

PENGUNAAN SUMBER KARBON ORGANIK PADA BUDIDAYA UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*) DENGAN TEKNOLOGI BIOFLOK

Hidayat Suryanto Suwoyo, Abdul Mansyur, dan Gunarto
Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau
Jl. Makmur Dg. Sitakka No. 129, Maros 90512, Sulawesi Selatan
E-mail: yayhat_95@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi jenis sumber C-organik yang tepat dalam produksi bakteri heterotrof pada budidaya udang vaname (*L. vannamei*) dengan teknologi bioflok. Udang vaname ukuran PL-27 dipelihara dalam bak terkontrol berukuran 1 m x 1 m x 0,5 m yang dilengkapi dengan sistem aerasi yang memadai dan ditebar tokolan dengan kepadatan 250 ekor/m². Udang ini diberi pakan komersial (pellet) dengan kadar protein 35%-40%. Perlakuan yang dicobakan adalah penambahan jenis sumber C-organik yang berbeda untuk pembentukan bioflok dalam media budidaya udang vaname yaitu (A) molase, (B) tepung tapioka, dan (C) kontrol (tanpa penambahan C-organik). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL), masing-masing perlakuan dengan tiga ulangan. Variabel yang diamati meliputi laju pertumbuhan udang, efisiensi pakan, rasio konversi pakan, sintasan, dan produksi. Sedangkan variabel kualitas air yang diukur meliputi BOT, amoniak, nitrit, nitrat, fosfat, oksigen terlarut, suhu, pH, salinitas, TSS, dan total bakteri heterotrof. Hasil pengamatan dianalisis varian dan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan penambahan sumber karbon pada media pemeliharaan udang vaname (tepung tapioka dan molase) memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap pertumbuhan, namun berbeda nyata ($P < 0,05$) terhadap sintasan, produksi, dan rasio konversi pakan udang vaname dibanding dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan sumber karbon). Tepung tapioka dan molase dapat digunakan sebagai sumber karbon pada budidaya udang dengan teknologi bioflok di tambak.

KATA KUNCI: bioflok, molase, tapioka, udang vaname

PENDAHULUAN

Usaha peningkatan produksi udang dapat dilakukan melalui usaha budidaya secara intensif. Pada kegiatan budidaya udang intensif, ketersediaan pakan yang tepat, baik secara kualitas maupun kuantitas merupakan syarat mutlak untuk mendukung pertumbuhannya, yang pada akhirnya dapat meningkatkan produksi. Pakan merupakan faktor yang sangat penting dalam budidaya udang karena menyerap 60%-70% dari total biaya produksi udang (Palinggi & Atmomarsono, 1988; Padda & Mangampa, 1993). Pemberian pakan dalam jumlah yang berlebihan dapat meningkatkan biaya produksi dan pemborosan serta menyebabkan sisa pakan yang berlebihan akan berakibat pada penurunan kualitas air sehingga berpengaruh pada pertumbuhan dan sintasan udang (Wyban & Sweeny, 1991); limbah N organik yang berasal dari sisa pakan yang tidak termakan dan feses akan didekomposisi oleh mikroba dalam kolom air dan dasar perairan sehingga dapat peningkatan TAN (NH_3 dan NH_4) dan nitrit karena terjadinya transformasi nitrogen dan keduanya berbahaya untuk udang yang dibudidayakan.

Pada teknologi bioflok, amonium dan limbah organik nitrogen akan dikonversi menjadi biomassa bakteri heterotrof, jika terjadi keseimbangan antara karbon organik dan nitrogen (Burford *et al.*, 2003b; Schneider *et al.*, 2005). TAN yang berasal dari dekomposisi pakan yang tidak termakan dan feses serta dari ekskresi udang akan dimanfaatkan oleh bakteri untuk berkembang dan membentuk flok. Prinsip utama teknologi bioflok (*Biofloc Technology*, BFT) adalah mendaur ulang nutrisi yang masuk ke dalam sistem budidaya sehingga pemanfaatannya menjadi lebih efisien. Kelebihan nutrisi yang berasal dari hasil ekskresi organisme budidaya dan kotoran serta sisa pakan yang tidak dikonsumsi akan dikonversi oleh bakteri heterotrof menjadi biomassa bakteri, sehingga kualitas air tetap terjaga dan biomassa bakteri yang kemudian membentuk flok yang dapat dikonsumsi oleh organisme budidaya (Ekasari, 2009).

Untuk menjaga keseimbangan nitrogen dan karbon dalam media budidaya udang intensif agar bakteri heterotrof dapat tumbuh maksimal, maka perlu ditambahkan sumber C-organik ke dalam media budidaya dengan pergantian air seminimal mungkin. Pada kepadatan bakteri heterotrof yang cukup tinggi dalam media akan memicu terbentuknya bioflok. Bioflok ini merupakan campuran heterogen dari mikroba (plankton, fungi, protozoa, ciliata, nematoda), partikel, koloid, polimer organik, kation yang saling berintegrasi cukup baik dalam air untuk tetap bertahan dari agitasi air yang moderat (De Schryver *et al.*, 2008; Irianto, 2008; Aiyushirota, 2009).

Manfaat bioflok dalam sistem akuakultur yakni biomineralisasi bahan organik, mengandung asam-asam amino esensial, dan komponen pakan lainnya dalam jumlah yang cukup (Tacon *et al.*, 2002), mengandung PUFA dan poli- β -hidroksibutirat (De schryver *et al.*, 2008), mengandung vitamin dan *trace metal* yang berperan sebagai *growth factor* hewan budidaya, dapat menghemat sekitar 30% biaya pakan (Avnimelech, 2006), dan menekan risiko infeksi oleh patogen (Avnimelech & Bezeran, 2007), mampu menekan penggunaan pakan (Maulani, 2009), meningkatkan mutu kualitas air secara signifikan (Nuraeni, 2009; Gunarto & Burhanuddin, 2009). Beberapa hasil penelitian menunjukkan udang dapat memanfaatkan bioflok sebagai makanannya (Montoya & Velasco, 2000; Brune *et al.*, 2003; Burford *et al.*, 2004). McIntosh (2000) melaporkan terjadinya peningkatan retensi protein dari 31% menjadi 38% pada pemeliharaan udang *L. vannamei* melalui teknologi bioflok. Ekasari (2009) melaporkan bahwa substitusi pakan pelet dengan 30% bioflok memberikan pertumbuhan dan sintasan vaname yang relatif sama dengan vaname yang diberi 100% pakan pelet dalam kondisi terkontrol.

Pemberian sumber karbon pada air di tambak, bioflok bertujuan untuk menumbuhkan bakteri heterotrof. Akumulasi nitrogen anorganik yang berlebihan terutama pada pembentukan amonia dan nitrit diketahui memiliki efek negatif pada budidaya udang secara intensif (De Schryver *et al.*, 2008). Pada sistem bioflok, rasio C/N merupakan elemen pengontrol terhadap tingkat toksisitas nitrogen anorganik (Avnimelech, 1999).

Pakan udang mengandung protein lebih banyak dibanding karbohidrat sehingga suplai karbon dari pakan sangat sedikit, rasio C/N dari pakan sekitar 9:1, sedangkan bakteri memerlukan 20 unit karbon untuk setiap 1 unit nitrogen yang diasimilasi (C/N = 20:1). Rendahnya C/N rasio pada pakan akan mengakibatkan populasi bakteri heterotrof tidak dapat berkembang. Dalam budidaya ikan intensif memerlukan penambahan karbon organik untuk mempertahankan rasio C/N 20-30 (McIntosh, 2000; Brune *et al.*, 2003). Menurut Goldman *et al.* (1987) dalam Azim *et al.* (2007), bahwa pada C/N rasio >10 dapat mengoptimalkan produksi bioflok dan meminimalkan regenerasi amonia. Untuk menumbuhkan bakteri heterotrof dilakukan pemberian karbon organik seperti glukosa, asetat, gliserol, molase, tepung tapioka atau sorgum yang berfungsi untuk mengontrol rasio C/N pada *level* 20:1 sehingga dapat diproduksi bakteri heterotrof di tambak. (Avnimelech, 1999; Hari *et al.*, 2004; Samocha *et al.*, 2006).

Strategi pemberian karbon organik juga penting pada teknologi bioflok. Karbon organik dapat diberikan dalam jumlah kecil secara kontinu atau diberikan dalam jumlah lebih besar tetapi dalam interval waktu tertentu (Salehizaden & Van Loodrech, 2004 dalam De Schyver *et al.*, 2008). Menurut Gunarto *et al.* (2009), bahwa pemberian sumber C-karbohidrat berupa tepung tapioka sebanyak 0,62% dari total pakan yang diberikan setiap hari berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi udang vaname dengan pola intensif.

Oleh karena itu, penumbuhan flok mikroba heterotrofik ini merupakan suatu solusi untuk meningkatkan pemanfaatan protein pakan dan menekan beban limbah budidaya. Hal ini tentunya akan meningkatkan pertumbuhan udang, meningkatkan efisiensi pakan serta menekan buangan limbah ke lingkungan perairan, serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dan lahan budidaya. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian tentang penggunaan berbagai jenis sumber karbon (C-organik) untuk menumbuhkan bakteri heterotrof pada budidaya udang vaname intensif dengan teknologi bioflok.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Basah Insatalasi Tambak Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, Maros. Wadah penelitian yang digunakan berupa 12 bak *fiber glass* berukuran 1

m x 1 m x 0,5 m yang dilengkapi dengan sistem aerasi yang cukup. Setelah dilakukan persiapan, bak tersebut diisi air sebanyak 450 L/bak. Hewan uji yang digunakan berupa tokolan udang vaname berukuran PL-27 yang ditebar dalam tiap bak dengan padat tebar 250 ekor/m². Udang tersebut diberi pakan komersial dengan kadar protein sekitar 35%-40% diberikan dengan dosis 50%-3 % dari bobot biomassa. Frekuensi pemberian pakan dilakukan 2 kali sehari. Penumbuhan bioflok dilakukan dengan penambahan C-organik ke dalam media pemeliharaan untuk menciptakan kondisi C/N rasio sekitar 10-15 yang dilakukan setiap hari.

Penentuan jumlah penambahan C-Organik ini didasarkan atas jumlah kandungan protein pakan yang diberikan setiap hari, jumlah limbah nitrogen dari protein pakan yang terbuang ke media budidaya (sekitar 75% dengan asumsi retensi protein sekitar 25%), serta hasil monitoring kandungan total amoniak nitrogen (TAN) dalam media budidaya, dan kandungan C-organik sumber karbohidrat. Perlakuan yang dicobakan adalah penambahan jenis sumber C-organik yang berbeda untuk pembentukan bioflok dalam media budidaya yaitu (A) molase, (B) tapioka, dan (C) kontrol (tanpa penambahan C-Organik). Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL), masing-masing perlakuan dengan tiga ulangan. Sistem aerasi diatur sedemikian rupa sehingga bahan organik dapat tersuspensi terus dalam media pemeliharaan dan kadar oksigen terlarut > 3 mg/L. Pergantian air dilakukan seminimal mungkin untuk mengeluarkan endapan kotoran yang berlebihan serta untuk mengganti air akibat adanya penguapan. *Sampling* pertumbuhan udang untuk menentukan jumlah pakan yang diberikan dilakukan setiap 2 minggu sekali selama kurang lebih 2 bulan pemeliharaan dengan menimbang bobot udang dengan timbangan elektrik yang mempunyai ketelitian 0,01 g.

Variabel yang diamati meliputi laju pertumbuhan udang, rasio konversi pakan, efisiensi pakan, sintasan, dan produksi. Sedangkan parameter kualitas air meliputi bahan organik total (BOT), amoniak, nitrit, nitrat, fosfat, oksigen terlarut, suhu, pH, salinitas, TSS, dan total bakteri heterotrof. Data hasil pengamatan dianalisis varian dan dilanjutkan dengan uji BNT jika terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan menggunakan program statistik SPSS. Hasil pengamatan parameter kualitas air dianalisis secara diskriptif.

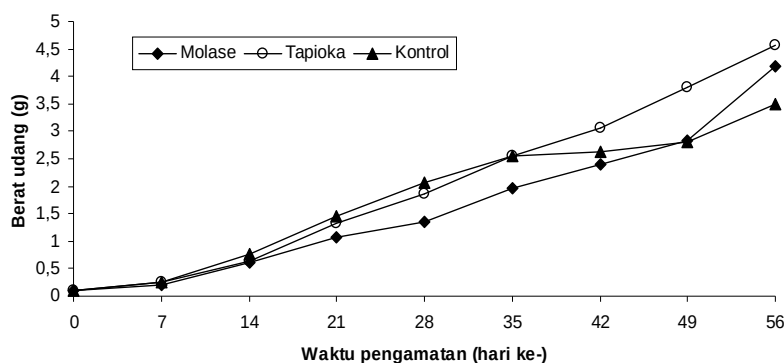
HASIL DAN BAHASAN

Hasil pengamatan pertumbuhan bobot udang vaname selama 60 hari pemeliharaan semakin meningkat seiring dengan lama waktu pemeliharaan untuk semua perlakuan. Pada Tabel 1, tampak bahwa bobot akhir rata-rata udang vaname paling tinggi ($4,5611 \pm 0,5616$ g/ekor) dijumpai pada perlakuan penambahan tepung tapioka, kemudian disusul perlakuan penambahan molase ($4,1864 \pm 0,5791$ g/ekor), dan terendah pada perlakuan kontrol ($3,5034 \pm 1,0922$ g/ekor). Pertumbuhan udang vaname dengan perlakuan penambahan sumber karbohidrat cenderung lebih baik dibanding dengan tanpa penambahan sumber karbohidrat.

Keragaman tingkat pertumbuhan ini mengindikasikan adanya variasi asupan nutrisi yang diterima oleh udang. Tingginya tingkat pertumbuhan pada perlakuan penambahan tepung tapioka disebabkan oleh adanya pemanfaatan melimpahnya populasi bakteri dan plankton (flok) sebagai sumber nutrisi alternatif bagi udang. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Hari *et al.* (2004) yang menggunakan tepung tapioka, *Manihot esculenta* sebagai sumber karbohidrat pada budidaya udang windu pola tradisional plus dengan padat tebar 7 ekor/m² dengan hasil yang diperoleh pertumbuhan udang windu yang lebih baik pada perlakuan penambahan tepung tapioka dibanding dengan tanpa penambahan sumber karbohidrat. Sedangkan penelitian Hadi (2006) melaporkan bahwa tingkat pertumbuhan mutlak udang vaname terbaik diperoleh pada perlakuan penambahan karbon dan probiotik, kemudian penambahan sumber karbon saja dan kontrol (tanpa penambahan sumber karbon). Samocha *et al.* (2007) melaporkan bahwa penambahan molase sebagai sumber karbon (24% karbon) pada kadar 0%, 50%, 100%, dan 150% dari kebutuhan karbohidrat yang diperlukan bakteri, menunjukkan performa pertumbuhan udang vaname yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) antar perlakuan yang diuji pada fase pendederan (nursery).

Gunarto & Burhanuddin (2009) juga melaporkan bahwa penambahan sumber karbohidrat tepung tapioka 62% dan 2 x 62% dari total pakan/hari ke dalam media pemeliharaan memberikan pertumbuhan

bobot rata-rata udang windu sebesar 5,3-5,5 g/ekor yang lebih tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan yang tidak ditambahkan sumber karbohidrat yaitu 4,8 g/ekor. Studi yang dilakukan oleh Kuhn *et al.* (2009) terhadap bioflok yang dikembangkan pada sebuah reaktor (booster bioflok) dan digunakan sebagai pakan udang memberikan perbaikan yang signifikan pada pertumbuhan dan SGR pada udang. Widanarni *et al.* (2010) melaporkan bahwa penambahan probiotik dan sumber karbon (molase) dengan C/N ratio 10 menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik, dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan penambahan probiotik dan sumber karbon dengan C/N ratio 15 dan 20, namun berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan molase).



Gambar 1. Pertumbuhan udang vaname (*L. vannamei*) pada masing-masing perlakuan selama pemeliharaan

Pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan udang vaname yang diperoleh pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Pertumbuhan mutlak tertinggi diperoleh pada perlakuan penambahan tapioka yakni sebesar 4,471 g; selanjutnya perlakuan penambahan molase dan terendah pada perlakuan kontrol masing-masing sebesar 4,093 dan 3,403 g. Sedangkan laju pertumbuhan bobot harian yang diperoleh pada penelitian ini berada pada kisaran 5,963%-6,446%. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan bobot pada perlakuan penambahan tepung tapioka dan molase dalam media pemeliharaan udang yang berbeda tidak nyata ($P > 0,05$) dengan perlakuan kontrol.

Laju pertumbuhan harian udang vaname yang diperoleh pada penelitian ini tidak jauh berbeda dari beberapa penelitian sebelumnya. Suwoyo & Hendrajat (2006) mendapatkan laju pertumbuhan harian udang vaname yang dipelihara pada substrat berbeda yakni pasir pantai, tanah sawah, dan

Tabel 1. Bobot mutlak, laju pertumbuhan harian, sintasan, dan produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dengan penambahan sumber karbon yang berbeda

Peubah	Perlakuan penambahan sumber karbon		
	A (molase)	B (tepung tapioka)	C (kontrol)
Lama pemeliharaan (hari)	60	60	60
Kepadatan (ind/bak)	250	250	250
Bobot awal (g)	0,095±0,045	0,095±0,045	0,095±0,045
Bobot akhir (g)	4,1864±0,5791	4,5611±0,5616	3,5034±1,0922
Bobot mutlak (g)	4,093 ^a ±0,581	4,471 ^a ±0,561	3,403 ^a ±1,098
Laju tumbuh harian (%)	6,288 ^a ±0,107	6,446 ^a ±0,202	5,963 ^a ±0,491
Sintasan (%)	75,33 ^{ab} ±0,387	82,53 ^a ±1,665	59,86 ^b ±12,83

Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata ($P > 0.05$)

tanah tambak masing-masing 4,76%; 3,84%; dan 5,35%/hari. Menurut Budiardi (2007), bahwa laju pertumbuhan individu spesifik menunjukkan penurunan dengan meningkatnya bobot rata-rata seiring dengan meningkatnya masa pemeliharaan. Laju pertumbuhan spesifik udang vaname yang dibudidayakan secara intensif dengan kepadatan 70-100 ekor/m² yakni pada umur 1-40 hari laju pertumbuhan hariannya berkisar 14,16%-15,62%/hari; pada umur 40-70 berkisar 3,53%-4,46%/hari; dan pada umur 70-100 hari berkisar 0,31%-1,55%/hari. T

ahe (2008) memperoleh laju pertumbuhan bobot harian udang vaname berkisar antara 5,17%–5,26% pada penelitian pengurangan ransum pakan (starvasi) dalam wadah terkontrol. Tahe *et al.* (2008) mendapatkan laju pertumbuhan harian udang vaname berkisar 6,42%–6,62%/hari pada bak terkontrol dengan perlakuan substrat dasar berbeda. Gunarto & Hendrajat (2008) mendapatkan laju tumbuh harian udang vaname berkisar antara 0,12–0,17 g/hari yang dibudidayakan secara semi-intensif (25 ekor/m²) selama 98 hari pemeliharaan. Tahe (2008) memperoleh laju pertumbuhan bobot harian udang vaname berkisar antara 5,17%–5,26% pada penelitian pengurangan ransum pakan (starvasi) dalam wadah terkontrol. Tahe *et al.* (2008) mendapatkan laju pertumbuhan harian udang vaname berkisar 6,42%–6,62%/hari pada bak terkontrol dengan perlakuan substrat dasar berbeda. Hasil penelitian Tahe *et al.* (2009) memperoleh rata-rata bobot udang vaname sebesar 0,77 g/ekor dengan laju pertumbuhan spesifik udang 8,56%/hari selama 45 hari pemeliharaan. Sedangkan pada periode pemeliharaan 30 hari diperoleh rata-rata bobot udang 0,41 g/ekor dengan laju pertumbuhan spesifik sebesar 12,33% dan pada pemeliharaan 15 hari diperoleh bobot rata-rata individu sebesar 0,14 g/ekor dengan laju pertumbuhan spesifik udang sebesar 17,89%/hari. Widanarni *et al.* (2010) mendapatkan bahwa penambahan sumber karbon dengan C/N rasio 10 memberikan pertumbuhan bobot (20,37%/hari) dan efisiensi pakan lebih dari 2 kali lipat lebih tinggi dibanding dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan molase).

Menurut Effendie (1979), pertumbuhan udang dipengaruhi oleh keturunan, jenis kelamin, umur, kepadatan, parasit dan penyakit, serta kemampuan memanfaatkan makanan. Pertambahan bobot badan sangat dipengaruhi oleh konsumsi pakan, karena konsumsi pakan menentukan masukan zat nutrisi ke dalam tubuh yang selanjutnya dipakai untuk pertumbuhan dan keperluan lainnya. Wyban & Sweeny (1991) mengemukakan bahwa pemberian pakan yang tepat baik kualitas maupun kuantitas dapat memberikan pertumbuhan yang optimum bagi udang. Pemberian pakan dalam jumlah yang berlebihan akan meningkatkan biaya produksi dan pemborosan serta menyebabkan sisa pakan yang berlebihan yang berakibat pada penurunan kualitas air sehingga berpengaruh pada pertumbuhan dan sintasan udang.

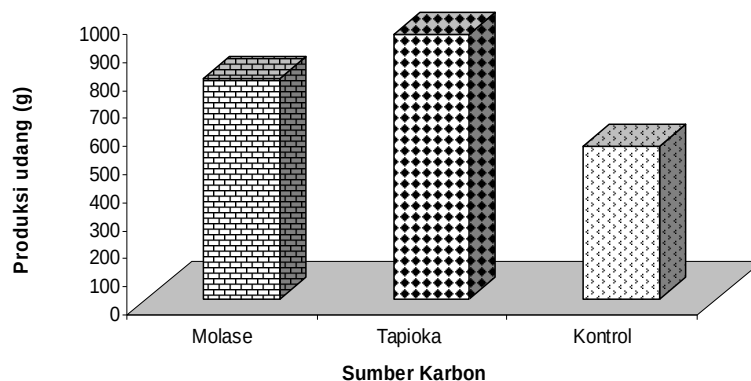
Dari hasil penelitian ini (Tabel 1), didapatkan bahwa nilai rata-rata sintasan udang vaname tertinggi diperoleh pada perlakuan penambahan tepung tapioka yakni sebesar 82,53%; selanjutnya perlakuan penambahan molase dan terendah pada perlakuan kontrol masing-masing sebesar 75,33% dan 59,86%. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penambahan sumber karbon pada media pemeliharaan berpengaruh nyata terhadap sintasan udang vaname ($P < 0,01$). Sintasan udang vaname pada perlakuan B (penambahan tepung tapioka) tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan perlakuan A (penambahan molase), namun berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan perlakuan C (tanpa penambahan sumber karbon). Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa rata-rata produksi udang vaname tertinggi juga dijumpai pada perlakuan B ($943,46 \pm 135,25$ g); kemudian diikuti oleh perlakuan A ($785,66 \pm 104,57$ g); dan terendah pada perlakuan C ($543,82 \pm 283,057$ g).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan sumber karbon ke dalam media pemeliharaan berpengaruh nyata terhadap produksi udang udang vaname ($P < 0,01$). Hal ini mengindikasikan bahwa dengan penambahan sumber karbon ke dalam media pemeliharaan mampu meningkatkan sintasan dan produksi udang yang dibudidayakan. Tingginya tingkat sintasan dan produksi udang vaname dengan perlakuan penambahan sumber karbohidrat (A dan B) disebabkan karena adanya pengkayaan nutrisi dalam bentuk bioflok yang dapat dimanfaatkan oleh udang vaname. Komunitas mikroba (bioflok) yang terbentuk terdiri atas campuran mikroorganisme yang heterogen antara lain bakteri filamen, plankton, fungi, protozoa, ciliata, nematoda, partikel, koloid, polimer organik, kation, dan sel yang mati ukurannya bisa lebih dari 1.000 μ m. (Hagereaves, 2006; De Schryver *et al.*, 2008; Aiyushirota, 2009; Avnimelech, 2009). Lebih lanjut Crab *et al.* (2007)

mengemukakan bahwa pemanfaatan bioflok sebagai pakan bagi udang tergantung dari spesies udang/ikan, persentase pemberian pakan, ukuran udang/ikan, ukuran flok, dan kepadatan flok. Hasil penelitian Hari *et al.* (2004) pada sistem bioflok dengan pengaturan C/N rasio melalui penambahan tepung tapioka sebagai sumber karbon diperoleh peningkatan bobot udang, kuantitas produksi, SGR, FCR, dan retensi protein.

Pemanfaatan bioflok sebagai makanan alami oleh organisme akuatik telah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya antara lain ikan nila/tilapia (Avnimelech, 2007; Avnimelech, 2010), udang vaname (Bufford *et al.*, 2004; Hadi, 2006; Ekasari, 2009; Widanarni, 2010). Sementara Crab *et al.* (2009) melaporkan bahwa bioflok dapat digunakan sebagai makanan alami dalam pemeliharaan *post larvae* udang galah, *Macrobrachium rosenbergii*. Rohmana (2009) mengkonversi limbah budidaya ikan lele menjadi biomassa bakteri heterotrof untuk perbaikan kualitas air dan pakan bagi udang galah.

Sementara rendahnya produksi udang vaname yang diperoleh pada perlakuan C (tanpa penambahan sumber karbohidrat) disebabkan karena pertumbuhan dan sintasan udang yang dihasilkan rendah, juga disebabkan karena adanya parameter kualitas air yang kurang mendukung untuk pertumbuhan dan kehidupan udang seperti kadar amonia yang cukup tinggi sehingga menyebabkan kematian udang vaname yang dipelihara. Menurut Effendi (2000), bahwa amonia bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik pada organisme akuatik termasuk udang. Toksisitas amonia akan meningkat bila terjadi penurunan oksigen terlarut, pH, dan suhu air. Utojo *et al.* (1989) mengemukakan bahwa tinggi rendahnya produksi yang dihasilkan tergantung pada sintasan, kecepatan laju pertumbuhan, makanan, dan padat penebaran udang yang dipelihara.



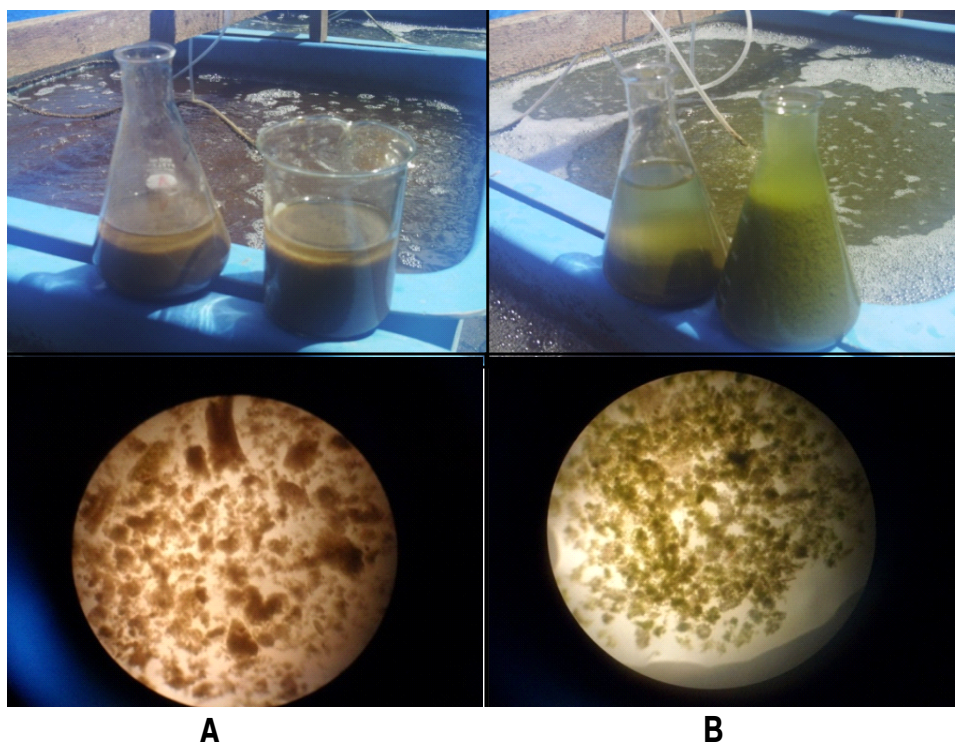
Gambar 2. Produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada masing-masing perlakuan selama 60 hari pemeliharaan

Konversi pakan merupakan bilangan yang menunjukkan jumlah makanan yang diperlukan untuk menghasilkan bobot tertentu. Semakin rendah nilai konversi makanan semakin baik karena sedikit makanan yang dibutuhkan untuk menghasilkan bobot tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rasio konversi pakan pada perlakuan penambahan sumber karbon (tepung tapioka dan molase) lebih rendah (1,50-1,54) dan berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan perlakuan kontrol/tanpa penambahan sumber karbon (2,5). Huet (1971) menyatakan bahwa konversi makanan dipengaruhi oleh jumlah dan cara pemberian makanan, kelompok umur, kepadatan, bobot individu, suhu air, tingkat kematian udang, masa simpan dan kualitas makanan yang digunakan, sintasan, kepadatan, bobot individu, perbedaan persentase makanan harian, waktu dan lokasi penelitian, serta pertumbuhan biomassa udang. Makanan yang mutunya baik dan efisien mempunyai nilai konversi sekitar 1,6-1,8 (Mudjiman & Suyanto, 1989). Nilai konversi makanan yang baik untuk benih dan udang muda adalah 1,1-1,5; sedangkan udang dewasa ukuran 40 g sebesar 2,3-2,4 (Tricahyo, 1994). Anonim (2003) mendapatkan FCR 1,3 untuk budidaya udang vaname dengan kepadatan 90 ekor/m², sintasan 70%-90%, dan bobot udang rata-rata saat panen 20 g/ekor dengan lama pemeliharaan 110 hari. Trenggono (2003) mendapatkan FCR udang vaname sebesar 1,4 yang dipelihara di tambak dengan kepadatan 90 eko/

m² dengan lama pemeliharaan 110 hari. Haliman & Adijaya (2005) melaporkan budidaya udang vaname di Situbondo, Jawa Timur dengan padat tebar 150 ekor/m², sintasan 85%, bobot akhir 14,28 g/ekor; menghasilkan udang sebanyak 5.465 kg/3.000 m² dengan FCR 1,5. Samocha *et al.* (2007) memperoleh rasio konversi pakan pada budidaya udang vaname sistem bioflok dengan penambahan molase sebagai sumber karbon pada kadar 0%, 50%, 100%, dan 150% dari kebutuhan karbohidrat yang diperlukan bakteri diperoleh rasio konversi pakan masing-masing sebesar 1,59; 1,69; 1,69; dan 1,95.

Jumlah plankton yang diperoleh pada penelitian ini terdiri atas 8 jenis fitoplankton (72,73%) dan 3 jenis zooplankton (27,27%). Jenis-jenis fitoplankton yang ditemukan antara lain *Oscillatoria* sp., *Protoperdinium* sp., *Colurella* sp., *Cryptomonas* sp., *Ceratium* sp., *Diplosalis* sp., *Eutreptia* sp., *Thalassionema* sp. Sedangkan jenis-jenis zooplankton terdiri atas *Brachionus* sp., *Copepoda*, dan cacing. Kelimpahan individu plankton pada perlakuan A (penambahan molase) berkisar 92-1683 ind./L, perlakuan B (penambahan tepung tapioka) berkisar 100-2.222 ind./L, dan perlakuan C (kontrol) berkisar 98-744 ind./L.

Hasil analisis proksimat kandungan nutrisi bioflok disajikan pada Tabel 2, menunjukkan bahwa kandungan protein bioflok pada sumber karbon yang berasal dari molase berkisar 15,67%-24,43% yang relatif tidak berbeda dengan sumber karbon tepung tapioka yakni 17,06%-22,97%. Menurut Verstraete *et al.* (2008), bahwa flok mikroba mengandung nutrisi seperti protein (19%-32%), lemak (17%-39%), karbohidrat (27%-59%), dan abu (2%-7%) yang cukup bagus bagi ikan/udang budidaya. Tacon *et al.* (2002) mendapatkan kandungan protein bioflok berkisar 35%-38%, lemak sebesar 5%-9%, abu 7%-10%, dan energi sebesar 18-19 kJ/g pada pemeliharaan udang vaname. Usman *et al.* (2009) memperoleh kandungan nutrisi bioflok dengan sumber karbon dedak halus yakni protein 26,35%; lemak 4,37%; serat kasar 13,70%; abu 15,52%; dan BETN sebesar 40,06%. Sedangkan kandungan nutrisi yang bersumber dari bungkil kopra diperoleh kandungan protein 34,41%; lemak 3,11%; serat kasar 3,78%; abu 30,21%; dan BETN sebesar 28,49%. Ekasari (2010) memperoleh kandungan nutrisi bioflok dengan sumber karbon glukosa pada salinitas 30 ppt diperoleh protein 28±6%, lemak 6±1%, dan abu 12±6%, sedangkan dengan sumber karbon yang berasal dari *glyserol* diperoleh kandungan protein 31±8%, lemak 9±3%, dan abu 7±5%. Menurut De Schyver *et al.* (2008), bahwa sumber



Gambar 3. Bioflok yang terbentuk pada media pemeliharaan udang vaname, (A) penambahan molase, (B) penambahan tepung tapioka

karbon organik yang digunakan sangat menentukan komposisi kimia flok yang terbentuk terutama tipe dan kandungan cadangan polimernya. Bioflok mengandung protein yang tinggi, asam lemak tidak jenuh, dan lipid. Oleh karena itu, penumbuhan flok mikroba heterotrofik ini merupakan suatu solusi untuk meningkatkan pemanfaatan protein pakan dan menekan beban limbah budidaya.

Tabel 2. Komposisi proksimat bioflok dengan sumber karbon berbeda

Peubah	Sumber karbon	
	A (Molase)	B (Tapioka)
Protein (%)	15,67-24,43	17,06-22,97
Lemak (%)	0,05-0,11	0,04-0,11
Serat kasar (%)	0,41-2,55	1,59-3,03
Abu (%)	34,52-49,77	34,87-51,03
Air (%)	5,44-10,4	3,96-8,84
C-organik (%)	7,56-11,20	7,23-9,73
BETN (%)	29,41-43,27	26,18-45,54

Hasil pengamatan total populasi *Vibrio* sp. dan total populasi bakteri pada media pemeliharaan udang vaname menunjukkan bahwa total *Vibrio* sp. pada kolom air pada awal pemeliharaan berkisar antara $5 \times 10^0 - 2,4 \times 10^2$ cfu/mL; kemudian memperlihatkan kecenderungan yang terus meningkat hingga akhir pemeliharaan. Total *Vibrio* sp. pada akhir pemeliharaan pada perlakuan A berkisar $1,85 - 6,8 \times 10^3$ cfu/mL; perlakuan B berkisar $3,7 - 8,3 \times 10^3$; dan perlakuan C berkisar $1,3 \times 10^3 - 1,1 \times 10^4$. Total populasi bakteri heterotrof yang diperoleh pada masing-masing perlakuan tampak terjadi fluktuasi. Total populasi bakteri pada awal pemeliharaan berkisar $3,25 \times 10^4 - 1,35 \times 10^5$, selanjutnya meningkat menjadi $2,20 \times 10^7$ cfu/mL pada perlakuan A, sedangkan pada perlakuan B mencapai $6,97 \times 10^6$ cfu/mL dan perlakuan C sebesar $2,19 \times 10^6$ cfu/mL.

Adanya penambahan sumber karbon ke dalam media pemeliharaan menyebabkan terbentuknya bioflok dengan ikatan antara substansi flok yang mampu memproduksi *bacteriocyn* untuk melawan bakteri *vibrio* yang patogen. Selain itu, adanya asam lemak rantai pendek pada komposisi internal bioflok dapat menjadi agen biokontrol terhadap penyakit. Bioflok merupakan komunitas mikroba yang mencapai kepadatan $> 10^7$ cfu/mL (Burford *et al.*, 2003; Anonim, 2008). Hari *et al.* (2004) mengemukakan bahwa penambahan karbohidrat pada kolom air dapat memberikan peningkatan pada populasi bakteri heterotrofik di perairan dan pada sedimen tambak. Total bakteri heterotrofik di air berkisar $1,21 - 26,9 \times 10^4$ cfu/mL sedangkan di sedimen $24,8 - 62,1 \times 10^6$ cfu/g. Bufford *et al.* (2003) mencatat bahwa peningkatan C/N ratio pada tambak udang vaname menyebabkan meningkatnya total populasi bakteri di air. Sementara Rohmana (2009) melaporkan bahwa pada budidaya ikan lele dengan penambahan sumber molase dengan C/N rasio 15 menyebabkan peningkatan populasi bakteri sebesar 2 log cfu/mL dibanding dengan kontrol.

Hasil pengamatan yang dilakukan oleh Mansyur *et al.* (2009) bahwa kandungan total populasi bakteri *Vibrio* sp. pada air dan tanah tambak mencapai $10^3 - 10^4$ cfu/mL telah menyebabkan kematian pada budidaya udang vaname umur 60 hari pemeliharaan. Menurut Muliani *et al.* (2000), mengemukakan bahwa jenis dan konsentrasi *Vibrio* yang membahayakan di air tambak yaitu *Vibrio harveyi* (*Vibrio* koloni warna hijau terpendar) yang masih ditolerir adalah $< 10^3$ cfu/mL. Supito *et al.* (2008) mengemukakan bahwa dominasi dan kemelimpahan bakteri *Vibrio* sp. yang tidak stabil pada tambak menunjukkan kondisi yang berisiko terhadap masalah kesehatan udang. Fluktuasi *Vibrio* sp. dapat menjadi perangsang (*trigger*) timbulnya penyakit WSSV. Beberapa data lapangan menunjukkan bahwa tambak udang yang terserang WSSV mengandung total bakteri *Vibrio* sp. $> 10^4$ cfu/mL. Menurut De Schryver *et al.* (2008) dan Aiyushirota (2009), bahwa salah satu karakter yang harus dimiliki oleh

bakteri untuk membentuk flok adalah kemampuannya mensintesis senyawa polihidroksi alkanoat (PHA), terutama satu jenis PHA yang spesifik seperti poli β -hidroksi butirat. Senyawa ini merupakan senyawa esensial yang berperan sebagai substansi untuk membentuk ikatan polimer antar substansi bioflok. Persyaratan lain yang harus dimiliki oleh bakteri untuk membentuk flok adalah non patogen, mampu memproduksi enzim ekstraseluler, mampu memproduksi *bacteriocyn* untuk melawan bakteri patogen, mampu memproduksi metabolit sekunder yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan, dan menetralkan toksin dari plankton yang mengganggu, dan mudah diproduksi.

Hal yang perlu diperhatikan dalam teknik intensifikasi mikrobial adalah pengkayaan bahan organik sumber karbon dalam media pemeliharaan ternyata juga dapat meningkatkan potensi tumbuhnya bakteri-bakteri patogen. Untuk itu, perlu dilakukan sterilisasi awal akan sangat membantu menekan munculnya bakteri patogen dalam lingkungan budidaya. Setelah itu, pengkayaan bakteri probion yang bermanfaat dapat dilakukan untuk menciptakan dominasi populasi bakteri yang diinginkan. Hal tersebut dapat meminimalkan tumbuhnya bakteri patogen saat dilakukan pengkayaan bahan sumber karbon (molase, tepung tapioka, sagu, glukosa, dedak halus, dan lain-lain).

Kualitas air mempunyai peranan penting sebagai pendukung kehidupan dan pertumbuhan udang vaname. Hasil pengamatan terhadap beberapa peubah kualitas air yang meliputi suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, TAN, nitrit, nitrat, fosfat, TSS, dan BOT pada semua perlakuan selama penelitian di sajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kisaran peubah kualitas air selama penelitian

Peubah	Perlakuan sumber karbon		
	Molase	Tepung tapioka	Kontrol
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	28,1-29,8	28,3-29,9	28,2-29,5
Salinitas (ppt)	30-35	30-35	30-35
pH	7,0-8,0	7,0-8,0	6,0-7,8
Oksigen terlarut (mg/L)	5,9-6,5	5,6-6,5	6,0-6,7
TAN (mg/L)	0,002-3,297	0,002-3,485	0,021-4,085
Nitrit (mg/L)	0,019-3,081	0,012-3,089	0,004-5,536
Nitrat (mg/L)	0,008-1,226	0,003-1,483	0,003-1,705
Fosfat (mg/L)	0,013-15,663	0,014-21,030	0,015-21,594
TSS (mg/L)	40-1.172	40-925	40-572
BOT (mg/L)	21,64-109,71	19,14-65,35	18,00-65,35

Kualitas air mempunyai dampak yang sangat berpengaruh terhadap kesehatan udang. Rendahnya kualitas air pada media pemeliharaan dapat mengakibatkan rendahnya tingkat pertumbuhan, sintasan, dan frekuensi *moulting*, serta peningkatan bakteri yang merugikan. Kualitas air media pemeliharaan selama penelitian masih berada pada kisaran yang layak bagi pertumbuhan dan sintasan udang vaname kecuali kadar TAN, nitrit, dan TSS. Menurut Anonim (2003), bahwa kualitas air yang layak untuk budidaya udang vaname adalah salinitas optimal 10-25 ppt (toleransi 50 ppt); suhu 28°C - 31°C (toleransi 16°C - 36°C); oksigen terlarut > 4 mg/L (toleransi minimum 0,8 mg/L); pH 7,5-8,2; alkalinitas 120-150 mg/L; amonia $< 0,1$ mg/L; fosfat 0,5-1 mg/L; dan $\text{H}_2\text{S} < 0,003$ mg/L. Suprpto (2005) mengemukakan bahwa temperatur dan kadar oksigen optimal untuk budidaya udang vaname berkisar 27°C - 32°C dan > 3 mg/L dengan toleransi 2 mg/L, kandungan nitrit yang dapat ditoleransi oleh udang vaname berkisar 0,1–1 mg/L. Haliman & Adijaya (2005) menambahkan bahwa suhu optimal pertumbuhan udang vaname antara 26-32. Udang vaname dapat tumbuh baik/optimal pada kisaran salinitas 15–25 ppt, bahkan beberapa penelitian menunjukkan bahwa pada salinitas 5 ppt masih layak untuk pertumbuhannya (Soemardjati & Suriawan, 2006). Menurut Mc Grow & Scarpa (2002), bahwa udang vaname dapat hidup pada kisaran salinitas yang lebar dari 0,5-45 ppt.

Azim & Little (2008) memperoleh kualitas air pada media budidaya ikan nila dengan sistem bioflok yakni suhu berkisar 26°C-30°C, oksigen terlarut berkisar 3,0-7,5 mg/L; pH berkisar 5,0-8,5; alkalinitas 8-250 mg/L. Hari *et al.* (2004) memperoleh kualitas air pada media budidaya udang windu sistem bioflok yakni suhu berkisar 28,1°C-29,8°C; pH 7,8-7,9; salinitas 26,3-26,7; dan oksigen berkisar 6,0-6,1 mg/L.

Hasil pengamatan kadar TSS pada media pemeliharaan udang vaname pada awal pemeliharaan yakni 36,67 mg/L pada perlakuan penambahan molase dan tapioka, sedangkan pada perlakuan C 26,67 mg/L; kemudian meningkat tajam pada hari ke-43 hingga mencapai 739-1.172 mg/L dengan penambahan molase 684-925 mg/L dengan penambahan tepung tapioka dan kontrol berkisar 398-572 mg/L. Peningkatan kandungan TSS ini disebabkan karena adanya konversi limbah N dari kegiatan budidaya udang vaname dengan penambahan C-organik dari molase dan tapioka menjadi mikroorganisme heterotrof yang selanjutnya membentuk flokulasi (bioflok).

Hingga akhir pemeliharaan kandungan TSS yang diperoleh pada perlakuan penambahan molase 905-925 mg/L, penambahan tapioka mencapai 586-908 mg/L, dan perlakuan kontrol 398-572 mg/L. Nilai TSS ini tergolong tinggi, sehingga harus dikeluarkan/siphon secara periodik sehingga tidak membahayakan udang vaname. Azim & Little (2008) memperoleh nilai TSS pada media budidaya ikan nila dengan sistem bioflok sebesar 560-597 mg/L. Menurut Avnimelech (2009), nilai normal TSS pada tambak udang intensif adalah pada kisaran 50-300 mg/L, sedangkan pada kolam budidaya ikan secara intensif mencapai 1.000 mg/L.

Perubahan pada intensitas pencampuran yang dipengaruhi oleh adanya aerasi akan berpengaruh pula pada konsentrasi oksigen (DO) terlarut pada air. DO tidak hanya penting untuk aktivitas metabolisme sel flok aerobik tetapi juga mempengaruhi struktur flok. Flok yang besar dengan kepadatan yang tinggi diperoleh pada tingkat DO yang tinggi (De Schryver *et al.*, 2008). Hasil pengamatan oksigen terlarut pada penelitian ini berkisar 5,6-6,5 mg/L pada perlakuan penambahan sumber karbon, sedangkan perlakuan kontrol oksigen yang terukur berkisar 6,0-6,7 mg/L. Kadar oksigen ini sangat mendukung untuk terbentuknya bioflok pada media pemeliharaan.

Hasil pengamatan suhu air pada penelitian ini berkisar 28,1°C-29,9°C. Menurut Wilen *et al.* (2000), bahwa deflokulasi terjadi pada temperatur rendah (4°C) sedangkan pada temperatur tinggi (30°C-35°C) akan mengakibatkan akumulasi lumpur, temperatur yang baik untuk memperoleh flok yang stabil adalah 20°C-25°C. Temperatur juga merupakan faktor yang penting pada metabolisme mikroba (De Schryver *et al.*, 2008). Perubahan pH sangat mempengaruhi stabilitas bioflok di tambak. pH juga merupakan faktor yang menyebabkan stres pada beberapa organisme budidaya. Hasil pengukuran pH air dalam penelitian ini berkisar 7-8 (perlakuan A dan B), sedangkan 6-7,8 (kontrol) Wyban & Sweeny (1991) mengemukakan bahwa kisaran pH air yang cocok untuk budidaya udang vaname secara intensif antara 7,4-8,9 dengan nilai optimum 8,0.

Amonia merupakan produk akhir dari hasil metabolisme protein. Adanya sisa pakan dan feses yang merupakan hasil metabolisme udang, memberikan kontribusi pada kenaikan residu nitrogen di perairan. Di perairan NH_3 (amonia) dan NH_4^+ (ammonium) berada pada kondisi yang seimbang tergantung dari pH dan temperatur perairan. Jumlah dari NH_3 dan NH_4^+ disebut sebagai total amonia nitrogen (TAN).

Hasil pengamatan kandungan TAN pada media pemeliharaan udang vaname yakni perlakuan A berkisar 0,002-3,297 mg/L; perlakuan B berkisar 0,002-3,485 mg/L; dan perlakuan C sebesar 0,021-4,085 mg/L. Kadar TAN tersebut cukup tinggi dan menyebabkan kematian udang yang dipelihara. Hari *et al.* (2004) mendapatkan kandungan TAN pada media pemeliharaan udang sistem *indoor* dengan perlakuan kandungan protein pakan 25% dan 40% tanpa bioflok diperoleh nilai TAN sebesar 4,7 dan 9,0 mg/L. sedangkan perlakuan protein pakan 25% dan 40% dengan bioflok diperoleh kandungan TAN sebesar 3,1 dan 3,7 mg/L. Menurut Crab *et al.* (2007), bahwa TAN bersifat toksik terhadap udang pada tingkat konsentrasi yang tinggi, batas maksimum konsentrasi TAN di perairan adalah 1,5 mg N/L.

Penelitian yang dilakukan oleh Avnimelech (1999) menunjukkan adanya efek penambahan karbohidrat terhadap TAN. Di mana terjadi penurunan akumulasi TAN dengan penambahan glukosa

sebagai sumber karbon. Diasumsikan amonium nitrogen (TAN) pada perairan sekitar 10 mg/L dan konsentrasi glukosa yang ditambahkan 20 kali lebih tinggi dari TAN atau untuk mereduksi konsentrasi total amonium nitrogen (TAN) dengan 1 mg/L N (1 g N/m³) dibutuhkan sumber karbon sebesar 20 g/m³, didapatkan bahwa semua amonium hilang setelah 2 jam.

Menurut Cholik & Ahmad (1981), bahwa kualitas air terutama amonia merupakan penyebab yang secara tidak langsung dapat menurunkan sintasan. Konsentrasi NH₃ yang relatif aman untuk udang *Penaeus* sp. adalah di bawah 0,1 mg/L (Liu, 1989). Menurut Samocha & Lawrence (1993), kandungan amoniak untuk juvenil udang vaname berkisar antara 0,4–2,31 mg/L. Lin & Chen (2001) melaporkan bahwa nilai LC₅₀ amoniak untuk yuwana udang vaname pada perendaman 24, 48, 72, dan 96 jam, salinitas 35 ppt yakni 2,78; 2,18; 1,82; dan 1,60 mg/L. Adiwijaya *et al.* (2003) berpendapat bahwa kisaran optimal nitrit untuk budidaya vaname yakni 0,01-0,05 mg/L sedangkan kisaran optimal bahan organik (BOT) pada budidaya udang vaname < 55 mg/L. Menurut Clifford (1994), bahwa konsentrasi nitrat yang optimal untuk udang vaname berkisar 0,4-0,8 mg/L.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penambahan sumber karbon pada media pemeliharaan udang vaname (tepung tapioka dan molase) memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata ($P > 0,05$) terhadap pertumbuhan, namun berbeda nyata ($P < 0,05$) terhadap sintasan, produksi, dan rasio konversi pakan udang vaname dibanding dengan perlakuan kontrol (tanpa penambahan sumber karbon). Penggunaan tepung tapioka dan molase dapat digunakan sebagai sumber karbon pada budidaya udang dengan teknologi bioflok di tambak. Dari penelitian ini disarankan menggunakan jenis sumber karbon yang lain, mudah diperoleh dan harga yang lebih murah, serta teknik pemberian sumber karbon yang lebih efisien pada budidaya udang vaname dengan teknologi bioflok.

DAFTAR ACUAN

- Adiwijaya, D., Sapto P.R., Sutikno, E., Sugeng, & Subiyanto. 2003. Budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sistem tertutup yang ramah lingkungan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Dirjen Perikanan Budidaya. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara, 29 hlm.
- Aiyushirota. 2009. Konsep budidaya sistem bakteri heterotrof dengan bioflocs. Biotechnology Consulting and Trading. www.aiyushirota.com. akses Januari 2009, 14 hlm.
- Anonim. 2008. Bio floc Technology. AQUA Culture Asia Pacific Magazine, p. 27-28.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- Azim, M.E. & Little, D.C. 2008. The bioflok technology (BFT) in door tanks : Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nila Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283: 29-35.
- Brune, D.E., Schwartz, G., Eversole, A.G., Collier, J.A., & Schwedler, T.E. 2003. Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems. *Aquaculture Engineering*, 28: 65-86.
- Burford, M.A., Thompson, P.J., Bauman, H., & Pearson, D.C. 2003. Microbial communities: Affect water quality, shrimp performance at Belize Aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, p. 64-65.
- 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 zero-exchange system. *Aquaculture*, 232: 525-537.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for sustainable production. *Aquaculture*, 270: 1-14.
- De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., & Verstraete, W. 2008. The basics of bio-flocss technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137.
- Ekasari, J. 2008. *Bio-flok technology: The effect different carbon source, salinity and the addition of probiotics on the primary nutritional value of the bio-flocs*. Thesis. Ghent University, Belgium, 72 pp.

- Ekasari, J. 2010. The effect different carbon source, salinity and the addition of probiotics on the Primary nutritional content of Bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity. *HAYATI Journal of Biosciences*, 17(3): 125-130.
- Gunarto & Burhanuddin. 2009. Pemeliharaan benur windu dengan penambahan sumber C-karbohidrat pada skala Laboratorium. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan VI*. Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. Sekolah Tinggi Perikanan. Jakarta, 3-4 Desember 2009, hlm. 1-6.
- Gunarto, Burhanuddin, & Muliani. 2009. Penambahan sumber C-karbohidrat dengan frekuensi berbeda pada pemeliharaan benur vaname di Laboratorium. *Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Kelautan*. Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta, 3-4 Desember 2009, 12 hlm.
- Hadi, P. 2006. *Pengaruh pemberian karbon (Sukrosa) dan Probiotik terhadap dinamika populasi bakteri dan kualitas air media budidaya udang vaname (Litopenaeus vannamei)*. Skripsi. Program Studi Teknologi dan Manajemen Akuakultur. FPIK. Institut Pertanian Bogor.
- Haliman, R.W. & Adijaya, D.S. 2005. Udang vaname, Pembudidayaan dan Prospek Pasar Udang Putih yang Tahan Penyakit. Penebar Swadaya. Jakarta, 75 hlm.
- Hari, B., Kurup, B.M., Vargese, J.T., Schrama, J.W., & Verdegem, M.C.J. 2004. Effect of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 241: 179-194.
- Irianto, A. 2008. Teknologi Bio-flok dalam Akuakultur: Apa dan bagaimana ?. *Prosiding Semimar aquaculture Indonesia 2008*. Masyarakat Akuakultur Indonesia. Universitas Diponegoro Semarang, hlm. 152-159.
- Kuhn, D.D., Gregory, D.B., Steven, R.C., George, J.F.Jr., & Ewen, M. 2009. Use of Microbial Flocs Generated from Tilapia Effluent as a Nutritional Supplement for Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in Recirculating Aquaculture System. *Panorama Acuicola Magazine*, p. 32-36.
- Lin, Y.C. & Chen, J.C. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Elsevier Science Ltd. ISSN 0022-0981, 259(1):109-119.
- Maulani, N. 2009. *Aplikasi teknologi bioflok dalam budidaya udang putih (Litopenaeus vannamei Boone)*. Skripsi. Program studi Sarjana Mikrobiologi STIH. Institut Teknologi Bandung (ITB). Bandung.
- Mc Intoch, R.P. 2000. Ghargin paradigms in shrimp farming: IV. Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate*, 3(2): 44-50.
- Mc Graw, W.J. & Scarpa, J. 2002. Determining ion concentration for *Litopenaeus vannamei* culture in freshwater. *Global Aquaculture Advocate*, 5(3): 36-37.
- Montoya, R. & Velasco, M. 2000. Role of bacteria on nutritional and management strategies in aquaculture systems. *Global Aquaculture Advocate*, 3(2): 35-36.
- Mudjiman, A. & Suyanto, S.R. 2008. Budidaya Udang Windu. Penebar Swadaya, Jakarta, 133 hlm.
- Nuraeni, N. 2009. Teknologi Pembentukan Biofloc dan Potensi penggunaannya dalam Budidaya Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.).
- Padda, H. & Mangampa, M. 1993. Analisis ekonomi percobaan pergantian air dan lama aerasi dalam budidaya udang windu secara intensif di tambak Marana, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan Budidaya Pantai*, Maros, 16-19 Juli 1993, 11: 161-168.
- Palinggi, N.N. & Atmomarsono, M. 1988. Pengaruh beberapa jenis bahan baku pakan terhadap pertumbuhan udang windu (*Penaeus monodon* Fabr.). *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 1(4): 21-28.
- Rohmana, D. 2009. *Konversi limbah budidaya ikan lele menjadi biomassa bakteri heterotrof untuk perbaikan kualitas air dan pakan bagi udang galah, Macrobrachium rosenbergii*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Samocha, T.M., Lawrence, A.L., & Bray, W.A. 1993. Design and operation of an intensive nursery raceway system for penaeid shrimp. Mc Vey, J.P. (Ed.) CRC Hand Book of Mariculture 2nd edition Vol 1. Crustacean Aquaculture. Fishery Biologist. National Sea Grant College Program Silver Spring, Maryland, p. 113-210.
- Samocha, T.M., Susmita, P., Burger, J.S., Almeida, R.V., Abdul-Mehdi, A., Zarrein, A., Harisanto, M., Horowitz, A., & Brock, D.L. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge grow-out

- systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture America*, p. 1-2.
- Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., & Verreth, J.A.J. 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquaculture Engineering*, 32: 379–401.
- Supito, D.A., Maskar, J., & Damang, S. 2008. Teknik budidaya udang windu intensif dengan *green water system* melalui penggunaan pupuk nitrat dan penambahan sumber karbon. *Media Budidaya Air Payau*, 7: 38-53.
- Suprpto. 2005. Petunjuk teknik budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). CV Biotirta. Bandar Lampung, 25 hlm.
- Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conguest, L.D., Divakaran, Forster, I.P., & Decamp, O.E. 2002. Effect of culture system on nutrition and growth performance of Pacific white Shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*, 8: 121-137.
- Tricahyo, E. 1994. Biologi dan Kultur Udang Windu (*Penaeus monodon*). Akademika Presindo, Jakarta. hlm. 128.
- Trenggono, E. 2003. Timbang lagi keputusan anda bertambak vannamei. *Trobos*. Edisi Mei 2003. 44: 61-63.
- Utojo, Cholik, F., Mansyur, A., & Mangave, A.G. 1989. Pengaruh padat penebaran terhadap pertumbuhan, daya kelulusan hidup dan produksi udang windu (*Penaeus monodon*) dalam keramba jaring apung di muara Sungai Binasangkara. Maros. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*, 5(1): 95-101.
- Verstraete, W., Schryver, P.D., Defoirdt, T., & Crab, R. 2008. Added value of microbial life in flock. Laboratory for Microbial Ecology and Technology, Ghent University, Belgium, 43 pp. <http://labmet.ugent.be>. 43 pp.
- Widanarni, Yuniasari, D., Sukenda, & Ekasari, J. 2010. Nursery culture performance of *Litopenaeus vannamei* with probiotics additions and different ratio under laboratory condition. *HAYATI Journal of Biosciences*, 17(3): 115-119.
- Wyban, J.A. & Sweeny, J.N. 1991. Intensive Shrimp Production Technology. The Oceanic Institute Makapuu Point. Honolulu, Hawaii USA, 158 pp.

