

Produksi yuwana ikan patin *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage 1878) pada sistem budi daya berbasis bioflok dengan penambahan sumber karbon berbeda

[*Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage 1878) juvenile production using biofloc technology with different carbon sources]

Ita Apriani^{1✉}, Mia Setiawati², Tatag Budiardi², Widanarni²

¹⁾ Program Magister Ilmu Akuakultur, Sekolah Pascasarjana IPB

²⁾ Departemen Budidaya Perairan, FPIK, IPB
Jl. Agatis, Kampus IPB Dramaga, 16680

Diterima: 09 Juli 2015; Disetujui: 05 Januari 2016

Abstrak

Sistem budi daya intensif menurunkan kualitas air melalui peningkatan produk sisa metabolisme seperti nitrogen organik. Penerapan teknologi bioflok adalah solusi alternatif untuk menghindari dampak buruk pembuangan nutrisi tinggi dalam sistem produksi akuakultur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh teknologi bioflok yang menggunakan sumber karbon berbeda pada kinerja produksi yuwana ikan patin (*Pangasianodon hypophthalmus*). Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan (tiga kali ulangan) yaitu: (A) sumber karbon molase, (B) sumber karbon terigu, (C) sumber karbon tapioka, dan (D) tanpa penambahan karbon. Yuwana ikan patin berukuran panjang awal $2,26 \pm 0,12$ cm ekor⁻¹ dan bobot rata-rata awal $0,17 \pm 0,05$ g ekor⁻¹ dipelihara selama 30 hari. Dua belas akuarium (60 cm x 30 cm x 40 cm) diisi dengan air 36 L digunakan sebagai unit percobaan budi daya. Ikan diberi makan tiga kali sehari dengan pakan komersial mengandung protein 27%. Penambahan karbon dilakukan setiap hari 2 jam setelah makan dengan estimasi rasio C/N 15. Parameter pengamatan meliputi: profil flok, kandungan nutrisi tepung flok, kualitas air, kelangsungan hidup, pertumbuhan panjang baku, laju pertumbuhan harian, rasio konversi pakan, retensi protein, dan retensi lemak. Perlakuan dengan penambahan sumber karbon molase menunjukkan kelangsungan hidup tertinggi ($97,41 \pm 0,16$ %), pertumbuhan panjang baku ($2,84 \pm 0,1$ cm), dan menurunkan rasio konversi pakan ($0,36 \pm 0,04$).

Kata penting: bioflok, molase, tapioka, terigu

Abstract

Intensive aquaculture system decreases water quality through the increment of metabolic waste products such as organic nitrogen. The biofloc technology is an alternative solution to avoid the impact of high nutrients disposal in aquaculture production system. This study aimed to evaluate the impacts of biofloc technology using different carbon sources on the production performance of juvenile striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. Completely randomized design with 4 treatments (3 replications) was used in this research i.e.: (A) molasses carbon source, (B) tapioca carbon source, (C) wheat carbon source, and (D) without additional carbon. The juveniles length 2.26 ± 0.12 cm, initial average body weight 0.17 ± 0.05 g were reared for 30 days. Twelve glass tanks (60 cm x 30 cm x 40 cm) filled with 36 L freshwater were used as the experimental culture units. The fish were fed three times daily with a commercial feed containing 27% of crude protein. External organic carbon was added daily two hours after feeding at C/N 15 estimated ratio. The observed parameters i.e.: floc profile, the nutritional content of biofloc, water quality, survival rate, final body length, daily growth rate, feed conversion ratio, protein retention, and lipid retention. The best results showed by molasses treatment, the highest fish survival rate (97.41 ± 0.16 %), longest standard length (2.84 ± 0.1 cm) and decreased feed conversion ratio (0.36 ± 0.04).

Keywords: biofloc, molasses, tapioca, wheat

Pendahuluan

Ikan patin *Pangasionodon hypophthalmus* merupakan komoditas unggulan yang saat

ini masih terus dikembangkan oleh pemerintah Indonesia untuk meningkatkan produksi pada sektor perikanan. Peningkatan produksi ikan patin ukuran konsumsi akan berlanjut jika didukung dengan yuwana yang selalu tersedia.

✉ Penulis korespondensi
Surel: ita_ap@yahoo.co.id

Akan tetapi, permasalahan yang terjadi saat ini adalah ketersediaan yuwana ikan patin yang terbatas. Kurangnya pasokan yuwana dikarenakan menurunnya produksi yuwana pada segmen pembenihan dan pendederan. Penurunan produksi juvenil disebabkan beberapa hal seperti pertumbuhan lambat, derajat kelangsungan hidup menurun, dan memburuknya kualitas air. Slembrouck *et al.* (2009) menyatakan bahwa kelangsungan hidup juvenil ikan patin berkisar antara 20-60%. Berbagai upaya untuk mengembangkan perikanan budi daya terutama sistem intensif hingga kini masih terus dilakukan mengingat sistem ini masih terkendala oleh berbagai masalah diantaranya buangan limbah akuakultur (Ekasari 2009). Menurut Avnimelech (2007), dari total pakan yang diberikan hanya sekitar 20-30% protein dalam pakan yang dapat dimanfaatkan oleh ikan, sedangkan sisanya akan diekskresikan dalam bentuk amonia dan dibuang dalam bentuk feses yang kemudian akan terdekomposisi menjadi nitrogen anorganik. Akibatnya industri budi daya intensif menghadapi dua masalah utama yaitu kerusakan kualitas air dan pemanfaatan nutrisi pakan yang rendah. Bosma & Verdegem (2011) meninjau teknologi baru yang akan membuat sistem budi daya lebih efisien dalam sumber daya pada masa yang akan datang adalah dengan memanipulasi rasio karbon nitrogen dalam air. Crab *et al.* (2007) menyatakan bahwa penyingkiran kelebihan N terutama ammonia, nitrit, dan nitrat dalam sistem budi daya dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu penyingkiran N di luar wadah budi daya dan di dalam wadah budi daya. Penyingkiran N di luar wadah budi daya dibedakan menjadi beberapa jenis seperti kolam perlakuan (*reservoir*), kombinasi bak sedimentasi dan bak nitrifikasi (*biofilter*). Sementara pe-

nyingkiran N dalam wadah budi daya dilakukan dengan prinsip utama konversi N oleh bakteri heterotrof dan fitoplankton. Dua metoda penyingkiran N dalam media budi daya yang sedang berkembang adalah sistem perifiton dan teknologi bioflok.

Teknologi bioflok adalah teknik untuk meningkatkan kualitas air dalam budi daya melalui menyeimbangkan karbon dan nitrogen dalam sistem (Crab *et al.* 2012). Penerapan teknologi bioflok dalam budi daya menawarkan solusi untuk menghindari dampak lingkungan dari pembuangan nutrisi tinggi dan untuk mengurangi penggunaan pakan buatan. Kelebihan nutrisi dalam sistem budi daya dikonversi menjadi biomassa mikroba yang dapat dikonsumsi oleh organisme budi daya sebagai sumber makanan (Ekasari *et al.* 2010). Teknologi bioflok mampu meningkatkan pertumbuhan dan pemanfaatan pakan pada udang (Xu & Pan 2012). Selain itu, bioflok juga mampu menyediakan sumber protein sebagai makanan tambahan dan merangsang aktivitas enzim protease dalam pencernaan udang (Xu *et al.* 2012), meningkatkan pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pola intensif di tambak (Rangka & Gunarto 2012), dan telah berhasil diterapkan pada pemeliharaan induk ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang mampu meningkatkan kualitas produksi larva lebih baik dari pada kontrol (Ekasari *et al.* 2015).

Mengendalikan nitrogen anorganik dalam sistem budi daya dengan memanipulasi rasio karbon nitrogen adalah metode kontrol yang paling tepat untuk budi daya (Avnimelech 1999). Rasio C/N yang dikehendaki dari suatu sistem perairan adalah rasio C/N lebih dari 15 (Avnimelech *et al.* 1994). Penerapan teknologi bioflok pada rasio C/N merupakan penerapan

bioteknologi karena mengaktifkan kerja mikroba heterotrof. Hubungan rasio C/N dengan mekanisme kerja bakteri yaitu bakteri memperoleh makanan melalui substrat karbon organik dan nitrogen dengan perbandingan tertentu. Dengan demikian, bakteri dapat bekerja dengan optimal untuk mengubah nitrogen anorganik yang toksik menjadi nitrogen anorganik yang tidak berbahaya sehingga kualitas air dapat dipertahankan dan biomassa bakteri berguna sebagai sumber protein bagi ikan. Mekanisme inilah yang berperan pada peningkatan efisiensi pakan.

Nitrogen yang diperoleh sebagai sumber energi berasal dari sisa metabolisme dan residu pakan, sedangkan karbon dapat diperoleh dari lingkungan perairan budi daya. Namun ketersediaan karbon pada sistem perairan berbeda-beda. Rata-rata rasio C/N pada sistem perairan kolam pemeliharaan nila hanya 9,5 sedangkan pada sistem resirkulasi hanya sekitar 2,3 (Beristain 2005). Ketersediaan karbon di perairan tidak mencukupi untuk memanipulasi rasio C/N 15 sehingga, perlu penambahan sumber karbon organik eksternal ke dalam media budi daya. Sumber karbon organik banyak terdapat dalam bahan baku yang mengandung karbohidrat tinggi seperti molase, terigu, dedak, onggok, tapioka, dan lain-lain. Penggunaan sumber karbon sederhana pada teknologi bioflok memiliki keunggulan yaitu mudah diserap dan dimanfaatkan oleh bakteri untuk mempercepat pertumbuhan sehingga dapat bersaing dengan organisme lain seperti fitoplankton dalam mengadsorpsi nitrogen yang terdapat pada media budi daya, sedangkan penggunaan sumber karbon kompleks memiliki keunggulan yaitu mampu menyediakan partikel-partikel yang dapat dijadikan tempat menempel bakteri (Chamberlain *et al.* 2001).

Pemilihan sumber karbon yang tepat pada sistem budi daya yang menerapkan teknologi bioflok berpengaruh terhadap perbaikan kualitas air serta pemanfaatan nutrient yang tinggi sehingga dapat meningkatkan produktifitas ikan budi daya. Molase merupakan gula sederhana sehingga dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh koloni bakteri untuk mempercepat pertumbuhan. Terigu dan tapioka merupakan karbon kompleks sehingga perlu waktu untuk bakteri dalam mencernanya serta memanfaatkannya sebagai sumber energi. Selain itu, molase bentuknya cair sehingga mudah larut dalam air jika dibandingkan dengan terigu dan tapioka yang berbentuk tepung. Kemampuan bakteri untuk dapat mengurangi nitrogen anorganik dalam lingkungan budi daya dan memproduksi protein mikrobial tergantung pada koefisien konversi mikroba, rasio C/N, biomassa bakteri, serta kandungan karbon dari bahan yang ditambahkan.

Beberapa sumber karbon yang telah digunakan pada aplikasi teknologi bioflok adalah molase pada udang vaname (Xu *et al.* 2012), tepung tapioka pada udang windu (*Penaeus monodon*) (Gunarto *et al.* 2010), tepung terigu pada udang windu (Megahed 2010), dan tepung jagung pada sistem budi daya udang yang terintegrasi (Liu *et al.* 2014). Molase merupakan limbah pabrik gula pasir yang berbentuk cair, berwarna coklat serta mengandung senyawa nitrogen, *trace element* dan sukrosa dengan kandungan total karbon mencapai 37% (Suastuti 1998). Hasil analisis Ekasari *et al.* (2014a) memperlihatkan bahwa molase mengandung 31,9% air, 5,9% abu, 3,8% protein, 0,4% lemak, 58,1% bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN), dan 38% karbon organik, sedangkan tapioka mengandung 10% air, 0,6% abu, 1,6% protein, 88,1% BETN, dan 50,3% karbon organik. Hasil

penelitian Avnimelech (2007) menunjukkan bahwa penambahan pati berhasil meningkatkan pertumbuhan spesifik serta menurunkan tingkat konsumsi pakan pada ikan nila. Menurut De Schryver *et al.* (2008), pemilihan sumber karbon organik memengaruhi pertumbuhan flock. Oleh karena itu, pemilihan sumber karbon dalam penelitian ini berdasarkan pada jenis karbohidrat sederhana dan kompleks, kandungan karbon organik dalam bahan lebih dari 30%, ketersediaan sumber karbon di pasaran, serta harga per unit sumber karbon yang digunakan masih relatif murah dan terjangkau.

Penerapan teknologi bioflok dengan penambahan sumber karbon berbeda pada budi daya ikan patin diharapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan produktivitas serta pengolahan limbah budi daya sehingga dapat tercipta akuakultur yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh dari teknologi bioflok dengan penambahan sumber karbon berbeda pada kinerja produksi yuwana ikan patin *Pangasianodon hypophthalmus*.

Bahan dan metode

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2014-Januari 2015 di Kolam Percobaan Babakan FPIK (untuk pemeliharaan ikan), Laboratorium Pengujian Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian (untuk uji C-organik), Laboratorium Nutrisi Ikan, Laboratorium Kesehatan, dan Laboratorium Lingkungan, Departemen Budi daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (masing-masing untuk analisis proksimat, analisis angka lempeng total bakteri, analisis kualitas air).

Persiapan wadah

Wadah yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuarium dengan ukuran 60 cm x 30 cm x 40 cm yang diisi air 36 liter dan dilengkapi dengan aerator, selang, dan batu aerasi. Jumlah wadah yang digunakan adalah 12 akuarium. Akuarium dibersihkan dan dilakukan proses sterilisasi dengan menggunakan kaporit dosis 100 mg L⁻¹ dan dibiarkan selama tiga hari sebelum digunakan, kemudian ditambahkan garam non-iodium dengan dosis 1 g L⁻¹. Pemberian garam berfungsi untuk memberikan ion bagi keseimbangan osmoregulasi ikan.

Ikan uji yang digunakan adalah ikan patin *P. hypophthalmus* yang memiliki ukuran panjang awal rata-rata 2,26±0,12 cm ekor⁻¹ dan bobot awal rata-rata 0,17±0,05 g ekor⁻¹ yang dipelihara dengan padat tebar 360 ekor per akuarium. Sebelum diberi perlakuan, ikan diaklimatisasi selama satu minggu. Sumber air yang digunakan adalah air sumur dengan pergantian air minimum yaitu melakukan penambahan air hanya untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan.

Pemeliharaan ikan

Pemeliharaan ikan dilakukan selama 30 hari dengan frekuensi pemberian pakan tiga kali sehari yaitu pada pukul 06:00, 14:00, dan 22:00. Pemberian pakan dilakukan secara *at satiation* dengan pakan komersial yang memiliki kandungan protein pakan sebesar 34%. Sampling pertumbuhan ikan dilakukan setiap 10 hari sekali meliputi pertumbuhan panjang dan bobot. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan dan tiga kali ulangan yaitu (A) sumber karbon molase, (B) sumber karbon terigu, (C) sumber karbon tapioka, dan (D) tanpa penam-

bahan sumber karbon. Penambahan karbon dilakukan setiap hari (2 jam setelah makan) dengan estimasi rasio C/N 15. Jumlah karbon yang ditambahkan untuk mendukung proses pembentukan flok oleh bakteri heterotrof pada masing-masing perlakuan menggunakan rumus De Schryver *et al.* (2008). Sumber karbon yang digunakan sebagai perlakuan terlebih dahulu dilakukan uji kandungan karbon organik. (Tabel 1).

Parameter pengamatan

Tingkat kelangsungan hidup (TKH) dihitung berdasarkan data jumlah ikan yang hidup pada akhir pemeliharaan dan jumlah ikan yang ditebar pada awal pemeliharaan dengan menggunakan rumus Goddard (1996):

$$TKH = \frac{Nt}{No} \times 100$$

Keterangan: TKH= derajat kelangsungan hidup (%), No= jumlah ikan di awal pemeliharaan (ekor), Nt= jumlah ikan di akhir pemeliharaan (ekor)

Pertumbuhan panjang baku diperoleh dari selisih antara panjang baku akhir dan panjang baku awal dengan menggunakan rumus Effendi (1979):

$$P = [Pt - Po]$$

Keterangan: P= pertumbuhan panjang baku (cm), Pt= panjang rata-rata ikan pada akhir pemeliharaan (cm), Po= panjang rata-rata ikan pada awal pemeliharaan (cm)

Koefisien keragaman (KK) atau juga disebut sebagai keragaman relatif terhadap besaran data dihitung menggunakan rumus Steel & Torrie (1980):

$$KK = \frac{\delta}{Y} \times 100$$

Keterangan: KK= koefisien keragaman (%), δ = simpangan baku, Y= rata-rata sampel

Laju pertumbuhan harian (LPH) dapat diketahui dari data bobot rata-rata akhir dan bobot rata-rata awal selama pemeliharaan. Laju pertumbuhan harian dihitung dengan menggunakan rumus dari Huisman (1987):

$$\alpha = \left[\sqrt{\frac{wt}{wo}} - 1 \right] \times 100$$

Keterangan: α = laju pertumbuhan harian (% hari⁻¹), wo= bobot rata-rata ikan pada awal pemeliharaan (gram), wt= bobot rata-rata ikan pada akhir pemeliharaan (gram), t= lama pemeliharaan (hari)

Rasio konversi pakan selama pemeliharaan dihitung dengan menggunakan rumus Zonneveld *et al.* (1991)

$$RKP = \left[\frac{F}{Bt + Bm - Bo} \right]$$

Keterangan: RKP= rasio konversi pakan, Bo= biomassa ikan pada awal pemeliharaan (gram), Bt= biomassa ikan pada akhir pemeliharaan (gram), Bm= biomassa ikan mati selama pemeliharaan (gram), F= jumlah pakan (gram)

Tabel 1. Kandungan C-organik dalam sumber karbon

Sumber C-organik	Hasil Pemeriksaan (%)		
	C-Organik*	Kadar Air*	Kadar Abu*
Tepung tapioka	50,38	9,16	0,13
Tepung terigu	49,15	9,16	0,58
Molase	37,63	26,40	5,37

Keterangan *: Metode C-organik: Walkley and Black; Metoda kadar air & kadar abu: SNI.01.2891.1992

Retensi protein dihitung dari pertambahan protein tubuh dan total protein yang dimakan dengan menggunakan rumus Takeuchi (1988):

$$RP = \frac{Pu}{Pc} \times 100$$

Keterangan: RP= retensi protein (%), Pu= bobot protein yang disimpan dalam tubuh (g), Pc= bobot protein yang dikonsumsi oleh ikan (g)

Retensi lemak dihitung dari pertambahan lemak tubuh dan total lemak yang dimakan dengan menggunakan rumus Takeuchi (1988):

$$RL = \frac{Lu}{Lc} \times 100$$

Keterangan: RL= retensi lemak (%), Lu= bobot lemak yang disimpan dalam tubuh (g), Lc= bobot lemak yang dikonsumsi oleh ikan (g)

Pengambilan sampel tepung bioflok dilakukan dengan cara menyaring suspensi air pemeliharaan dengan menggunakan planktonnet sampai diperoleh padatan tersuspensi sebanyak 5 gram untuk kemudian dilakukan analisis. Analisis proksimat nutrisi bioflok yang dilakukan meliputi: kadar protein, kadar lemak, BETN (bahan ekstrak tanpa nitrogen), kadar air, dan kadar abu menggunakan metode AOAC (1990). Parameter kualitas air yang diamati meliputi total amonia nitrogen (TAN), nitrit, nitrat, pH, suhu dan oksigen terlarut. Metode pengukuran kualitas air didasarkan pada *standard methods for the examination of water and wastewater* (Greenberg *et al.* 1992). Pengukuran kualitas air dengan parameter harian yaitu suhu, pH dan kelarutan oksigen. Pengukuran parameter TAN, nitrit, dan nitrat dilakukan pada awal, tengah, dan akhir penelitian.

Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil sampling dicatat, dikumpulkan, dan ditabulasi. Selanjutnya dilakukan pengolahan data analisis varian SPSS.16 ($p < 0,05$). Jika terdapat perbedaan antar perlakuan maka dilakukan uji lanjut Tukey.

Hasil

Parameter kinerja produksi yang diamati yaitu kelangsungan hidup, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan harian, rasio konversi pakan, produksi, retensi protein, retensi lemak,

dan nilai koefisien keragaman yang disajikan dalam Tabel 2. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa kelangsungan hidup pada perlakuan sumber karbon lebih tinggi daripada perlakuan tanpa penambahan sumber karbon ($p < 0,05$). Pertumbuhan panjang baku ikan patin yang diberi perlakuan sumber karbon molase lebih tinggi daripada perlakuan lainnya dengan nilai koefisien keragaman lebih rendah dari perlakuan yang lain ($p < 0,05$). Penambahan sumber karbon memberikan pengaruh yang sama antar perlakuan terhadap laju pertumbuhan harian ($p > 0,05$), namun memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai rasio konversi pakan, retensi protein dan retensi lemak. Nilai retensi protein pada perlakuan sumber karbon molase lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain ($p < 0,05$) dan retensi lemak pada perlakuan sumber karbon terigu lebih tinggi daripada perlakuan tanpa penambahan sumber karbon ($p < 0,05$).

Bioflok diduga memberikan sumbangan nutrisi yang cukup tinggi pada budi daya ikan yaitu terbentuknya flok dalam media pemeliharaan. Analisis kualitas nutrisi flok yang terbentuk pada media pemeliharaan ikan patin dengan perlakuan sumber karbon yang berbeda dicantumkan pada Tabel 3. Tabel ini menunjukkan bahwa flok yang terbentuk memiliki nilai nutrisi yang cukup tinggi. Kandungan protein tertinggi terdapat pada perlakuan terigu dan yang terendah terdapat pada perlakuan tanpa karbon. Kadar lemak tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa karbon dan yang terendah terdapat pada perlakuan molase. Selain nutrisi flok juga dilakukan pengamatan tentang profil flok media pemeliharaan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali.

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat flok dalam media pemeliharaan ikan patin sela-

ma pemeliharaan. Perlakuan sumber karbon molase membentuk flok lebih banyak dari perlakuan yang lain. Hasil pengamatan pada perlakuan

tanpa penambahan sumber karbon ternyata juga membentuk flok meskipun dalam jumlah yang lebih rendah.

Tabel 2. Kinerja produksi ikan patin yang dipelihara menggunakan bioflok

Parameter	Perlakuan penambahan sumber karbon			
	Molase	Terigu	Tapioka	Tanpa Karbon
Kelangsungan hidup (%)	97,41±0,16 ^a	97,87±0,32 ^a	98,33±0,48 ^a	95,28±0,56 ^b
Pertumbuhan panjang baku (cm)	2,84±0,10 ^a	2,05±0,37 ^b	2,38±0,30 ^{ab}	2,38±0,13 ^b
Koefisien keragaman (%)	7,99±0,85 ^a	9,85±0,34 ^{ab}	8,47±1,51 ^a	14,25±3,75 ^b
Laju pertumbuhan harian (%)	6,61±0,08 ^a	6,40±0,18 ^a	6,40±0,16 ^a	6,37±0,11 ^a
Rasio konversi pakan*	0,36±0,04 ^a	0,38±0,03 ^a	0,40±0,04 ^{ab}	0,47±0,02 ^b
Retensi protein (%)*	80,50±8,40 ^a	72,23±6,71 ^{ab}	62,16±5,45 ^b	61,60±3,19 ^b
Retensi lemak (%)*	100,41±10,55 ^b	130,42±12,30 ^a	106,54±9,19 ^{ab}	90,25±4,67 ^b

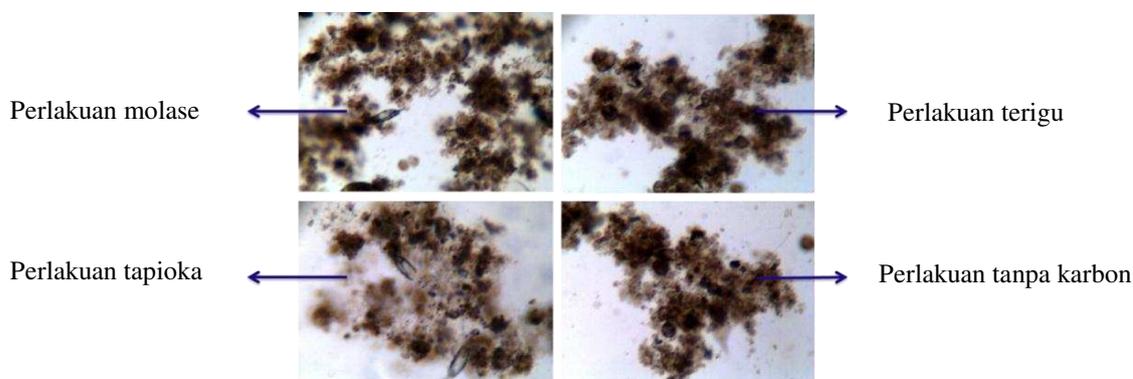
Keterangan: huruf tika atas yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (p<0,05)
 *perhitungan jumlah pakan hanya berdasarkan pada jumlah pelet yang dikonsumsi oleh ikan dan tidak menghitung jumlah flok yang termakan

Tabel 3. Kualitas nutrisi flok yang terbentuk pada media pemeliharaan ikan patin yang dipelihara selama 30 hari dengan perlakuan sumber karbon yang berbeda

Parameter	Perlakuan sumber karbon berbeda			
	Molase	Terigu	Tapioka	Tanpa Karbon
Protein (%)	39,57	40,02	35,84	33,94
Lemak (%)	10,14	11,84	10,31	13,35
Serat Kasar (%)	8,92	4,39	4,42	6,06
Kadar Abu (%)	14,68	21,78	12,11	24,33
BETN*	26,68	21,97	37,32	22,42
Energi (kkal kg ⁻¹)**	426,36	425,50	450,63	406,51

*BETN (Bahan ekstrak tanpa nitrogen)

**Gross energi protein 5.6 kkal g⁻¹, lemak 9,4 kkal g⁻¹, karbohidrat(BETN) 4.1 kkal g⁻¹ (Watanabe 1988)



Gambar 1. Profil bioflok yang terbentuk pada media pemeliharaan ikan patin

Teknologi bioflok juga mampu memperbaiki kualitas air media pemeliharaan. Selama penelitian dilakukan pengamatan parameter kualitas air seperti total amonia nitrogen (TAN), nitrit, nitrat, pH, suhu, dan oksigen terlarut (Tabel 4). Nilai pH berkisar antara 5-7 dan cenderung asam jika dibandingkan dengan nilai pH berdasarkan referensi. Suhu air cenderung stabil yaitu berkisar antara 26-27 °C, dan kelarutan oksigen masih berada pada kisaran yang dapat ditoleransi oleh ikan patin yaitu antara 5-7 mg L⁻¹.

Hasil pengukuran kandungan total amonia nitrogen disajikan pada Gambar 2. Gambar ini menunjukkan bahwa nilai TAN berfluktuasi pada media pemeliharaan ikan patin selama penelitian. Pada awal penelitian nilai TAN cukup tinggi, kemudian hasil pengamatan pada hari ke-15 waktu pemeliharaan nilai TAN menurun, lalu naik lagi pada akhir pemeliharaan yaitu hari ke-

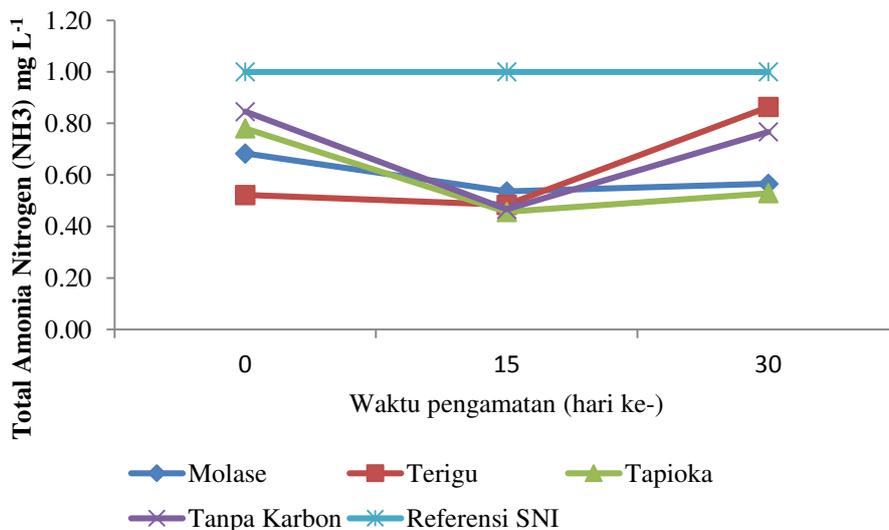
30. Dari semua perlakuan yang dilakukan, perlakuan molase menunjukkan hasil yang baik karena nilai TAN selama pemeliharaan lebih stabil dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Akan tetapi, nilai TAN pada semua perlakuan masih di bawah batas maksimum toleransi ikan terhadap TAN yang ditetapkan oleh standar nasional Indonesia (SNI) yaitu <1,00 mg L⁻¹.

Bakteri berperan dalam perombakan TAN menjadi senyawa nitrit dan nitrat yang disajikan pada Gambar 3 dan 4. Nilai nitrit cenderung stabil hingga akhir pengamatan kecuali perlakuan tanpa karbon (Gambar 3). Kedua gambar tersebut memperlihatkan bahwa nilai nitrit dan nitrat pada semua perlakuan cenderung menurun, kecuali nitrit meningkat pada perlakuan terigu dan stabil pada perlakuan molase. Nilai nitrat pada semua perlakuan cenderung menurun hingga akhir pengamatan.

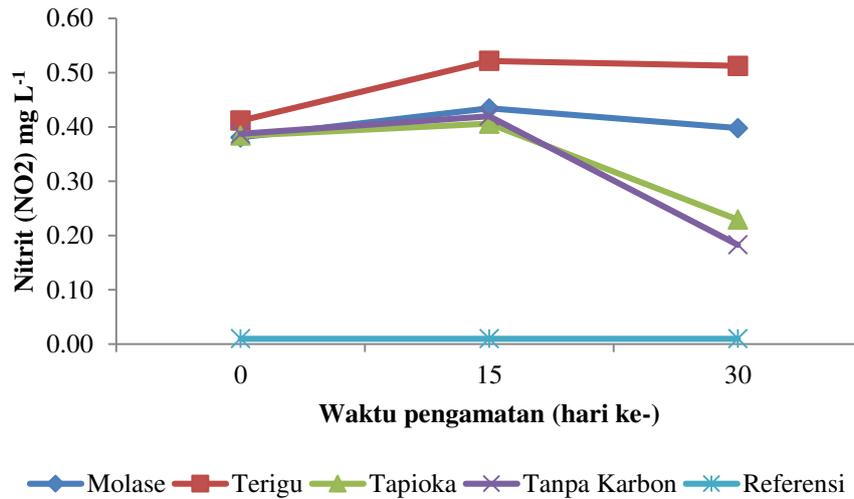
Tabel 4. Kualitas air media pemeliharaan ikan patin berbasis bioflok

Parameter	Sumber Karbon				*
	Molase	Terigu	Tapioka	Tanpa Karbon	
pH	5,00-6,90	5,00-6,80	5,00-7,20	5,00-6,90	6,5 – 9,0
Suhu (°C)	26,0-27,0	26,4-28,0	26,2-27,9	26,1-27,3	25 – 33
Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)	5,30-7,50	5,00-7,20	5,30-7,60	5,00-7,90	3 – 7

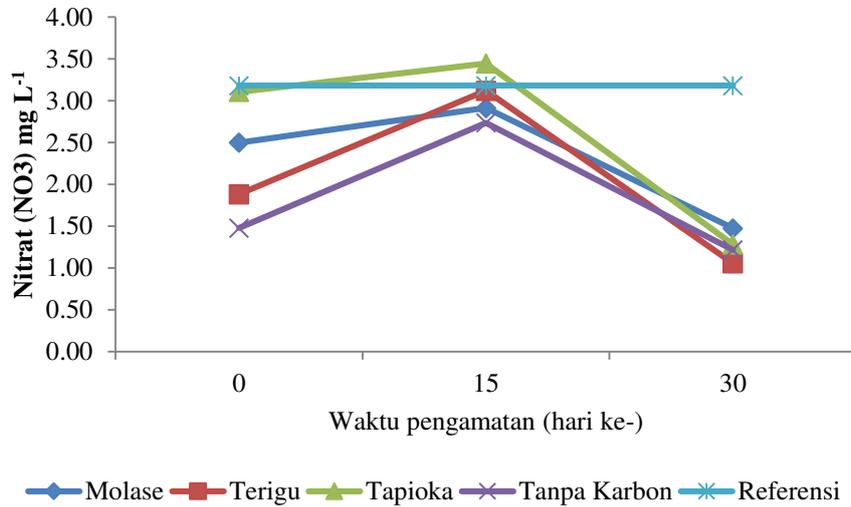
* Minggawati & Saptono (2012)



Gambar 2. Nilai total amonia nitrogen dalam media pemeliharaan ikan patin



Gambar 3. Nilai nitrit dalam media pemeliharaan ikan patin



Gambar 4. Nilai nitrat dalam media pemeliharaan ikan patin

Pembahasan

Perlakuan penambahan sumber karbon berbeda memberikan respon positif terhadap kelangsungan hidup ikan patin. Tingkat kelangsungan hidup pada perlakuan penambahan sumber karbon lebih tinggi yaitu berkisar antara 97–98% dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan sumber karbon yang hanya sebesar 95,28%. Sesuai dengan pendapat Riani *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa bioflok mampu meningkatkan derajat kelangsungan hidup sebesar 92% pada udang vaname, dan 100% pada

ikan nila (Azim & Little 2008). Onggok merupakan ampas ubi hasil samping industri tapioka berbentuk padat. Penggunaan sumber karbon onggok dapat meningkatkan kelangsungan hidup udang vaname hingga 93% dibandingkan dengan sumber karbon lain dan kontrol (Ekasari *et al.* 2014b). Hasil penelitian Rita & Walim (2012) menyatakan bahwa penambahan 10% agregat bioflok mampu meningkatkan kelangsungan hidup udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*) sebesar 73,75%. Begitu juga Andriyanto *et al.* (2010) menunjukkan bahwa

pemberian probiotik meningkatkan kelangsungan hidup ikan patin jambal (*Pangasius djambal*) sebesar 86,67%. Tingginya derajat kelangsungan hidup pada perlakuan penambahan sumber karbon disebabkan dalam media pemeliharaan terdapat pakan yang selalu tersedia dalam bentuk flok, sehingga ikan tidak merasa kekurangan makan serta mampu meminimalkan sifat kanibal antarindividu. Salah satu penyusun agregat bioflok adalah bakteri. Menurut Michaud *et al.* (2006), bakteri bioflok juga dapat mengakumulasi komponen *poly-β-hydroxybutirate* (PHB) yang diduga berperan dalam pengontrolan bakteri patogen pada sistem akuakultur. Adanya kandungan PHB pada bioflok yang menjadi pakan ikan pada perlakuan bioflok dianggap dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh sehingga ikan lebih tahan terhadap gangguan yang terjadi selama pemeliharaan, baik dalam hal serangan patogen maupun penurunan kualitas air yang dapat menyebabkan kematian.

Pertumbuhan panjang baku ikan patin pada perlakuan sumber karbon molase (2,84 cm) lebih tinggi daripada perlakuan yang lain. Hasil penelitian Andriyanto *et al.* (2010) menunjukkan bahwa pemberian probiotik meningkatkan pertumbuhan panjang ikan patin jambal (*Pangasius djambal*) sebesar 4,60 cm. Sesuai dengan pendapat Crab *et al.* (2012) menyatakan bahwa bioflok dapat memberikan nutrisi penting untuk meningkatkan kinerja pertumbuhan. Hal ini terjadi karena ikan mampu memanfaatkan kandungan protein dalam flok. Protein merupakan sumber energi utama bagi ikan sehingga tingginya kandungan protein dalam pakan dapat memengaruhi pertumbuhan ikan. Budi daya ikan menggunakan teknologi bioflok juga memiliki nilai tambah karena dapat memproduksi protein pakan secara *in situ*. Dapat dibuktikan

dengan hasil analisis kandungan nutrisi flok yang menunjukkan bahwa bioflok yang terbentuk pada perlakuan penambahan sumber karbon memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 39,57-40,02%. Hal ini mengindikasikan bahwa selain pakan, bioflok juga dapat dijadikan sebagai sumber nutrisi bagi ikan yang dapat meningkatkan kinerja pertumbuhan. Selain itu, menurut Ray & Lotz (2014) perbedaan dalam manajemen dan sumber karbohidrat dapat menyebabkan perbedaan substansial dalam fungsi sistem dan produksi seperti pertumbuhan lebih cepat dan kualitas air lebih baik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sumber karbon yang berbeda tidak berpengaruh terhadap laju pertumbuhan harian ikan patin. Hasil ini sama dengan hasil penelitian Aji *et al.* (2014) menyatakan bahwa penambahan sumber karbon berupa molase, terigu, dan gandum tidak memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan harian pada ikan lele (*Clarias sp.*) yang dipelihara dalam media bioflok. Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan adalah jenis kelamin, nutrisi pakan, dan stadia ikan. Pada penelitian ini, ikan yang digunakan masih stadia yuwana yang memiliki kurva pertumbuhan masih dalam fase eksponensial sehingga penambahan sumber karbon yang berbeda tidak memberikan pengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan ikan patin yang dipelihara selama 30 hari pada media budi daya sistem bioflok. Selain itu, lama pengamatan dinilai terlalu singkat. Didukung dengan data pertumbuhan bobot perlakuan molase pada hari ke 10, 20, dan 30 secara berturut-turut bobot rata-rata ikan 0,33 gram, 0,84 gram, dan 1,85 gram. Perlakuan tapioka pada hari ke 10, 20, dan 30 berturut-turut nilai bobot rata-rata ikan sebesar sehingga 0,29 gram, 0,72 gram, dan

1,46 gram. Perlakuan tapioka pada hari ke 10, 20, dan 30 secara berturut-turut bobot rata-rata ikan 0,28 gram, 0,78 gram, dan 1,50 gram sedangkan perlakuan tanpa karbon pada hari ke 10, 20, dan 30 secara berturut-turut bobot rata-rata ikan 0,28 gram, 0,66 gram, dan 1,48 gram sehingga laju pertumbuhan harian tidak signifikan.

Selain meningkatkan pertumbuhan, teknologi bioflok juga mengurangi penggunaan pakan buatan sehingga mampu menekan angka rasio konversi pakan. Penggunaan sumber karbon yang berbeda berpengaruh secara signifikan terhadap rasio konversi pakan. Rasio konversi pakan pada perlakuan sumber karbon molase lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain yaitu sebesar 0,36, artinya dengan jumlah pakan sebesar 0,36 gram dapat meningkatkan bobot ikan sebesar 1 gram. Sesuai dengan pendapat De Schryver *et al.* (2008) menyatakan bahwa aplikasi teknologi bioflok berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan oleh ikan. Teknologi bioflok mampu menurunkan rasio konversi pakan sebesar 0,73 dengan pengurangan pakan buatan 25% dari total pakan yang diberikan pada udang vaname (Ria-ni *et al.* 2012). Teknologi bioflok mampu memproduksi protein pakan secara *in situ* (Crab *et al.* 2012). Purnomo (2012) menyatakan bahwa penambahan sumber karbon tapioka mampu menurunkan rasio konversi pakan hingga 1,16 pada ikan nila yang dipelihara selama 35 hari. Hasil penelitian Xu & Pan (2014) menyatakan bahwa pengurangan protein dalam pakan dari 35% menjadi 25% tidak memengaruhi nilai rasio konversi pakan udang vaname yang dipelihara pada media bioflok dengan tidak dilakukan penggantian air. Hal ini terjadi karena penambahan molase ke

dalam media pemeliharaan merangsang pertumbuhan bakteri heterotrof yang kemudian membentuk biomassa flok yang berperan sebagai sumber pakan alami sehingga mampu menekan penggunaan pakan buatan. Artinya bioflok berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan protein organisme budi daya. Dinamika interaksi biologi, kimia dan fisik memungkinkan terbentuk komunitas mikroba dalam bioflok (Ogello *et al.* 2014). Hal ini sebagai akibat dari adanya kerja bakteri heterotrofik yang mampu meningkatkan kandungan protein dan pemanfaatan nutrisi pakan. Perbaikan rasio konversi pakan melalui pemanfaatan bakteri heterotrof pada budi daya ikan nila telah berhasil dilakukan oleh Avnimelech (1999) dengan menurunkan rasio konversi pakan dari 2,62 menjadi 2,17 pada kepadatan ikan 80 ekor m⁻³ air. Penurunan yang signifikan pakan ikan hingga 20% mampu menurunkan total biaya produksi pada budi daya sistem bioflok. Menurut Crab *et al.* (2007) teknologi bioflok dalam akuakultur merupakan upaya memadukan teknik budi daya untuk pembentukan bioflok sebagai sumber pakan bagi ikan. Nilai rasio konversi pakan pada semua perlakuan relatif kecil bahkan kurang dari 1. Hal ini terjadi karena perhitungan nilai rasio konversi pakan di atas hanya berdasarkan jumlah pakan yang diberikan. Ikan diduga mengkonsumsi flok yang terbentuk, akan tetapi jumlah pemanfaatannya tidak tercatat sehingga perhitungan nilai rasio konversi pakan pada penelitian kali ini hanya berdasarkan jumlah pakan pelet komersial yang dikonsumsi oleh ikan dan tidak menghitung jumlah flok yang termakan.

Kemampuan ikan dalam meretensi protein memengaruhi pertumbuhan ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai retensi protein pada perlakuan sumber karbon lebih baik diban-

dingkan dengan perlakuan tanpa sumber karbon. Hasil penelitian Xu *et al.* (2012) menyatakan bahwa bioflok meningkatkan pemanfaatan pakan, retensi protein, dan kinerja pertumbuhan pada udang. Hal ini terjadi karena terdapat sumber protein berupa flok selain protein dari pakan pelet yang diberikan. Ikan diduga memakan flok yang terbentuk sehingga protein yang dimakan banyak digunakan untuk sintesis protein tubuh. Selain protein, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai retensi lemak pada perlakuan sumber karbon lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa sumber karbon. Thammapat *et al.* (2010) melaporkan bahwa *Asian catfish* (*Pangasius bocourti*) mampu menyimpan lemak dalam tubuhnya paling tinggi pada bagian organ dalam, perut dan punggung.

Bioflok mengandung kualitas nutrisi yang tinggi, khususnya kadar protein sehingga cocok digunakan sebagai pakan tambahan untuk ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sumber karbon berpengaruh terhadap kandungan nutrisi bioflok yang terbentuk. Kandungan protein tertinggi terdapat pada perlakuan terigu sebesar 40,02% dan terendah pada perlakuan tanpa karbon sebesar 33,94%, sedangkan kandungan lemak tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa karbon sebesar 13,35% dan terendah terdapat pada perlakuan molase sebesar 10,14%. Hal ini sesuai dengan pernyataan De Schryver *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa bioflok mengandung protein, asam lemak tak jenuh, dan lipid yang tinggi sehingga cocok digunakan sebagai pakan untuk ikan. Hasil penelitian Ekasari *et al.* (2014a) menunjukkan bahwa flok dengan ukuran >100 µm mengandung protein 27,8% dan lemak sebesar 7,5% sedangkan flok dengan ukuran <48 µm kaya akan asam amino esensial. Long *et al.* (2015) melaporkan hasil analisis nu-

trien dari tepung flok mengandung 41,13% protein, 1,03% lemak, dan 6,07% abu dengan sumber karbon berasal dari glukosa. Tingginya kandungan protein dalam flok disebabkan keberadaan mikroorganisme penyusun flok berupa protein sel tunggal yang merupakan sumber protein tinggi bagi ikan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa parameter kualitas air cukup stabil. Nilai total amonia nitrogen (TAN) perlakuan molase lebih rendah daripada perlakuan yang lain yaitu 0,68 mg L⁻¹. Hasil penelitian Bakar *et al.* (2015) menunjukkan bahwa penambahan sumber karbon mampu menurunkan amonia sebesar 98,7% pada budi daya ikan lele aplikasi teknologi bioflok. Menurunnya nilai TAN pada perlakuan molase diduga karena limbah TAN dimanfaatkan oleh bakteri heterotrof untuk membentuk biomassa flok. Selain itu, penambahan molase dapat mempercepat asimilasi nitrogen dalam bentuk amonium oleh bakteri, akibatnya reaksi kesetimbangan amonia akan bergeser ke kanan (regenerasi amonium) sehingga nilai amonia dapat dipertahankan pada kondisi yang dapat ditoleransi ikan. Pengambilan karbon dan nitrogen oleh bakteri dari lingkungannya dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk penyusunan protein tubuh atau *single cell protein* yang selanjutnya akan menjadi sumber protein yang bermanfaat bagi ikan. Mekanisme kerja bakteri ini akan menurunkan tingkat pergantian air, bahkan tanpa pergantian air selama masa pemeliharaan sehingga dapat menghemat biaya pemompaan air dan meminimalkan limbah buangan budi daya.

Hasil pengamatan terhadap kandungan nitrit nitrogen pada air media pemeliharaan ikan patin menunjukkan bahwa nilai nitrit nitrogen tertinggi terdapat pada perlakuan terigu sebesar 0,52 mg L⁻¹ dan terendah terdapat pada perlakuan

an tapioka $0,41 \text{ mg L}^{-1}$; sedangkan nilai nitrat nitrogen tertinggi terdapat pada perlakuan tapioka $3,45 \text{ mg L}^{-1}$ dan terendah terdapat pada perlakuan tanpa karbon yaitu sebesar $2,74 \text{ mg L}^{-1}$. Nitrat merupakan produk akhir dari proses nitrifikasi. Nitrat tidak bersifat toksik bagi ikan. Konsentrasi nitrit dan nitrat menunjukkan hubungan yang saling berlawanan. Saat nitrit rendah maka nitrat akan tinggi. Hal ini menunjukkan berlangsungnya proses nitrifikasi oleh bakteri yang mengoksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat. Tingginya nilai nitrit dan rendahnya nilai nitrat pada perlakuan tanpa karbon diduga disebabkan oleh kandungan TAN yang tidak dirombak oleh bakteri, sedangkan menurunnya nilai nitrit dan nitrat pada perlakuan penambahan sumber karbon disebabkan senyawa TAN dirombak langsung menjadi nitrogen organik dalam bentuk koloni bakteri dan diduga tidak mengalami proses nitrifikasi.

Suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. Suhu air akan memengaruhi laju pertumbuhan, laju metabolisme serta nafsu makan ikan. Nilai suhu air pada semua perlakuan cenderung stabil berkisar antara $26\text{--}27^\circ\text{C}$. Lorenzo *et al.* (2015) menyatakan bahwa kualitas air pada budi daya udang vaname aplikasi teknologi bioflok dengan penambahan sumber karbon molase memiliki suhu 30°C . Hostins *et al.* (2015) melaporkan hasil penelitian mereka bahwa suhu pembibitan *Farfantepenaeus brasiliensis* pada padat penebaran tinggi dalam teknologi bioflok harus dilakukan di sekitar 27°C sehingga fluktuasi suhu yang terjadi selama penelitian masih berada dalam kondisi normal dengan kisaran yang dapat ditoleransi oleh ikan patin.

Nilai pH suatu perairan mencerminkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air. Nilai pH air media pemeliharaan menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa karbon berkisar antara $5\text{--}6,9$, dan pada perlakuan tapioka berkisar antara $5\text{--}7,2$. Penurunan nilai pH diduga disebabkan oleh tingginya konsentrasi CO_2 akibat adanya proses respirasi yang dilakukan oleh ikan. Selain itu, adanya proses nitrifikasi yang diduga terjadi pada media pemeliharaan tanpa karbon dalam memanfaatkan alkalinitas. Pengambilan alkalinitas dalam proses nitrifikasi yang tidak diikuti dengan penambahan buffer akan menyebabkan tingginya fluktuasi pH. Dalam kasus penelitian ini adalah terjadinya penurunan nilai pH secara fluktuatif pada media budi daya. Dalam penelitian Lorenzo *et al.* (2015), kualitas air pada budi daya udang vaname aplikasi teknologi bioflok dengan penambahan sumber karbon molase memiliki nilai pH $7,9$. Hasil penelitian Minggawati & Saptono (2012) memperlihatkan bahwa pH air untuk ikan patin berkisar antara $6,5\text{--}9,0$ dengan optimal $7\text{--}8,5$.

Oksigen terlarut memegang peran penting dalam sistem budi daya, terutama pada sistem budi daya intensif yang menerapkan teknologi bioflok. Hal ini dikarenakan aktivitas metabolisme mikroba untuk mendekomposisi bahan organik mengharuskan adanya jumlah oksigen yang cukup secara terus menerus. Oksigen juga merupakan salah satu faktor pembatas dalam kegiatan pembenihan. Hal ini disebabkan oleh fase ikan pada tahap ini memiliki tingkat metabolisme dan kebutuhan oksigen yang tinggi sehingga konsentrasi oksigen terlarut harus di atas 4 mg L^{-1} . Nilai kelarutan oksigen pada semua perlakuan stabil berkisar antara $5\text{--}7,9 \text{ mg L}^{-1}$. Konsentrasi oksigen selama masa pemeliharaan masih berada pada kisaran kelayakan untuk ter-

jadinya pertumbuhan. Menurut Minggawati & Saptono (2012) kelarutan oksigen yang dibutuhkan oleh ikan patin berkisar antara 3-7 mg L⁻¹ dengan nilai optimal 5-6 mg L⁻¹.

Hasil pengamatan profil flok yang dilakukan menggunakan mikroskop perbesaran 400x menunjukkan bahwa flok terbentuk dalam media pemeliharaan. Penambahan sumber karbon molase memengaruhi pembentukan bioflok lebih banyak daripada perlakuan yang lain. Diduga karena molase merupakan gula sederhana sehingga dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh koloni bakteri untuk mempercepat pertumbuhan. Terigu dan tapioka merupakan karbon kompleks sehingga perlu waktu untuk bakteri dalam mencernanya serta memanfaatkannya sebagai sumber energi. Avnimelech (1999) menyatakan bahwa kemampuan bakteri untuk dapat mengurangi nitrogen anorganik dalam lingkungan budi daya dan memproduksi protein mikrobial bergantung pada koefisien konversi mikroba, rasio C/N, biomassa bakteri, serta kandungan karbon dari bahan yang ditambahkan. Akan tetapi, selama pengamatan pada perlakuan tanpa karbon diperoleh hasil bahwa pada media pemeliharaan juga terbentuk flok meskipun dalam jumlah yang sedikit. Diduga telah terjadi keseimbangan rasio karbon nitrogen secara alami pada media pemeliharaan. Selain itu, kepadatan yang digunakan dinilai masih rendah sehingga tidak terjadi tekanan lingkungan yang berarti karena penumpukan limbah amonia dalam media pemeliharaan dinilai masih kurang.

Simpulan

Penambahan sumber karbon molase meningkatkan tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan panjang baku, dan menurunkan rasio

konversi pakan ikan patin yang dipelihara pada media budi daya berbasis bioflok. Penggunaan sumber karbon molase lebih efektif untuk meningkatkan produksi juvenil ikan patin. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai peningkatan padat tebar dan lama waktu pemeliharaan untuk melihat efek pemberian sumber karbon berbeda pada budi daya ikan patin berbasis teknologi bioflok terhadap kualitas air.

Daftar pustaka

- Aji SB, Sudaryono A, Herwanto D. 2014. Pengaruh penambahan sumber karbon organik berbeda terhadap pertumbuhan dan rasio konversi pakan benih lele (*Clarias sp.*) dalam media bioflok. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(4): 199-206.
- Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD, Franson MAH. 1992. *Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater*. 18th Edition. American Public Health Association (APHA), Washington.
- Andriyanto S, Listyanto N, Rahmawati R. 2010. Pengaruh pemberian probiotik dengan dosis yang berbeda terhadap sintasan dan pertumbuhan benih ikan patin jambal (*Pangasius djambal*). In: Sudrajat A (editor). *Prosiding Forum Inovasi teknologi Akuakultur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. pp.117-122
- Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. 1990. Official methods of Analysis. In: Horwitz W. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, AOAC International.
- Avnimelech Y. 1999. Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176(3-4): 227-235.
- Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1-4): 140-147.
- Avnimelech Y, Kochva MM, Mokady S. 1994. Development of controlled intensive aquaculture system with a limited water

- exchange and adjusted carbon to nitrogen Ratio. *Bamidgeh*, 46(4): 119-131.
- Azim ME, Little DC. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283(1-4): 29-35.
- Bakar NSA, Nasir NM, Lananan F, Hamid SHA, Lam SS, Jusoh A. 2015. Optimization of C/N ratios for nutrient removal in aquaculture system culturing African catfish, (*Clarias gariepinus*) utilizing bioflocs technology. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 102: 100-106.
- Beristain TB. 2005. *Organic Matter Decomposition in Simulated Aquaculture Ponds*. Wageningen Institute of Animal Sciences. Netherlands. 138 p.
- Bosma RH, Verdegem MCJ. 2011. Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science* 139(1-2): 58-68.
- Chamberlain G, Avnimelech Y, Mcintosh RP, Velasco M. 2001. Advantages of aerated microbial reuse system with balanced C:N. In: Advocate, *Feed Utilization*. Global Aquaculture Alliance, USA, 53-56 p.
- Crab R, Avnimelech Y, defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1-4): 1-14.
- Crab R, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357: 351-356.
- De Schryver P, Crab R, Defroidt T, Boon N, Verstraete. 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277(3-4): 125-137.
- Effendi MI. 1979. *Metode Biologi Perikanan*. Yayasan Dewi Sri. Bogor. 112 p.
- Ekasari J. 2009. Teknologi bioflok: Teori dan aplikasi dalam perikanan budi daya sistem intensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 8(2): 117-126.
- Ekasari J, Angela A, Waluyo SH, Bachtiar T, Surawidjaja EH, Bossier P, De Schryver P. 2014a. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426-427: 105-111.
- Ekasari J, Azhar MH, Surawidjaja EH, Nuryati S, De Schryver P, Bossier P. 2014b. Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources. *Fish & Shellfish Immunology*, 41(2): 332-339.
- Ekasari J, Crab R, Verstaete W. 2010. Primary nutritional content of bioflocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *Hayati Journal of Biosciences*, 17(3): 125-130.
- Ekasari J, Rivandi DR, Firdausi AP, Surawidjaja EH, Junior MZ, Bossier P, De Schryver P. 2015. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*, 441: 72-77.
- Goddard S. 1996. *Feed Management in Intensive Aquaculture*. Chapman and Hall. New York, 194 p.
- Gunarto, Muliani, Mansyur A. 2010. Pengaruh aplikasi sumber c-karbohidrat (tepung tapioka) dan fermentasi probiotik pada budi daya udang windu *Penaeus monodon* pola intensif di tambak. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5(3): 393-409.
- Hostins B, Braga A, Lopes DLA, Wasielesky W, Poersch LH. 2015. Effect of temperature on nursery and compensatory growth of pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* reared in a super-intensive biofloc system. *Aquaculture Engineering*, 66: 62-67.
- Huisman EA. 1987. *The Principles of Fish Culture Production*. Department of Aquaculture, Wageningen University, The Netherlands, 100 p.
- Liu L, Hu Z, Dai X, Avnimelech Y. 2014. Effects of addition of maize starch on the yield, water quality and formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. *Aquaculture*, 418-419: 79-86.
- Long L, Yang J, Li Y, Guan C, Wu F. 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448: 135-141.
- Lorenzo MAD, Schweitzer R, Santo CMDE, Candia EWS, Mourino JLP, Legarda EC, Seiffert WQ, Vieira FDN. 2015. Inten-

- sive hatchery performance of the Pacific white shrimp in biofloc system. *Aquaculture Engineering*, 67: 53-58.
- Megahed ME. 2010. The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 5(2): 119-142.
- Michaud L, Blancheton J, Bruni V, Piedrahita R. 2006. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. *Aquaculture engineering*, 34(3): 224-233.
- Minggawati I, Saptono. 2012. Parameter kualitas air untuk budi daya ikan patin (*Pangasius pangasius*) di karamba sungai Kahayan, kota Palangka Raya. *Jurnal Ilmu Hewan Tropika*, 1(1) : 27-30.
- Ogello E, Musa S, Aura C, Abwao J, Munguti J. 2014. An appraisal of the feasibility of tilapia production in ponds using biofloc technology: A review. *International Journal of Aquatic Science*, 1(5): 21-39.
- Purnomo PD. 2012. Pengaruh penambahan karbohidrat pada media pemeliharaan terhadap produksi budi daya intensif nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 1(1): 161-179.
- Rangka NA, Gunarto. 2012 Pengaruh penumbuhan bioflok pada budi daya udang vaname pola intensif di tambak. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 4(2): 141-149.
- Ray AJ, Lotz JM. 2014. Comparing a chemoautotrophic-based biofloc system and threeheterotrophic-based systems receiving different carbohydrate sources. *Aquaculture Engineering*, 63: 54-61.
- Riani H, Rostika R, Lili W. 2012. Efek pengurangan pakan terhadap pertumbuhan udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) PL-21 yang diberi bioflok. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3(3): 207-211
- Rita R, Walim L. 2012. Prevention of *Vibrio harveyi* infection at the fresh water shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*) use of bioflocks aggregation. *Seria Zootehnie*, 58(3): 251-253.
- Slembrouck J, Baras E, Subagja J, Hung LT, Le-gendre M. 2009. Survival, growth and food conversion of cultured larvae of *Pangasianodon hypophthalmus*, depending on feeding level, prey density and fish density. *Aquaculture*, 294(1-2): 52-59.
- Standar Nasional Indonesia [SNI]. 2009. Produksi benih ikan patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) kelas benih sebar. Badan Standar Nasional. Republik Indonesia.
- Steel RGD, Torrie JH. 1980. *Principle and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. Second Edition. CRC Press. Boca Raton. Florida. 672 p.
- Suastuti M. 1998. Pemanfaatan hasil samping industri pertanian molase dan limbah cair tahu sebagai sumber karbon dan nitrogen untuk produksi biosurfaktan oleh *Bacillus* sp. galur komersil dan lokal. *Tesis*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 103 hlm.
- Takeuchi T. 1988. Laboratory work chemical evaluation of dietary nutrient. In: Watanabe T (editor). *Fish Nutrition and Mariculture*. Tokyo. JICA Kanagawa International Fisheries Training Centre. 79-92 p.
- Thammapat P, Raviyan P, Siriamornpun S. 2010. Proximate and fatty acids composition of the muscles and viscera of Asian catfish (*Pangasius bocourti*). *Food Chemistry*, 122(1): 223-227.
- Xu WJ, Pan LQ. 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture* 356-357: 147-152.
- Xu WJ, Pan LQ. 2014. Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. *Aquaculture*, 426-427: 181-188.
- Xu WJ, Qing Pan L, Zhao HD, Huang J. 2012. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture* 350-353: 147-153.
- Zonneveld N, Huisman EA, Boon JH. 1991. *Prinsip-prinsip Budidaya Ikan*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 318 hlm.