

PENGARUH APLIKASI SUMBER C- KARBOHIDRAT (TEPUNG TAPIOKA) DAN FERMENTASI PROBIOTIK PADA BUDIDAYA UDANG WINDU, *Penaeus monodon* POLA INTENSIF DI TAMBAK

Gunarto, Muliani, dan Abdul Mansyur

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau

Jl. Makmur Dg. Sitakka No. 129, Maros, Sulawesi Selatan 90511

E-mail: *gunartom@yahoo.com*

(Naskah diterima: 22 Februari 2010; Disetujui publikasi: 14 Oktober 2010)

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk membandingkan pengaruh penambahan sumber C-karbohidrat (tepung tapioka) dan fermentasi probiotik pada budidaya udang windu dengan pola intensif di tambak terutama melihat efeknya terhadap perbaikan kualitas air, pertumbuhan, sintasan, dan produksi udang windu. Enam petak tambak masing-masing ukuran sekitar 4.000 m², setelah selesai tahap persiapan tambak (pengeringan, pembalikan tanah dasar, pengapuran, pengisian air, dan pemupukan), kemudian tambak ditebari tokolan udang windu PL-25 dengan padat tebar 20 ekor/m². Tiga perlakuan diuji yaitu A). Penambahan tepung tapioka ke air tambak dengan dosis 62% dari total pakan yang diberikan per hari dan diberikan dalam selang waktu lima hari sekali selama masa pemeliharaan pada bulan pertama dan kemudian dengan selang waktu tiga hari sekali selama masa pemeliharaan bulan kedua hingga menjelang panen; B). Pemberian fermentasi probiotik ke air tambak sebanyak 5 mg/L/minggu; dan C). Pemberian fermentasi probiotik ke air tambak sebanyak 10 mg/L/minggu. Masing-masing perlakuan dengan dua ulangan. *Sampling* pertumbuhan, kualitas air, dan bakteri dilakukan setiap dua minggu sekali. Sintasan, produksi, dan nilai konversi pakan dihitung setelah udang dipanen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian tepung tapioka menyebabkan konsentrasi amoniak relatif lebih rendah di perlakuan A daripada di perlakuan B dan C, namun menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$) di antara ketiga perlakuan tersebut. Bahan Organik Total (BOT) pada hari ke-112 di perlakuan C paling rendah dan menunjukkan perbedaan yang nyata ($P<0,05$) dengan BOT di perlakuan B dan A. Juga terdapat indikasi adanya peningkatan populasi bakteri heterotrof, bakteri Sulfur Oxidizing Bacteria (SOB) di sedimen tambak, terutama di perlakuan C yang terjadi setelah masuk bulan ke-IV. Konsentrasi oksigen terlarut di perlakuan C relatif lebih tinggi daripada di perlakuan B dan A. Hal tersebut kemungkinan yang menyebabkan pertumbuhan, sintasan, dan produksi udang pada perlakuan C lebih tinggi daripada yang diperoleh pada perlakuan B dan A. Nilai konversi pakan yang terendah juga dijumpai pada perlakuan C, sedangkan yang tertinggi pada perlakuan A. Hasil analisis statistik baik pada pertumbuhan, sintasan, produksi, dan nilai konversi pakan menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P>0,05$) di antara ketiga perlakuan yang diuji.

KATA KUNCI: udang windu, budidaya intensif, sumber C-karbohidrat, fermentasi probiotik

ABSTRACT: *The effect of C-carbohydrate addition (starch flour) and probiotic fermentation to tiger shrimp, Penaeus monodon cultured in intensive brackishwater pond system. By: Gunarto, Muliani and Abdul Mansyur*

The objective of the research was to compare the effect of addition of carbohydrate source (starch flour) and probiotics fermentation to the water quality and the growth, survival, and production of tiger shrimp in intensive brackishwater pond system. Six pond compartments each sized approximately of 4,000 m², went through preparation stages (pond drying, ploughing, liming, filling the pond with sea water and fertilizing). Then the ponds were stocked with tiger shrimp post larvae day 25 at stocking density of 20 ind./m². Three treatments were tested, A). the addition of starch flour in pond water column at a dosage of 62% of the total given feed per day, and applied every five days during the first month of shrimp culture, and then every three days from the second month to harvest time; B). the addition of probiotic fermentation to the pond water column and was given at 5 mg/L/week; and C). the addition of probiotic fermentation to the pond water column and was given at 10 mg/L/week. Result of the research showed that the addition of starch flour was able to decrease the ammonia concentration in treatment A, but there was no significant difference ($P>0.05$) with the ammonia concentration compared to the treatment B and C. Total Organic Matter (TOM) at day 112 in treatment C was the lowest and significantly different ($P<0.05$) with TOM in treatment B and A. There was also an indication of increasing heterothrophic bacterial population and Sulphur Oxidizing Bacterial (SOB) in the sediment pond of treatment C in the fourth month of culture period. Dissolved oxygen in treatment C relatively was higher than those of treatment A and B. These conditions presumably have caused the higher of shrimp growth, survival rate and production in treatment C compared to the treatment A and B. The lowest of feed conversion ratio was also obtained by treatment C and the highest was treatment A. Statistical analysis on shrimp growth, survival, production, and feed conversion ratio were not significantly different ($P>0.05$) among those treatments.

KEYWORDS: tiger shrimp, intensive culture, C-carbohydrate source, probiotic fermentation

PENDAHULUAN

Dalam upaya pengembangan budidaya udang yang ramah lingkungan beberapa cara sudah diteliti misalnya budidaya udang dengan sistem resirkulasi dan biofilter mangrove (Ahmad *et al.*, 2001) dan juga sistem tandon (Gunarto *et al.*, 2004). Sejak tahun 1990-an bakteri probiotik yang mampu mempercepat penguraian limbah organik menjadi mineral yang berguna bagi fitoplankton yang ada di tambak sehingga proses regenerasi nutrisi menjadi lebih cepat telah diaplikasikan di Indonesia (Poernomo, 2004). Matiasi *et al.* (2002) melaporkan bahwa penggunaan produk mikrobiologi komersial tertentu di Malaysia mempunyai potensi untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan produksi udang hasil budidaya tambak, meskipun menurut Devaraja *et al.* (2002) hal tersebut menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan dengan kontrol yang tanpa penggunaan probiotik. Selanjutnya Wang *et al.* (2005) melaporkan bahwa penggunaan probiotik mampu meningkatkan kepadatan bakteri amonifikasi, *Bacillus* sp dan Protein Mineralizing Bacteria (PMB) secara signifikan

sehingga konsentrasi nitrogen dan fosfor menurun, maka produksi udang meningkat. Selanjutnya Gunarto *et al.* (2006) menyatakan bahwa penggunaan probiotik mampu memperbaiki lingkungan tambak seperti memperbaiki nilai potensial redoks sedimen tambak, menurunkan konsentrasi amoniak, bahan organik total (BOT) dan menekan populasi *Vibrio* sp di air tambak, meskipun produksi udang windu menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan dengan kontrol (tanpa penggunaan probiotik).

Di samping penggunaan probiotik, dalam upaya pengelolaan lingkungan perairan tambak juga dapat dilakukan dengan penambahan sumber karbohidrat misalnya glukosa, tepung singkong, molase atau sorgum yang berfungsi untuk meningkatkan rasio C/N (10-20:1) dalam kolom air tambak sehingga diharapkan bakteri heterotrof akan berkembang pesat dan bakteri tersebut mampu mengurangi konsentrasi amoniak di air tambak (Avnimelech, 1999; Hari *et al.*, 2004; Hari *et al.*, 2006; Samocha *et al.*, 2006) yang pada umumnya pada budidaya udang intensif konsentrasi amoniak dan nitrit di air tambak cukup tinggi (Choo & Tanaka,

2000; Smith *et al.*, 2002; Gunarto *et al.*, 2009). Amonia (NH_3) bebas yang tidak terionisasi bersifat toksik pada organisme akuatik termasuk udang. Toksisitas amonia akan meningkat apabila terjadi penurunan oksigen terlarut, pH, dan suhu air tambak (Effendi, 2003). Menurut Boyd (1990), konsentrasi amonia sebanyak 0,45 mg/L mampu mengurangi laju tumbuh udang penaeid sampai 50%.

Pada penelitian terdahulu tentang penggunaan probiotik dengan dosis berbeda menunjukkan bahwa pada aplikasi di tambak udang vaname pola intensif dengan dosis 5 mg/L/minggu (perlakuan B) menghasilkan sintasan udang vaname yang lebih tinggi dan efisien dalam penggunaan pakan dibanding dengan dosis 1 dan 3 mg/L/minggu (Gunarto *et al.*, 2009). Sedangkan penggunaan probiotik 10 mg/L/minggu (perlakuan C) dengan komposisi bahan dasar yang berbeda merupakan satu metode yang telah digunakan oleh beberapa pengusaha tambak budidaya udang vaname pola intensif di Indonesia yang tujuannya sekaligus untuk menumbuhkan bioflok di samping untuk mempercepat degradasi bahan organik yang ada di pelataran tambak. Penggunaan sumber C karbohidrat di tambak diharapkan akan dapat menumbuhkan bakteri heterotrof yang apabila bakteri tersebut membentuk bioflok dan dimanfaatkan sebagai substitusi pakan bagi udang yang dibudidayakan, maka akan menyebabkan penggunaan pakan menjadi lebih efisien. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efek penggunaan sumber C karbohidrat (tepung tapioka) dan probiotik dengan konsentrasi berbeda (5 dan 10 mg/L/minggu) yang ditebarkan di air tambak pemeliharaan udang windu yang dibudidayakan secara intensif, terutama melihat efeknya terhadap perbaikan kualitas air, laju tumbuh, dan produksi udang windu.

BAHAN DAN METODE

Tambak ukuran 4.000 m² sebanyak enam petak digunakan untuk penelitian. Sebelum penebaran hewan uji, dilakukan persiapan tambak dan pengolahan tanah dasar tambak serta pemasangan saringan air di pintu pemasukan dan pengeluaran. Untuk menunjang perbaikan kualitas tanah dilakukan pengeringan dan pembalikan tanah tambak, pemberian kapur bakar sebanyak 500 kg/ha. Setelah dilakukan pengisian air tambak, maka diberikan pupuk urea dan SP-36 sesuai dosis

yang direkomendasikan. Hewan uji yang digunakan adalah benur windu (*Penaeus monodon*) PL-25 dengan padat tebar 20 ekor/m² ditebar setelah tambak dinyatakan siap untuk ditebari.

Perlakuan yang diuji adalah:

- a. Penambahan sumber C karbohidrat (tepung tapioka) ke air tambak sebanyak 62% dari total pakan yang diberikan per hari dan diberikan setiap lima hari sekali pada bulan pertama pemeliharaan dan selanjutnya diberikan setiap tiga hari sekali pada bulan kedua hingga menjelang panen
- b. Aplikasi fermentasi probiotik ke air tambak sebanyak 5 mg/L/minggu
- c. Aplikasi fermentasi probiotik ke air tambak sebanyak 10 mg/L/minggu

Masing-masing perlakuan dengan dua ulangan. Kincir masing-masing 1 PK dipasang sebanyak 2 unit /petak dan operasionalnya tergantung kondisi. Pada waktu awal pemeliharaan hanya satu unit kincir dioperasikan pada malam hari. Setelah masuk bulan kedua dan ketiga pemeliharaan, semua kincir dioperasikan. Pakan pelet komersial yang mengandung protein sekitar 35% diberikan sejak awal setelah penebaran sebanyak 70% dari total biomassa dan menurun pada dua minggu pertama menjadi 8% dari total biomassa dan terus menurun hingga pada bulan ketiga pemeliharaan tinggal 2% dari bobot total biomassa udang. Pemberian pakan dengan frekuensi 2-4 kali sehari. Waktu pemeliharaan selama 112 hari.

Peubah yang diamati selama pemeliharaan meliputi pertumbuhan udang yang dimonitor setiap dua minggu dengan cara menimbang udang menggunakan timbangan elektronik yang mempunyai ketelitian 0,1 g. Sedangkan sintasan, produksi, dan konversi pakan dihitung pada akhir penelitian. Parameter penunjang yang diamati meliputi kualitas air (nitrit-nitrogen, amoniak-nitrogen, nitrat-nitrogen, Bahan Organik Total dan fosfat), total bakteri, total *Vibrio* sp., dan klorofil-a. *Sampling* di setiap petak dari enam petak tambak dilakukan setiap dua minggu dengan cara mengambil sampel air sebanyak 400 mL untuk analisis kimia air, 50 mL untuk analisis bakteri air, 20 g sedimen tambak untuk analisis bakteri sedimen. Semua sampel disimpan dalam *cold box* dan diberi es yang dibungkus dalam plastik. Kemudian sebagian

Tabel 1. Perlakuan yang diuji dan komposisi bahan untuk fermentasi probiotik
 Table 1. The tested treatments and material compositions for probiotic fermentations

Perlakuan (Treatment)		
A	B	C
<p>Bahan: tepung tapioka Jumlahnya tergantung jumlah pakan yang diberikan ke udang</p>	<p>Bahan fermentasi probiotik 1. Dedak halus = 900 g 2. Tepung ikan = 0,5 kg 3. Molase = 0,5 L 4. Probiotik = 0,5 L 5. <i>Marine Yeast</i> = 20 g Rebus air tambak 15 liter dalam panci sampai mendidih, masukkan dedak, tepung ikan, molase, <i>yeast</i> diaduk selama 30 menit. Adonan diturunkan dari kompor dan didinginkan. Wadah tetap tertutup rapat. Setelah dingin, masukkan probiotik 0,5 liter. Selanjutnya berikan aerasi dan dibiarkan teraerasi selama 3 x 24 jam hari. Selanjutnya adonan siap ditebar di tambak</p>	<p>Bahan fermentasi probiotik Fase I Dedak 2 ons, tepung kedelai 2 ons, tepung ikan 1 ons tambah air tambak 2 liter dididihkan. Dinginkan, tambahkan air tambak 20 liter dan probiotik 1 liter. Aerasi selama 24 jam Fase II Campur Fase I dengan dedak 2 kg, tepung kedelai 2 kg, tepung ikan 2 kg, ragi 100 g, dan air tambak 60 L, aerasi selama 2 x 24 jam, selanjutnya adonan siap ditebar di tambak Pada bulan ketiga pemeliharaan. Komposisi fase II berubah menjadi: campur fase I dengan Molase 1 L, ragi 50 g, dan air tambak 60 L, aerasi 2 x 24 jam. Adonan siap ditebar di tambak</p>
Aplikasi: Setiap kali setelah pemberian pakan	Aplikasi: 5 mg/L/minggu	Aplikasi: 10 mg/L /minggu

sampel dibawa ke laboratorium air dan sebagian lainnya dibawa ke laboratorium Kesehatan Ikan dan Lingkungan di Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau (BRPBAP), Maros. Analisis parameter kualitas air dilakukan berdasarkan kaedah dari Anonim (2003) dan Clesceri *et al.* (2005). Sedangkan untuk analisis klorofil-a berdasarkan kaedah dari Strickland & Parsons (1972). Analisis total *Vibrio* dan total bakteri dilakukan dengan kaedah *total plate count* (TPC). Pengamatan harian terhadap salinitas, suhu air, pH, oksigen terlarut dilakukan pada setiap pukul 06.00-07.00 pagi hari.

Data pertumbuhan udang, produksi, sintasan, konversi pakan, kualitas air, total bakteri *Vibrio sp.*, bakteri heterotrof, SOB, SRB, dan klorofil-a dari setiap perlakuan yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis Varians pola

Rancangan Acak Lengkap. Dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) apabila terdapat perbedaan yang signifikan diantara perlakuan yang diuji.

HASIL DAN BAHASAN

Kualitas Air

Beberapa parameter kualitas air yang dimonitor secara harian di tambak ditunjukkan pada Tabel 2. Dari Tabel 2, nampak bahwa suhu air terutama pada bulan Juli terjadi penurunan pada pagi hari yaitu pada bulan Mei-Juni suhu air mencapai 25°C-27,3°C di pagi hari pukul 04.00-07.00, tetapi setelah masuk bulan Juli sampai September suhu air pada pagi hari pukul 04.00-07.00 hanya mencapai 22°C-22,2°C (Tabel 2, Gambar 1). Hal ini mungkin yang disebut sebagai musim “bediding” dan

Tabel 2. Kisaran beberapa parameter kualitas air tambak budidaya udang windu pola intensif
 Table 2. The range of water quality parameters in the intensive tiger shrimp culture

Parameter kualitas air <i>Water quality parametric</i>	Nilai kisaran (<i>Range of values</i>)			Nilai optimum <i>Optimum values</i>
	A	B	C	
Suhu air pada pukul 07.00 <i>Water temperature at 07.00 in the morning (°C)</i>				
Mei-Juni (<i>May-June</i>)	24.2 - 30.8	24.5-30.6	24.3-30.8	>25
Juli-September (<i>July-September</i>)	22.3 - 25.0	22.8-25.1	22.8-25.1	>25
Salinitas (<i>Salinity</i>) (ppt)	35 - 46	35 - 45	35 - 45	15 - 25
pH	7.5 - 8.0	7.5 - 8.0	7.5 - 8.0	7 - 8.0
Oksigen terlarut <i>Dissolved oxygen (mg/L)</i>	2.8 - 9.2	3.2 - 8.8	3.2 - 9.2	>3

Keterangan (*Notes*):

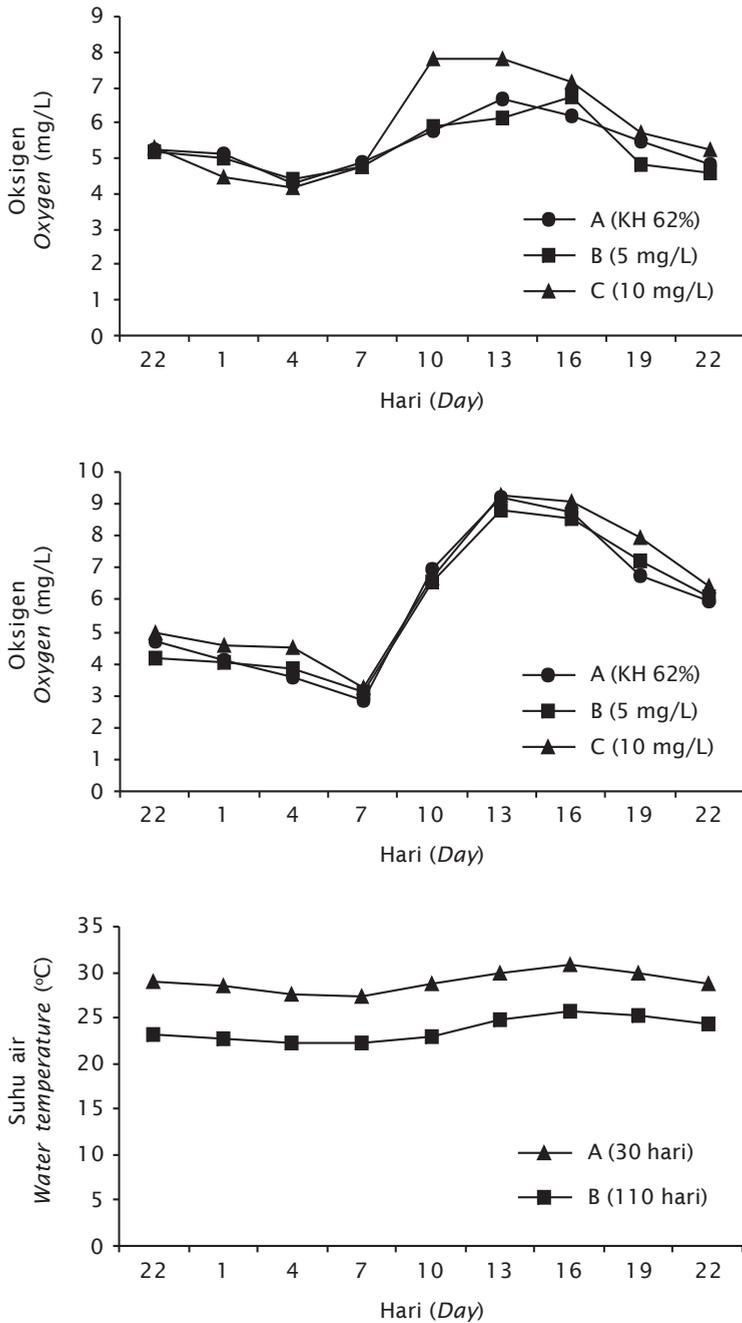
A. Penambahan sumber C karbohidrat (tepung tapioka) sebanyak 62% dari total pakan yang diberikan per hari dan diberikan setiap 3-5 hari sekali; B. Aplikasi fermentasi probiotik 5 mg/L/minggu; C. Aplikasi fermentasi probiotik 10 mg/L /minggu (A. *The addition of carbohydrate (starch flour) as much as 62% of the total given feed per day and was applied every 3-5 days*; B. *probiotic fermentation application 5 mg/L/week*; C. *Probiotic fermentation application 10 mg/L/week*)

sering menyebabkan munculnya serangan *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) pada udang yang dibudidayakan. Namun pada penelitian ini udang windu yang dibudidayakan tidak terserang WSSV. Suhu air sangat dipengaruhi oleh suhu udara, karena pada waktu penelitian ini dilakukan sedang berlangsung musim kemarau, maka suhu udara cukup dingin terutama di pagi hari, sehingga dari bulan Juli-September nampak bahwa suhu air di pagi hari turun mencapai 22°C-25°C. Menurut Murdjani *et al.* (2007), suhu air di tambak untuk budidaya udang windu intensif adalah 26°C-29°C. Chanratchakool *et al.* (1995) menyatakan bahwa suhu air berpengaruh pada respon makan udang, di mana pada suhu lebih tinggi dari 32°C dan lebih rendah dari 25°C, nafsu makan udang turun mencapai 30% sampai 50%. Berkaitan dengan suhu air yang sangat fluktuatif pada air tambak di Desa Punaga, di mana tempat penelitian ini berlangsung, maka penting sekali untuk dikaji kembali, kaitannya dengan manajemen pakan sehingga bisa diperoleh biaya produksi udang yang lebih efisien dengan nilai konversi pakan yang rendah.

Salinitas cukup tinggi pada masa pemeliharaan yaitu pada waktu tebar salinitas air tambak mencapai 34 ppt dan menjelang panen salinitas telah mencapai 46 ppt, sedangkan

salinitas optimum untuk pertumbuhan udang windu adalah 15-25 ppt (Poernomo, 1978). Menurut Murdjani *et al.* (2007), salinitas untuk pemeliharaan udang windu intensif adalah 10-35 ppt. Sedangkan Chanratchakool *et al.* (1995) merekomendasikan salinitas 10-30 ppt untuk budidaya udang windu. Dengan demikian salinitas pada penelitian ini cukup tinggi. Pada salinitas yang tinggi transformasi energi banyak dimanfaatkan untuk proses osmoregulasi daripada untuk pembentukan daging, sehingga pertumbuhan udang menjadi lambat. pH air cukup normal sepanjang penelitian yaitu 7,5-8,0.

Oksigen terlarut terendah pada umur pemeliharaan udang di tambak umur 30 hari mencapai 4 mg/L pada pagi hari pukul 04.00 pada semua perlakuan. Pada umur 110 hari udang di tambak, konsentrasi oksigen terendah adalah 2-3 mg/L yang terjadi pada pukul 04.00-07.00 pagi hari. Data fluktuasi oksigen selama 12 jam ditunjukkan pada Gambar 1. Dari Gambar 1, nampak bahwa oksigen terlarut di perlakuan C, nampak relatif lebih tinggi daripada di perlakuan B dan A, baik terjadi pada awal pemeliharaan maupun sampai menjelang panen udang. Menurut Ivan (2005), konsentrasi oksigen terendah pada budidaya udang pola intensif sebaiknya >3 mg/L. Penggunaan probiotik sebanyak 10 mg/L di



Gambar 1. Fluktuasi oksigen terlarut di tambak budidaya udang windu pola intensif pada hari ke-30 (atas), 110 (tengah) dan fluktuasi suhu air (bawah)

Figure 1. Fluctuation of dissolved oxygen in the intensive tiger shrimp culture at day 30 (upper), day 110 (middle) and water temperature fluctuation (lower)

perlakuan C, kemungkinan menyebabkan dekomposisi bahan organik lebih cepat, regenerasi nutrisi lebih cepat, plankton tumbuh baik, sehingga pada malam hari masih banyak tersimpan oksigen di kolom air tambak, meskipun oksigen tersebut dimanfaatkan oleh organisme aerob yang hidup di dalam tambak.

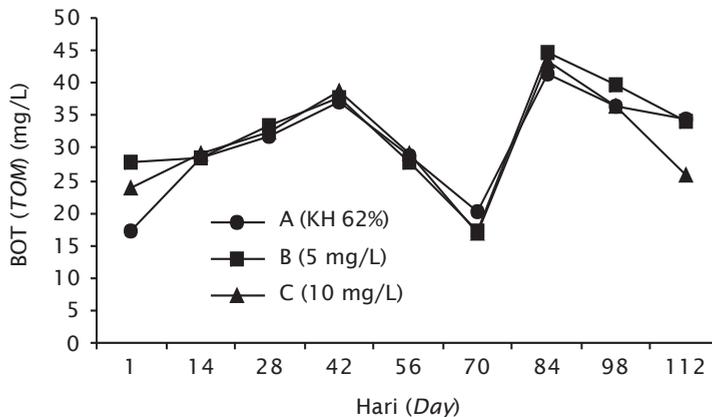
Konsentrasi Bahan Organik Total (BOT) di air tambak meningkat pada hari ke-1 hingga hari yang ke-42 yaitu dengan rata-rata 17,31 mg/L (A); 27,81 mg/L (B); dan 23,85 mg/L (C); menjadi 37,2 mg/L (A); 37,7 mg/L (B); dan 38,9 mg/L (C). Pada hari ke-70 karena sudah mulai dilakukan penggantian air sebanyak 5% dari volume air tambak/minggu, maka konsentrasi BOT menurun sampai titik terendah menjadi 20,06 mg/L (A); 17,1 mg/L (B); dan 16,83 mg/L (C). Pada hari yang ke-84, BOT melonjak kembali pada puncak yang paling tinggi yaitu mencapai 41,23 mg/L (A); 44,56 mg/L (B); dan 43,45 mg/L (C). Pada periode selanjutnya konsentrasi BOT di air tambak telah mengalami penurunan akibat selalu dilakukan penggantian air setiap minggu. Pada hari ke-112 konsentrasi BOT di perlakuan C paling rendah ($25,75 \pm 1,74$ mg/L) dan berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan konsentrasi BOT di perlakuan B ($34,34 \pm 0,99$ mg/L) dan perlakuan A ($34,16 \pm 1,75$ mg/L). Pada penelitian terdahulu Gunarto & Atmomarsono (2007) menjumpai bahwa kon-

sentration BOT berkorelasi positif dengan konsentrasi klorofil-a di air tambak budidaya udang vaname yang menggunakan sistem pemupukan susulan.

Amoniak dan Nitrit

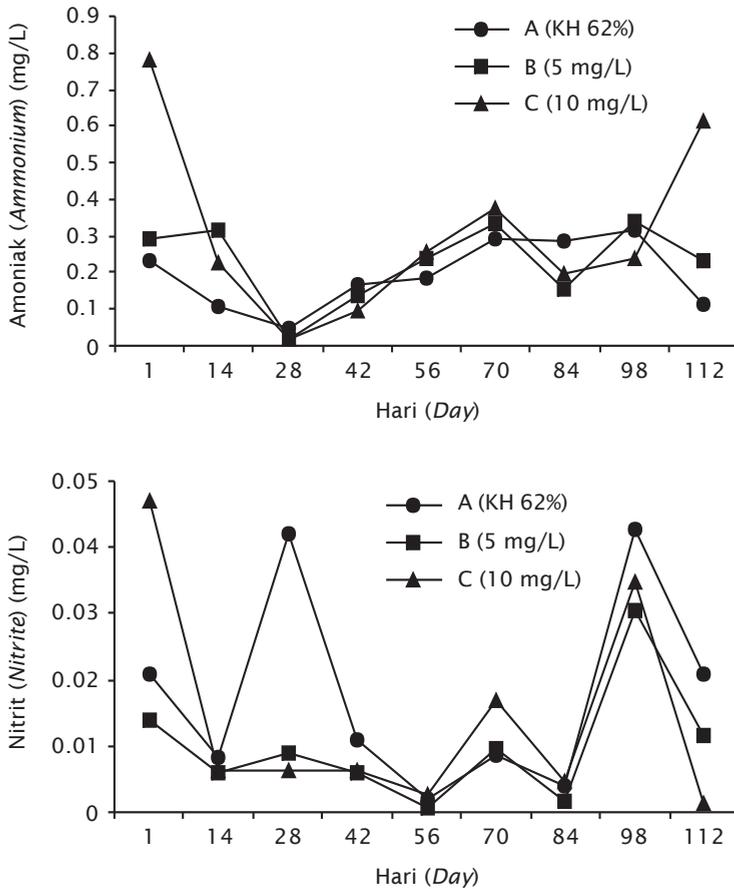
Pada hari ke-1, 14, 56, 70, dan 112 konsentrasi amoniak di air tambak perlakuan A, lebih rendah daripada di perlakuan B dan C (Gambar 3 atas). Hal ini karena pada perlakuan A diaplikasikan penambahan sumber C karbohidrat, sebagai sumber energi bagi bakteri heterotrof dan dalam pembentukan protein sel, bakteri heterotrof akan memanfaatkan N anorganik, amonia yang ada dalam air tambak. Namun demikian pada penelitian ini penurunan amoniak tidak terjadi secara terus-menerus. Hal ini kemungkinan karena jarak pemberian sumber C karbohidrat yang agak lama yaitu setiap selang waktu 3 hingga 5 hari sekali dan kemungkinan hasilnya akan berbeda apabila pemberian sumber C karbohidrat ke air tambak sebanyak 62% dari total pakan yang diberikan dan dilakukan setiap hari. Namun hal tersebut menyebabkan penggunaan sumber C karbohidrat menjadi sangat boros.

Pada perlakuan B, konsentrasi amoniak juga berfluktuasi seperti di perlakuan A, di mana konsentrasi paling rendah pada hari ke-84. Sedangkan di perlakuan C, konsentrasi



Gambar 2. Fluktuasi Bahan Organik Total (BOT) di air tambak budidaya udang windu pola intensif dengan pemberian tepung tapioka dan fermentasi probiotik

Figure 2. The fluctuation of Total Organic Matter (TOM) in the pond waters of tiger shrimp cultured in the intensive systems treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation



Gambar 3. Fluktuasi konsentrasi amoniak (atas) dan nitrit (bawah) di air tambak budidaya udang windu pola intensif dengan pemberian sumber C karbohidrat dan fermentasi probiotik

Figure 3. The fluctuation of ammonium (upper) and nitrite (lower) in the pond waters of tiger shrimp cultured in the intensive systems treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

amoniak sangat berfluktuatif, pada awal penelitian paling tinggi yaitu mencapai 0,8 mg/L. Konsentrasi amoniak terendah dijumpai pada hari ke 28, 42, dan 98 dan tertinggi yaitu mencapai 0,6 mg/L dijumpai pada hari ke-112.

Konsentrasi nitrit berfluktuasi (Gambar 3 bawah), namun apabila dilihat kecenderungannya justru pada perlakuan yang menggunakan penambahan tepung tapioka, konsentrasi nitrit lebih tinggi terutama pada hari ke-28, kemudian hari ke-98 hingga hari ke-112. Konsentrasi nitrit di semua perlakuan masih dalam ambang batas yang disarankan

untuk budidaya udang di tambak yaitu 0,01-0,05 mg/L (Adiwidjaya *et al.*, 2003).

Klorofil-a, Nitrat, dan Fosfat

Konsentrasi klorofil-a pada hari pertama tinggi hanya dijumpai di perlakuan A, selanjutnya semakin lama proses budidaya berlangsung, maka konsentrasi klorofil-a semakin meningkat, hal ini akibat akumulasi nutrisi semakin meningkat sebagai akibat proses regenerasi nutrisi yang sumbernya berasal dari sisa limbah organik yang terurai akibat aktivitas bakteri. Dari hari ke-70 hingga hari

ke-112, nampak konsentrasi klorofil-a di perlakuan A lebih rendah daripada di perlakuan B dan C (Gambar 4 atas). Ini membuktikan bahwa proses regenerasi nutrisi akan dipercepat dengan adanya aplikasi fermentasi probiotik seperti yang dijelaskan oleh Poernomo (2004) bahwa bakteri probiotik yang mampu mempercepat penguraian limbah organik menjadi mineral berguna bagi fitoplankton yang ada di tambak sehingga proses regenerasi nutrisi menjadi lebih cepat, maka kepadatan populasi fitoplankton akan cepat tinggi dan ditunjukkan dengan konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi pada perlakuan B dan C, terutama setelah hari ke-56.

Konsentrasi nitrat pada awal penelitian cukup tinggi di semua perlakuan, hal ini sebagai akibat adanya pemupukan awal, sedangkan fitoplankton dan bakteri pada waktu itu kemungkinan populasinya masih rendah. Sehingga masih sedikit nutrisi di air tambak yang dimanfaatkan untuk pertumbuhan fitoplankton dan bakteri. Namun selanjutnya konsentrasi nitrat terus menurun sejalan dengan semakin lamanya penelitian berlangsung dan semakin meningkatnya konsentrasi klorofil-a di air tambak terutama setelah hari ke-56 hingga hari ke-112. Hal ini berbeda dengan konsentrasi fosfat, di mana pada awalnya rendah, namun semakin lama penelitian berlangsung konsentrasi fosfat semakin meningkat, terutama setelah hari ke-42 (Gambar 4 bawah). Hal ini menandakan bahwa lebih banyak nitrat yang dimanfaatkan oleh fitoplankton daripada fosfat.

Populasi Bakteri *Vibrio* sp. pada Air dan Sedimen Tambak

Pada awal penelitian sampai hari ke-28, konsentrasi bakteri *Vibrio* sp. di air tambak perlakuan A sedikit lebih tinggi daripada perlakuan B dan C. Hal ini karena bakteri heterotrof nampak lebih rendah di perlakuan A daripada di perlakuan B dan C. Pada hari ke-42 sampai dengan hari ke-56 giliran populasi *Vibrio* sp. di perlakuan C yang lebih tinggi daripada di perlakuan A dan B. Meskipun pada hari ke-70 sudah mulai dilakukan penggantian air, tetapi tidak nampak adanya penurunan populasi *Vibrio* sp. di air. Pada hari ke-98 hingga ke-112, populasi *Vibrio* sp. di air tambak perlakuan A lebih rendah daripada di perlakuan B dan C.

Pada perlakuan B dan C nampak bahwa pada hari ke-14 dan 28 populasi *Vibrio* sp. di

air lebih rendah daripada di perlakuan A, hal ini karena populasi bakteri heterotrof di perlakuan B dan C lebih tinggi daripada yang ada di perlakuan A (Gambar 5 bawah). Pada hari ke-42 hingga 98 total bakteri heterotrof di semua perlakuan nampak berfluktuasi pada kepadatan 10^6 - 10^7 cfu/mL dan pada hari ke-112 kepadatan populasi bakteri heterotrof di perlakuan A dan C telah meningkat menjadi 10^8 cfu/mL.

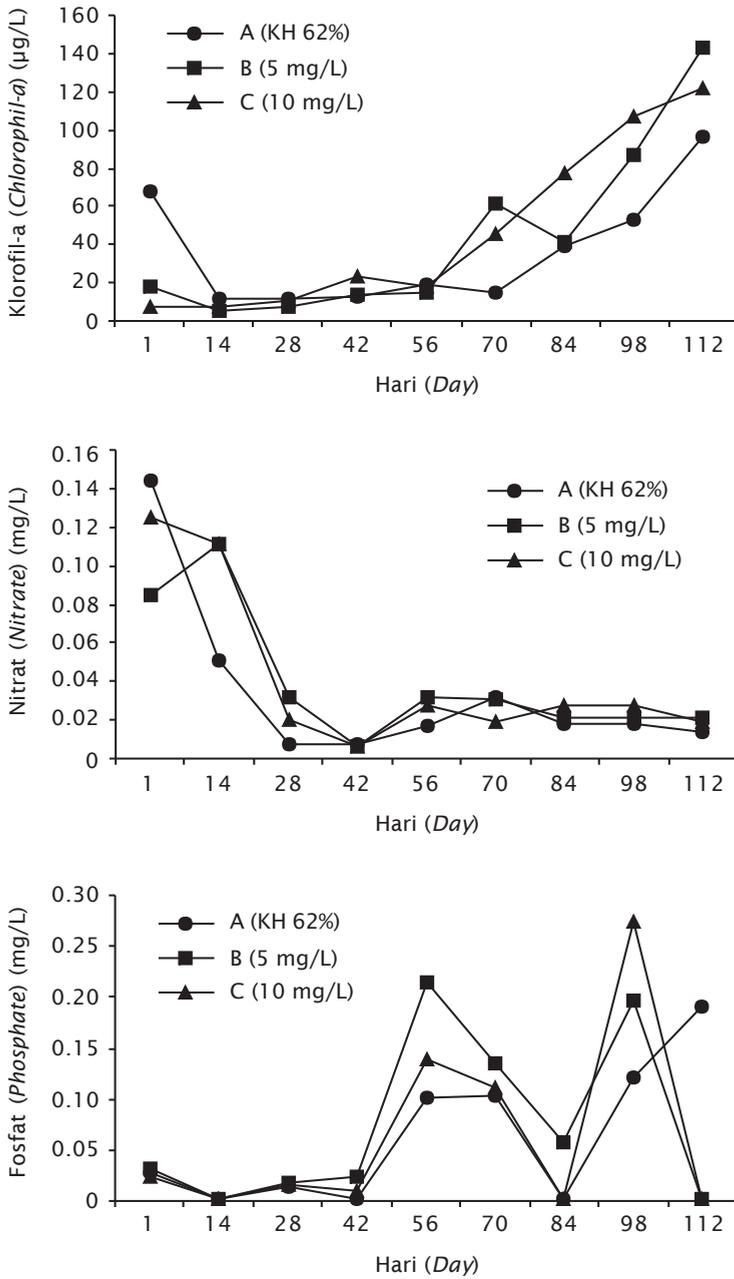
Populasi *Vibrio* sp. di sedimen tambak pada kepadatan 10^4 - 10^5 cfu/mL, nampak bahwa total bakteri heterotrof lebih berkembang di perlakuan C, terutama pada hari ke-14, 84, 98, dan 112.

Sulfate Reducing Bacteria (SRB) dan Sulfur Oxidizing Bacteria (SOB)

Pada bulan I hari ke-28 dan bulan ke-II hari ke-56 populasi bakteri SRB cukup tinggi di perlakuan B dan A yaitu mencapai 10^7 cfu/mL, sedangkan di perlakuan C pada kepadatan 10^6 cfu/mL. Pada bulan ke-III hari ke-84 dan bulan ke-IV hari ke-112 populasi bakteri SRB telah menurun menjadi 10^4 cfu/mL di semua perlakuan. Pada dasarnya selama penelitian berlangsung populasi bakteri SRB di perlakuan C cenderung selalu lebih rendah daripada di perlakuan A dan B (Gambar 7 atas). Sedangkan bakteri SOB pada bulan pertama hari ke-28 populasinya cukup tinggi yaitu pada kepadatan 10^7 - 10^8 cfu/mL di semua perlakuan. Pada bulan ke-II (hari ke-56), bulan ke-III (hari ke-84) dan ke-IV (hari ke-112) populasi bakteri SOB di perlakuan A relatif stabil, sedangkan di perlakuan B dan C pada bulan ke-II (hari ke-56) dan bulan ke-III (hari ke-84) menurun sampai kepadatan 10^6 cfu/mL. Pada bulan ke-IV (hari ke-112) populasi bakteri SOB di perlakuan C, nampak meningkat secara tajam menjadi 10^8 cfu/mL (Gambar 7 bawah). Sedangkan di perlakuan A dan B, populasi SOB tetap pada kepadatan 10^7 cfu/mL.

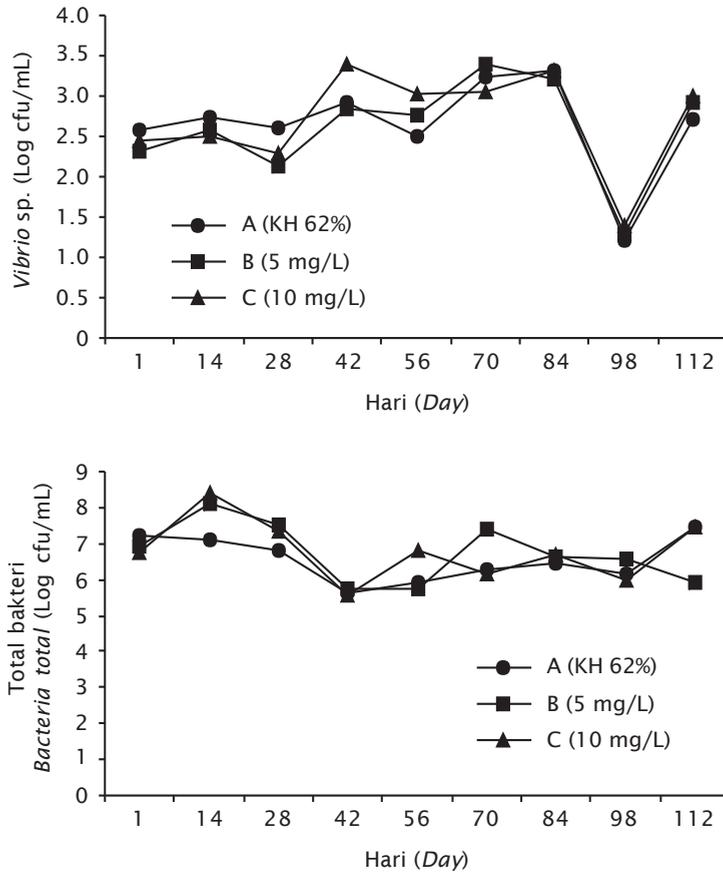
Pertumbuhan Udang Windu

Pertumbuhan udang windu di tiga perlakuan yang diuji nampak semuanya lambat karena pada umur 112 hari bobot udang hanya mencapai $13,9 \pm 0,27$ g/ekor (A), $13,7 \pm 1,41$ g/ekor (B), dan $14,5 \pm 0,09$ g/ekor (C). Analisis statistik menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan ($P > 0,05$) di antara ketiga perlakuan tersebut. Anonymous (2010) melaporkan di *Brackishwater Aquaculture Research Centre*, Gelang Patah, Johor, Malaysia juga telah



Gambar 4. Fluktuasi konsentrasi klorofil-a (atas), nitrat (tengah) dan fosfat (bawah) di air tambak budidaya udang windu pola intensif dengan pemberian sumber C karbohidrat dan fermentasi probiotik

Figure 4. The fluctuation of chlorophyll-a (upper), nitrate (middle) and fosfat (lower) in the pond waters of tiger shrimp cultured in the intensive systems treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

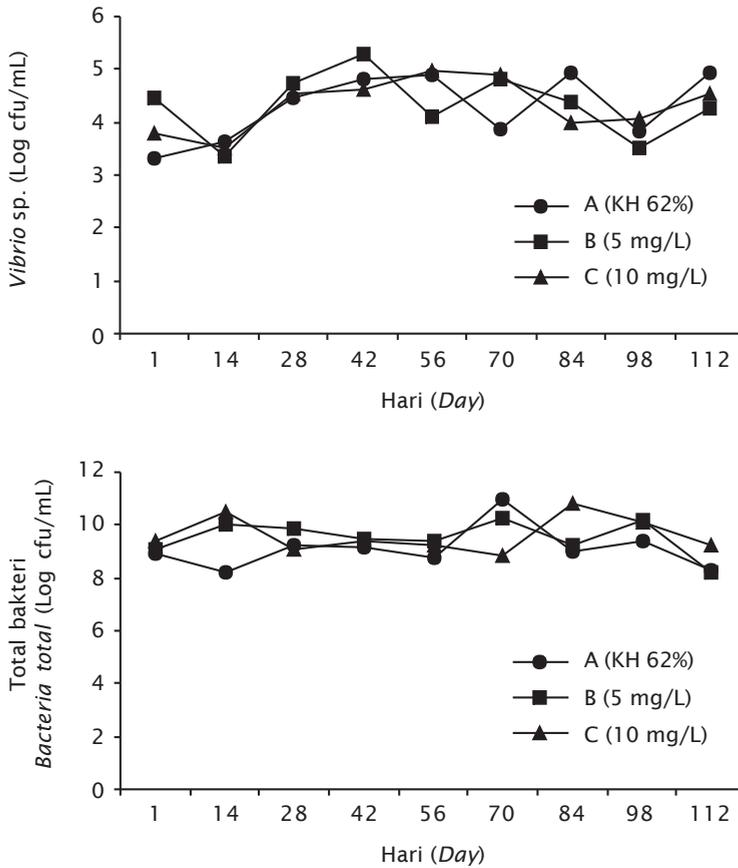


Gambar 5. Fluktuasi populasi bakteri *Vibrio sp.* di air (atas) dan total bakteri heterotrof di air (bawah) tambak budidaya udang windu pola intensif dengan pemberian sumber C karbohidrat dan fermentasi probiotik

Figure 5. The fluctuation of *Vibrio sp.* (upper) and heterotrophic bacterial population in the pond waters of tiger shrimp cultured in the intensive systems treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

mencoba memelihara benur windu SPF PL-15 yang didatangkan dari hatcheri udang windu di Phuket, Thailand yang merupakan hatcheri asosiasi dari *Moana Nukleus Breeding Center* di Hawaii, dipelihara di tambak dengan padat tebar 17-25 ekor/m² selama 120 hari diperoleh ukuran dengan kisaran 10-17g/ekor dan selanjutnya yuwana udang tersebut dipindahkan ke tambak lainnya dengan padat tebar 20-25 ekor/m² selama 120 hari sehingga mencapai ukuran 30-35 g/ekor. Apabila dibandingkan dengan pertumbuhan udang windu yang diperoleh pada penelitian ini, maka

tidak jauh berbeda karena selama 112 hari rata-rata bobot udang yang diperoleh mencapai 13-15 g/ekor. Hal ini sangat berbeda dengan yang dikemukakan oleh Murdjani *et al.* (2007) bahwa standar pertumbuhan udang windu yang dibudidayakan secara intensif pada umur 112 hari seharusnya telah mencapai ukuran 26,1-30 g/ekor. Pada penelitian ini salinitas selama masa pemeliharaan udang di tambak cukup tinggi yaitu pada kisaran 36-46 ppt di semua perlakuan, suhu air yang rendah pada malam hingga pagi hari mencapai 22°C terutama pada bulan Juli hingga September.



Gambar 6. Fluktuasi populasi bakteri *Vibrio* sp. di sedimen tambak (atas), dan total bakteri heterotrof di sedimen tambak (bawah) budidaya udang windu pola intensif dengan pemberian sumber C karbohidrat dan fermentasi probiotik

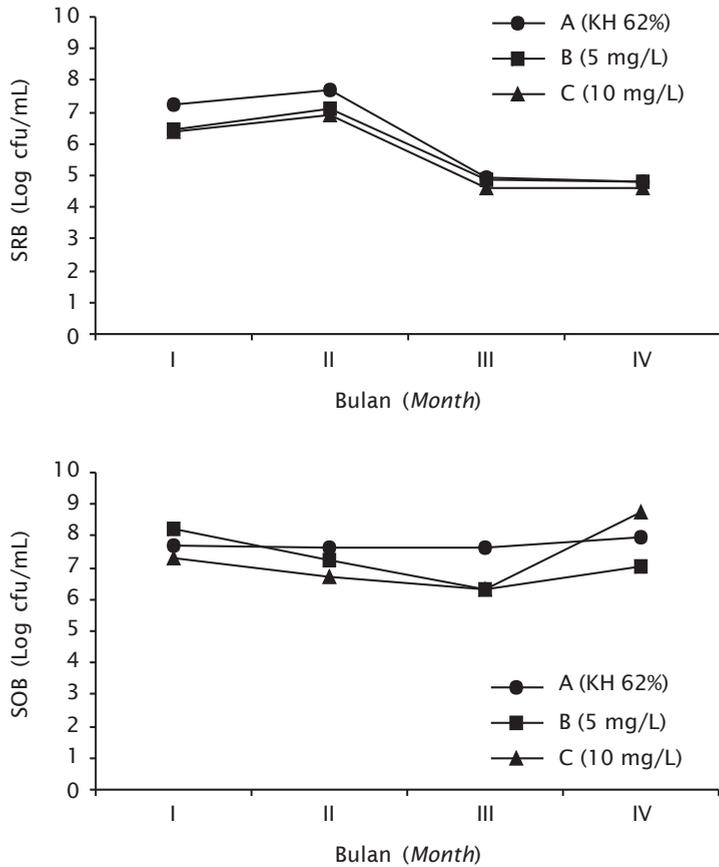
Figure 6. The fluctuation of *Vibrio* sp. (upper) and heterotrophic bacterial population in the pond sediment of tiger shrimp cultured in the intensive systems treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

Di samping itu juga kemungkinan kualitas pakan yang kurang memenuhi standar untuk pakan udang windu yang dibudidayakan secara intensif. Pertumbuhan udang windu akan berbeda yaitu lebih cepat kemungkinan mencapai sesuai standar yang ditetapkan oleh Murdjani *et al.* (2007) apabila salinitas air tambak pada kondisi optimal (15-25 ppt).

Sintasan Udang Windu

Sintasan udang windu di tiga perlakuan yang diuji rata-rata cukup tinggi yaitu $90,27 \pm 24,1\%$ (A), $91,42 \pm 8,33\%$ (B), dan $98,86 \pm 0,23\%$

(C). Hal ini karena benur yang digunakan adalah tokolan PL-25 yang berdasarkan deteksi PCR adalah bebas penyakit *White Spot Syndrome Virus* (WSSV). Penggunaan PL-25 diharapkan bahwa benur sudah cukup kuat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Benur windu tersebut diperoleh dari panti benih yang jaraknya tidak jauh dari tambak penelitian yaitu hanya 1,5 jam perjalanan dengan mobil, sehingga benur tidak banyak mengalami stres akibat dari transportasi. Di samping itu penebaran benur dilakukan pada pagi hari pukul 06.00, di mana suhu air masih rendah



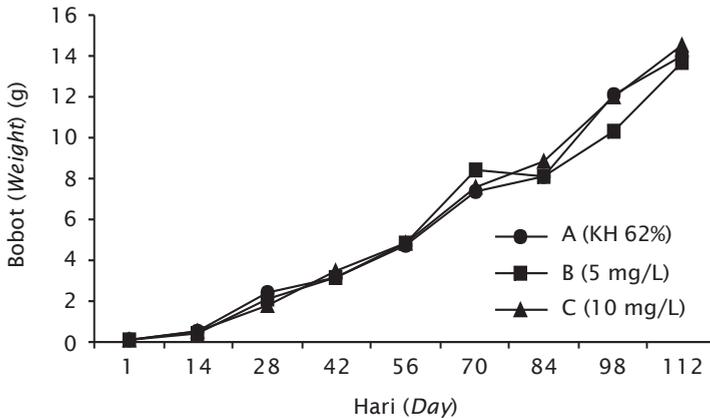
Gambar 7. Fluktuasi populasi bakteri SRB (atas), dan SOB di sedimen tambak (bawah) budidaya udang pola intensif dengan pemberian sumber C karbohidrat dan fermentasi probiotik.

Figure 7. The fluctuation of SRB (upper) and SOB population in the pond waters of tiger shrimp cultured in the intensive systems treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

(22°C), juga semakin siang hari benur dihadapkan pada lingkungan tambak yang semakin baik, karena konsentrasi oksigen di air tambak akan semakin meningkat.

Awal pemberian pakan dimulai satu hari setelah tebar dan kincir mulai dioperasikan sebanyak satu unit terutama pada malam hari setelah satu minggu pemeliharaan. Dengan demikian kondisi pakan kecukupan dan kondisi lingkungan tambak terutama suplai oksigen selalu di atas ambang minimal 3 mg/L. Kemudian pengelolaan air melalui sistem tandon, maka diperoleh sintasan udang yang

tinggi. Hasil analisis statistik terhadap nilai sintasan dari ketiga perlakuan yang diuji menunjukkan perbedaan yang tidak berarti ($P > 0,05$). Penelitian terdahulu menggunakan petak tambak ukuran 500 m² sistem resirkulasi dan diaplikasikan fermentasi probiotik dengan padat tebar udang windu sebanyak 8 ekor/m² dan satu unit kincir kekuatan 1 PK sebagai penyuplai oksigen, diperoleh sintasan udang windu pada kisaran 74-78% selama 85 hari pemeliharaan di tambak. Faktor yang sangat penting untuk menunjang keberhasilan budidaya udang di tambak di samping kondisi



Gambar 8. Pertumbuhan udang windu yang dibudidayakan dengan pola intensif di tambak dan diberi penambahan tepung tapioka dan dosis fermentasi probiotik berbeda

Figure 8. Tiger shrimp growth in the intensive pond culture system treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

benur yang ditebar, juga dipengaruhi oleh sistem kepemilikan tambak yaitu apakah satu hamparan dengan banyak kepemilikan atau satu hamparan tambak dengan satu kepemilikan sehingga pengelolaan akan lebih mudah dikontrol. Sedangkan pada satu hamparan

tambak dengan banyak kepemilikan pengelolaannya susah dikendalikan dalam semua hal, misalnya waktu tebar, pemilihan benur, tingkat pengetahuan bertambak, dan lain-lain, sehingga justru malah sering gagalnya daripada berhasilnya dalam budidaya udang.

Tabel 4. Rata-rata bobot akhir, produksi, sintasan, dan nilai konversi pakan budidaya udang windu pola intensif dengan penambahan sumber karbohidrat dan fermentasi probiotik dengan dosis berbeda

Table 4. The means of shrimp final weight, survival, production, and feed conversion of tiger shrimp culture in intensive pond system and treated with the addition of starch powder and probiotic fermentation

Perlakuan Treatments	Bobot awal Initial weight (g)	Berat akhir Final weight (g)	Sintasan Survival rate (%)	Produksi (kg)/4.000 m ² Production (kg)/4,000 m ²	Nilai konversi pakan Feed conversion ratio
A	0.006	13.9±0.27 ^a	90.27±24.1 ^a	646.05±169.07 ^a	2.53±0.36 ^a
B	0.006	13.7±1.41 ^a	91.42±8.33 ^a	667.20±62.22 ^a	2.41±0.37 ^a
C	0.006	14.5±0.09 ^a	98.86±0.23 ^a	703.42±89.90 ^a	2.06±0.08 ^a

Keterangan (Notes):

A. Penambahan sumber C karbohidrat (tepung tapioka) sebanyak 62% dari total pakan yang diberikan per hari dan diberikan setiap 3-5 hari sekali; B. Aplikasi fermentasi probiotik 5 mg/L/minggu; C. Aplikasi fermentasi probiotik 10 mg/L/minggu (A. The addition of carbohydrate (starch flour) as much as 62% of the total given feed per day and was applied every 3-5 days; B. probiotic fermentation application 5 mg/L/week; C. Probiotic fermentation application 10 mg/L/week)

Produksi Udang Windu

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa produksi udang di perlakuan C ($703,42 \pm 89,90$ kg) cenderung lebih tinggi daripada perlakuan B ($667,20 \pm 62,22$ kg) dan A ($646,05 \pm 169,07$ kg). Analisis statistik menunjukkan tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) di antara ketiga perlakuan tersebut. Dengan demikian nampak bahwa ada kecenderungan semakin tinggi konsentrasi probiotik yang diberikan, maka produksi udang yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini karena semakin tinggi konsentrasi probiotik yang diberikan maka dampaknya adalah terjadi perbaikan kualitas air, sedimen tambak, peningkatan nafsu makan udang juga peningkatan imunitas udang dari serangan penyakit daripada perlakuan yang mendapatkan konsentrasi probiotik lebih sedikit.

Pada perlakuan pemberian sumber C karbohidrat sebanyak 62% dari jumlah pakan yang diberikan dalam setiap hari dan diberikan setiap 5 hari sekali, produksi udang yang diperoleh masih lebih rendah daripada produksi udang yang dihasilkan dari pemberian probiotik sebanyak 5 dan 10 mg/L/minggu. Hasil penelitian laboratorium yang menggunakan bak-bak *fiberglass* dengan padat tebar yang sama dengan yang dilakukan di tambak menunjukkan bahwa pemberian sumber C karbohidrat sebanyak $2 \times 62\%$ dari total pakan yang diberikan perhari dan diberikan setiap hari diperoleh pertumbuhan udang windu yang cenderung lebih tinggi daripada kalau hanya diberikan sumber C karbohidrat setiap hari sebanyak 62% dari total pakan yang diberikan dan kontrol tanpa pemberian sumber C karbohidrat (Gunarto & Burhanuddin, 2009). Namun hal tersebut apabila diterapkan dalam skala lapang akan nampak menjadi tidak efisien, karena jumlah sumber C karbohidrat sebanyak 62% atau $2 \times 62\%$ dari total pakan yang diberikan setiap hari menjadi sangat banyak apabila diberikan dalam setiap hari sekali selama pemeliharaan udang di tambak. Pada pemeliharaan benur vaname PL-10 dengan padat tebar 200 ekor/m² dan diberi penambahan sumber C karbohidrat berupa tepung tapioka sebanyak 40% dari total pakan yang diberikan/hari dan diberikan setiap hari, ternyata produksi udangnya lebih tinggi secara signifikan ($P < 0,05$) daripada pemberian sumber C karbohidrat hanya setiap dua dan tiga hari sekali (Gunarto *et al.*, 2009).

Untuk lebih efisiensi dalam pemanfaatan sumber C-karbohidrat pada budidaya udang di tambak, maka perlu dicari sumber C-karbohidrat yang murah tetapi efektif untuk pembentukan flok di tambak dan efek selanjutnya adalah produksi flok yang diperoleh akan mampu meningkatkan produksi udang hasil budidaya di tambak.

Pada penelitian ini penyusun sumber C karbohidrat pada komposisi bahan untuk fermentasi probiotik di perlakuan C adalah lebih beragam yaitu terdiri atas tepung kedelai, dedak dan molase, sedangkan pada perlakuan B sumber C karbohidrat hanya terdiri atas dedak dan molase dan pada perlakuan A sumber C karbohidrat hanya diperoleh dari tepung tapioka yang ditebarkan di tambak. Dengan demikian kemungkinan rasio CN di air tambak dengan perlakuan C menjadi lebih tinggi dibanding perlakuan B dan A. Di samping itu aplikasinya juga lebih tinggi di perlakuan C yaitu 10 mg/L/minggu dibanding dengan di perlakuan B hanya 5 mg/L/minggu sehingga proses dekomposisi bahan organik oleh bakteri probiotik dan proses regenerasi nutrien menjadi lebih cepat di perlakuan C.

Nilai Konversi Pakan

Nilai Konversi Pakan pada perlakuan C ($1:2,06 \pm 0,08$) cenderung lebih kecil daripada nilai konversi pakan pada perlakuan B ($1:2,41 \pm 0,37$) dan A ($1:2,53 \pm 0,36$). Dengan demikian nampak bahwa pada perlakuan A yang menggunakan penambahan sumber C karbohidrat, di mana diharapkan terbentuk bakteri heterotrof dan bakteri tersebut dapat digunakan sebagai substitusi pakan bagi udang windu yang dibudidayakan, ternyata yang terjadi tidak demikian, justru menjadi paling boros pakan dengan nilai konversi pakan paling tinggi. Hal ini kemungkinan hasilnya berbeda apabila hewan ujinya adalah udang vaname. Udang vaname dikenal rakus makan dan hidupnya di seluruh kolom air. Sedangkan udang windu tidak rakus makan dan hidup di dasar tambak, suka membenamkan diri di lumpur dasar tambak. Menurut Boyd & Clay (2002) udang windu bersifat lebih karnivora sehingga memerlukan protein yang lebih tinggi dan kemungkinan tidak dapat memanfaatkan bioflok secara efektif dibanding udang vaname yang bersifat lebih omnivora sehingga rakus makan semua bahan organik di sekitarnya termasuk bioflok.

KESIMPULAN

Penambahan sumber C karbohidrat berupa tepung tapioka yang diberikan sebanyak 62% dari total pakan yang diberikan setiap hari dan ditebarkan ke dalam air tambak setiap selang waktu 3-5 hari sekali, belum memberikan pengaruh secara nyata terhadap penurunan konsentrasi amoniak pada budidaya udang windu pola intensif dengan kepadatan 20 ekor/m².

Terdapat indikasi adanya perbaikan kualitas air yang terjadi terutama pada perlakuan C (pemberian fermentasi probiotik 10 mg/L/minggu) di antaranya adalah populasi bakteri SRB selalu paling rendah di antara ketiga perlakuan yang diuji. Pada bulan ke-IV (hari ke-112) pemeliharaan udang di tambak, terdapat penurunan konsentrasi BOT secara signifikan, kemudian terjadi peningkatan populasi bakteri heterotrof di air dan sedimen tambak, juga adanya peningkatan populasi bakteri SOB di sedimen tambak, konsentrasi oksigen terlarut relatif lebih tinggi selama pemeliharaan. Hal tersebut kemungkinan yang menyebabkan produksi udang di perlakuan C relatif lebih tinggi daripada di perlakuan B dan A, namun secara statistik menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$).

DAFTAR ACUAN

- Adiwidjaya, D., Rahardjo, S.P., Sutikno, E., Sugeng, & Subiyanto. 2003. Petunjuk teknis budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) sistem tertutup yang ramah lingkungan. Departemen Kelautan dan Perikanan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau, Jepara, 29 hlm.
- Ahmad, T., Tjaronge, M., & Cholik, F. 2001. The use of mangrove stands for shrimp pond waste-water treatment. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 7(1): 7-15.
- Anonim. 2003. Kualitas air laut, Bagian 3. Cara uji amonia (NH₃-N) dengan biru endofenol secara spektrofotometri. Badan Standardisasi Nasional, 10 hlm.
- Anonymous. 2010. Return of the black tigers. *Aquaculture Asia Pacific*. January/February 16, 1: 38-40.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/Nitrogen ratio as control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama USA, 482 pp.
- Boyd, C.E. & Clay, J. 2002. Evaluation of Belize Aquaculture LTD: A superintensive shrimp aquaculture system. A report prepared for the word bank, network of aquaculture centres in Asia Pacific, World Wildlife Fund and food and Agriculture Organization of the United Nations, Consorsium Program and Shrimp farming and the Environment, 17 pp.
- Chanratchakool, P., Turnbull, J.F., Funge-Smith, S., & Limsuwan, C. 1995. Health management in shrimp ponds. 2 nd Ed. Aquatic animal health Research Institute Department of Fisheries Kasetsart university Campus Bangkok, Thailand, 111 pp.
- Choo, P.S. & Tanaka, K. 2000. Nutrient levels in ponds during the grow-out and harvest phase of *Penaeus monodon* under semi-intensive or intensive culture. *JIRCAS Journal*, 8: 13-20.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., & Eaton, A.D. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street, NW Washington, p. 4-103.
- Devaraja, T.N., Yusoff, F.M., & Shariff, M. 2002. Changes in bacterial populations and shrimp production in ponds treated with commercial microbial products. *Aquaculture*, 206: 245-256.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius Yogyakarta, 258 hlm.
- Gunarto, Muslimin, & Mansyur, A. 2004. Budidaya udang windu pada tambak pola resirkulasi menggunakan sistem tandon. *J. Pen. Perik. Indonesia*, 10(5): 91-102.
- Gunarto, Tangko, A.M., Tampangalo, B.R., & Muliani. 2006. Budidaya udang windu (*Penaeus monodon*) di tambak dengan penambahan probiotik. *J. Ris. Akuakultur*, 1(3): 303-313.
- Gunarto & Atmomarsono, M.. 2007. Water quality conditions in white shrimp *Litopenaeus vannamei* brackishwater pond with different percentages of additional fertilizer. *Aquacultura Indonesiana*, 8(1): 1-9.
- Gunarto, Mansyur, A., & Muliani. 2009. Aplikasi dosis fermentasi probiotik berbeda pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus*

- vannamei) pola intensif. *J. Ris. Akuakultur*, 4(2): 241-255.
- Gunarto & Burhanuddin. 2009. Pemeliharaan benur windu dengan penambahan sumber C-karbohidrat pada skala laboratorium. *Prosiding seminar Tahunan VI, Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Jilid I, Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian UGM, hlm. 1-7.
- Gunarto, Burhanuddin, & Muliani. 2009. Penambahan sumber C- karbohidrat dengan frekuensi berbeda pada pemeliharaan benur vaname di laboratorium. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan*, Teknologi Budidaya Perikanan, 3-4 Desember 2009 Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta, hlm. 107-113.
- Hari, B., Kurup, B.M., Varghese, J.T., Schrama, J.W., & Verdegem, M.C.J. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 241: 179-194.
- Hari, B., Kurup, B.M., Varghese, J.T., Schrama, J.W., & Verdegem, M.C.J. 2006. Effects of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*, 252: 248-263.
- Ivan, D.S. 2005. Biosekuriti budidaya *Litopenaeus vannamei* dan informasi beberapa penyakit. CP Prima, Surabaya, 26 hlm.
- Matiasi, H.B., Yusoff, F.M., Shariff, M., & Azhari, O. 2002. Effects of commercial microbial products on water quality on tropical shrimp culture ponds. *Asian Fisheries Sciences*, 15: 239-248.
- Murdjani, Arifin, Z., Adiwidjaya, D., Komaruddin, U., Nur, A., Susanto, A., Taslihan, A., Ariawan, K., Mardjono, M., Sutikno, E., Supito, Latief, M.S., Cokarkin, C., & Proyoutomo, T.P. 2007. Penerapan best management practices (BMP) pada budidaya udang windu (*Penaeus monodon* Fabricus) intensif. Departemen Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Balai Besar pengembangan Budidaya Air Payau, Jepara, 67 hlm.
- Poernomo, A. 1978. Masalah udang penaeid di Indonesia. Simposium modernisasi perikanan rakyat, Jakarta, 27 hlm.
- Poernomo, A. 2004. Teknologi probiotik untuk mengatasi permasalahan tambak udang dan lingkungan budidaya. *Makalah disajikan pada simposium nasional tentang Perkembangan Ilmu dan Teknologi Inovasi dalam bidang Akuakultur*, pada tanggal 27-29 Januari 2004 di Semarang, 20 hlm.
- Samocha, T.M., Susmita, P., Burger, J.S., Almeida, R.V., Abdul-Mehdi, A., Zarrein, A., Harisanto, M., Horowitz, A., & Brock, D.L. 2006. Use of molasses as carbon source in limited discharge grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture America*, p. 1-2.
- Smith, D.M., Burford, M.A., Tabrett, S.J., Irvin, S.J., & Ward, L. 2002. The effects of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*, 207: 125-136.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis (2nd Ed.). Fisheries Research Board of Canada, 310 pp.
- Wang, Y.B., Xu, Z.R., & Xia, M-S. 2005. The effectiveness of commercial probiotics in northern white shrimp *Penaeus vannamei* ponds. *Fisheries Science*, 71(5): 1,036-1,041.