk memastikan bahwa bioflok tetap dapat dikonsumsi oleh organisme budidaya. Untuk tercapainya tujuan aerasi ini, maka metoda aerasi yang paling tepat untuk sistem bioflok perlu dikaji lebih dalam lagi baik dari segi teknis maupun ekonomis.

Seperti yang dijelaskan pada uraian di atas bahwa pembentukan bioflok merupakan mekanisme yang kompleks yang melibatkan berbagai aspek fisika, kimia dan biologis, sehingga pembahan pada salah satu parameter akan mempengaruhi parameter lain. Azim & Little (2008) menemukan bahwa kualitas air di wadah pemeliharaan dengan perlakuan teknologi bioflok pada pemeliharaan ikan nila cenderung tidak stabil. Tingginya aktivitas respirasi mikroba dalam sistem bioflok juga menyebabkan terjadinya fluktuasi pada pH dan alkalinitas (Azim *et al.*, 2007). Meningkatnya kekeruhan akibat tingginya padatan tersuspensi juga dapat berpengaruh pada kemampuan melihat beberapa jenis ikan sehingga berpengaruh pada jumlah pakan yang dimakan. Laju akumulasi bahan organik, laju konsumsi bioflok oleh organisme budidaya serta laju peningkatan biomas bakteri merupakan faktor-faktor yang harus diketahui untuk mengontrol konsentrasi flok yang optimum dalam air. Jika laju akumulasi bahan organik tinggi maka laju peningkatan biomas bakteri akan tinggi pula. Jika hal ini tidak diikuti dengan laju konsumsi bioflok oleh organisme budidaya maka akan terjadi akumulasi bioflok yang berlebihan yang akhirnya justru akan membuat sistem budidaya menjadi tidak stabil.

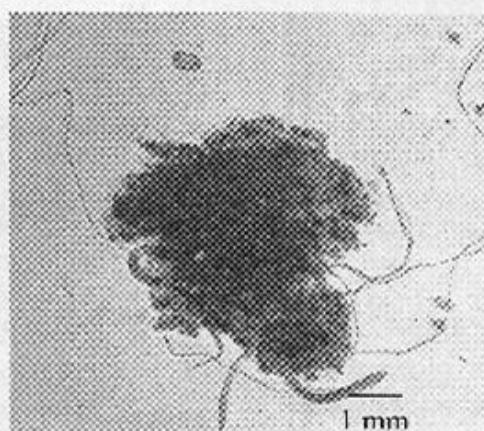
Salah satu solusi alternatif dari dua permasalahan di atas adalah dengan memisahkan reaktor bioflok dengan wadah pemeliharaan (Azim & Little, 2008). Dengan

cara tersebut, bioflok dapat berfungsi sebagai biofilter seperti halnya dalam sistem resirkulasi. Bioflok yang dihasilkan dari reaktor ini kemudian dapat dimanfaatkan langsung sebagai pakan untuk organisme budidaya atau dibuat menjadi tepung untuk bahan baku pakan (Kuhn *et al.*, 2008,2009). Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan nutrisi bioflok cenderung tidak stabil dan dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sumber karbon dan komposisi biologisnya. Informasi mengenai kandungan nutrisi bioflok juga masih terbatas pada kandungan nutrisi utama seperti protein kasar, lemak kasar, kadar abu dan karbohidrat.

Dengan demikian penelitian lanjutan aspek nutrisi bioflok masih perlu dilakukan. Penelitian oleh de Schryver *et al.* (2009) menunjukkan bahwa bioflok mengandung poly-b-hydroxybutyrate (PHB) berkisar antara 0,9 hingga 16% yang cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan ikan akan PHB yang tidak lebih dari 1%. PHB merupakan produk polimer intraselular yang dihasilkan oleh berbagai jenis mikroorganisme sebagai bentuk simpanan energi dan karbon (Defoirdt *et al.*, 2007). Polimer ini diduga mempunyai efek pencegahan dan pengobatan terhadap infeksi *Vibrio* serta manfaat prebiotik dalam akuakultur (Defoirdt *et al.*, 2007; de Schryver *et al.*, 2008).



Gambar 1. Siklus nitrogen dalam kolam akuakultur (Crab *et al.* 2007)



Gambar 2. Pengamatan bioflok di bawah mikroskop (perbesaran 10 x)

KESIMPULAN

Secara teoritis maupun aplikasi, penerapan teknologi bioflok dapat meningkatkan kualitas air melalui pengontrolan konsentrasi ammonia dalam air dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan nutrisi melalui pemanfaatan bioflok sebagai sumber pakan bagi organisme yang dibudidayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ailsopp, M., Johnston, P., Santillo, D. 2008. Challenging the aquaculture industry on sustainability. Greenpeace International. The Netherlands. 22p.
- Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176,227-235.
- Avnimelech, Y., 2005. Tilapia harvest microbial flocs in active suspension research pond. *Glob. Aquac. Advocate*, October 2005.
- Avnimelech, Y., 2007, Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264,140-147-
- Avnimelech, Y., Kocba, M., 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using ¹⁵N tracing. *Aquaculture*, 287; 163-168.
- Arnold, S.J., Coman, F.F., Jackson, C.J., Groves, S. 2009. High-intensity, zero water exchange production of juvenile tiger shrimp. *Penaeus monodon* An evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture* 293, 42-48.
- Azim, M.E., Little, D.C., Bron, J.E., 2007. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C/N ratio in feed and implications for fish culture. *Bioresource Technology* 99, 3590-3599.
- Azim, M.E., Little, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283,29-35.
- Bossier, P., Verstraete, W., 1996. Triggers for microbial aggregation in activated sludge? *Appl Microbiol Biotechnol* 45, 1-6.

Tabel 1. Kandungan nutrisi bioflok

Parameter	% Berat kering	Sumber karbon	Pustaka
Protein	50,6 – 53,5	-	Azim <i>et al.</i> (2007)
	23 – 61	Asetat dan gliserol	De Schryver <i>et al.</i> (2009)
	49	Glukosa	Kuhn <i>et al.</i> (2009)
	50,7 – 60,1	Glukosa	Kuhn <i>et al.</i> (2008)
	42 - 43	Asetat, gliserol, glukosa	Crab <i>et al.</i> (2009)
	29,2 – 34,3	-	Tacon <i>et al.</i> (2002)
Lemak	1,9 – 2,6	-	Azim <i>et al.</i> (2007)
	1,13	Glukosa	Kuhn <i>et al.</i> (2009)
	2,3 – 5,4	Asetat, gliserol, glukosa	Crab <i>et al.</i> (2009)
	2,57 – 2,63	-	
Scrat kasar	3,8 – 4,0	-	Azim <i>et al.</i> (2007)
	12,6	Glukosa	Kuhn <i>et al.</i> (2008)
	7,4 – 7,5	-	Azim <i>et al.</i> (2007)
Kadar abu	13,4	Glukosa	Kuhn <i>et al.</i> (2008)
	17 - 27	Asetat, gliserol, glukosa	Crab <i>et al.</i> (2009)
	25,6 – 31,8	-	Tacon <i>et al.</i> (2002)
	0,04 – 0,07	Asetat, gliserol, glukosa	Crab <i>et al.</i> (2009)
Asam lemak n-6	0,7 - 2	Asetat, gliserol, glukosa	Crab <i>et al.</i> (2009)

- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219, 393-411.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zeroexchange system. *Aquaculture* 232, 525-537.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. *Aquaculture* 270,1-14.
- Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., Avnimelech, Y. 2008. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquaculture Engineering* 40, 105-112.
- Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P., Verstraete, W. 2009. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* post larvae. *Aquaculture Research*, in press.
- Craig, S., Helfrich, L. A., 2002. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic Institute and State University, Publication number. 420-256.
- Defoirdt, T., Halet, D., Vervaeren, H., Boon, N., Van de Wiele, T., Sorgeloos, P., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. The bacterial storage compound of poly-**b**-hydrobutyrate protects *Artemia franciscana* from pathogenic *Vibrio campbellii*. *Environ. Microbiol.* 9 (2), 445-452. de Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277,125 -137.
- de Schryver, P. and Verstraete, W. 2009. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. *Bioresource Technology* 100, 1162-1167.
- Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346—358.
- Ekasari, J. 2008. Bioflocs technology: the effect of different carbon source, salinity and the addition of probiotics on the primary nutritional value of the bioflocs. Thesis. Faculty of Bioscience Engineering. Ghent University. Belgium.
- FAO, 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2006. FAO, Rome.
- FAO, 2009. The state of world fisheries and aquaculture 2008. FAO, Rome.
- Hargreaves, J.A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*, 166, 181-212.
- Hargreaves, J.A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquac. Eng.* 34,344-363.
- Hari, B., Madhusoodana, K., Varghese, J.T., Schrama, J.W., Verdegem, M.C.J., 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 241, 179-194.
- Hari, B., Kurup, B.M., Varghese, J.T., Schrama, J.W., Verdegem, M.C.J., 2006. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 252, 248-263.
- Izquierdo, M., Forster, L., Divakaran, S., Conquest, L., Decamp, O., Tacon, A., 2006. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 12,192 - 202.
- Ju, Z.Y., Forster, L., Conquest, L., Dominy, W., Kuo, W.C., Horgen, F.D., 2008. Determination of microbial community structures of shrimp floe cultures by biomarkers and analysis of floe amino acid profiles. *Aquaculture Research* 39, 118-133.

- Kuhn, D.D., Boardman, G.D., Craig, S.R., Flick Jr., G.J., McLean, E. 2008. Use of microbial flocs generated from tilapia effluent as a nutritional supplement for shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in recirculating aquaculture systems- Journal of the World Aquaculture Society 39,72-82.
- Kuhn, D.D., Boardman, G.D., Lawrence, A.L., Marsh, L., Flick Jr., G.J. 2009. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. Aquaculture 296, 51-57.
- Mara, D., 2004. Domestic waste water treatment in developing countries. Earthscan. UK. 293p.
- Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D.L., 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquac. Eng. 36, 184-191.
- Serfling, S.A., 2006. Microbial flocs: Natural treatment method supports freshwater, marine species in recirculating systems. Global Aquaculture Advocate June 2006, 34 - 36.
- Stickney, R.R., 2005. Aquaculture: An introductory text. CABI Publishing. USA.256p.
- Tacon, A.G.J. 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp—A Training Manual. 1. The Essential Nutrients. Food and Agriculture Organization of the United Nations, GCP/RLA/075/ITA, Brazil, 117 pp.
- Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, L.P., Decamp, O.E., 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition 8,121 -137.
- Taw, N., 2005. Shrimp farming in Indonesia: Evolving industry responds to varied issue. Global Aquaculture Advocate Magazine. August 2005, 65 - 67.
- Taw, N., Fuat, J., Tarigan, N. and Sidabutar, K. 2008. Partial harvest/biofloc system promising for Pacific white shrimp. Global Aquaculture Advocate Magazine. September/October 2008, 84 - 86
- Van Wyk, P. and Avnimelech, Y. 2007. Management of nitrogen cycling and microbial populations in biofloc-based aquaculture systems. Presented in World Aquaculture Society Meeting, San Antonio, Texas, USA. February 26 to March 2,2007.
- Verstraete, W., De Schryver, P., Deroirdt, T., Crab, R. 2007. Added value of microbial life in flocs. Presented in World Aquaculture Society Meeting, San Antonio, Texas, USA. February 26 to March 2. 2007.
- Wasielky Jr., W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258,396-403.