

ANALISIS KEJADIAN SERANGAN *WHITE SPOT SYNDROME VIRUS* (WSSV) DENGAN BEBERAPA PARAMETER KUALITAS AIR PADA BUDI DAYA UDANG WINDU MENGGUNAKAN SISTEM TANDON DAN PROBIOTIK

Gunarto¹⁾, Muslimin¹⁾, Muliani¹⁾, dan Sahabuddin¹⁾

ABSTRAK

Munculnya serangan *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) pada udang yang dibudidayakan kemungkinan sebagai akibat menurunnya kualitas lingkungan tambak. Data diperoleh dari penelitian budi daya udang windu yang dilakukan Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, Maros menggunakan 8 unit tambak ukuran 500 m². Tokolan udang windu PL-25 dengan padat tebar 10 dan 20 ekor/m² ditebar dalam petak tambak tersebut serta penambahan probiotik setiap minggu sebanyak 1 mg/L berlangsung selama pemeliharaan udang dan tanpa pemberian probiotik sebagai kontrol merupakan perlakuan yang diuji. Masing-masing perlakuan dengan dua ulangan. Setelah penebaran, beberapa petak terserang WSSV dan menyebabkan kematian total yaitu pada hari ke-27, 30, 41, dan 47. Serangan WSSV terus berlanjut selama pemeliharaan udang di tambak berlangsung. Pada petak menggunakan probiotik mempunyai kecenderungan terserang WSSV lebih lambat daripada yang tidak menggunakan probiotik. Semakin tinggi padat tebar udang windu di tambak, maka semakin rentan terhadap serangan WSSV. Padat tebar 10 ekor/m² menggunakan probiotik produksinya cenderung lebih baik daripada padat tebar 20 ekor/m². Peningkatan populasi *Vibrio* sp., peningkatan konsentrasi nitrit dan tingginya populasi awal *Vibrio* sp. di air melebihi 10³ cfu/mL dan di sedimen 10⁴ cfu/g diduga erat kaitan dengan munculnya serangan WSSV pada udang yang dipelihara di tambak pada penelitian ini.

ABSTRACT: *An analysis of the incidence of White Spot Syndrome Virus (WSSV) infection with some water quality parameters in tiger shrimp cultured using reservoir systems and probiotics applications. By: Gunarto, Muslimin, Muliani, and Sahabuddin*

The outbreak of WSSV infection on tiger shrimp culture was thought to be an impact of its pond environmental depletion. The data was obtained from the study of tiger shrimp culture conducted in ponds Research Station of RICA Maros using 8 unit of brackishwater ponds compartment of 500 m² each size. The PL-25 were stocked in the ponds at the density of 10 pieces and 20 pieces/m² and on the otherhand, ponds also were treated with 1 mg/L commercial probiotics applied in every week during culture period and no probiotics application as control. Each treatment in two replications. WSSV was infected to the shrimp in the different ponds compartment beginning at 27, 30, 41, and 47 days after stocking and affected total mortality of the shrimp. The WSSV infection was continue distributed to the other ponds compartments consecutively. The shrimp in ponds were applied with probiotics tend to delay infected, in contrary more early infected to the shrimp in pond without probiotics application. The shrimp with higher stocking density likely was easier infected by WSSV. The shrimp production tends to be higher in the shrimp stocking density of 10 pieces/m² with probiotics application as compared to 20 pieces/m²

¹⁾ Peneliti pada Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, Maros

without probiotics applications. Increase Vibrio sp. population, enhance nitrite concentration and commenced with high Vibrio sp. population in the water and sediment pond excessive of 10^3 cfu/mL and 104 cfu/g respectively were presumed as the stimulate of WSSV outbreak in tiger shrimp culture in this research.

KEYWORDS: WSSV infection, water quality, probiotic, tiger shrimp

PENDAHULUAN

Kegiatan budi daya udang windu di tambak secara nasional nampak menurun akibat adanya serangan *White Spot Syndrome Virus* (WSSV) yang berdampak pula pada menurunnya ekspor udang windu. Munculnya berbagai penyakit pada budi daya udang windu diduga diakibatkan oleh menurunnya kualitas lingkungan perairan tambak. Upaya perbaikan lingkungan perairan tambak telah banyak dilakukan di antaranya dengan pemanfaatan tambak tandon (Atmomarsono *et al.*, 1995), tandon mangrove dan penggunaan biota biofilter misalnya tiram, bandeng, dan rumput laut. (Ahmad, 1999; Ahmad *et al.*, 2001; Gunarto *et al.*, 2003). Namun WSSV hingga kini tetap saja terjadi pada udang windu yang dibudidayakan di tambak baik pada pola tradisional, semi intensif, maupun intensif.

Penularan serangan WSSV pada udang windu di tambak melalui dua jalur yaitu jalur vertikal yang berarti berasal dari induk dan telah menginfeksi benur sejak di panti benih, biasanya udang akan mengalami kematian setelah 15–30 hari penebaran di tambak. Jalur kedua yaitu penularan secara horizontal di mana WSSV menular dari petak tambak yang satu ke petak lainnya melalui rembesan air yang telah terkontaminasi WSSV atau melalui hewan *carrier* seperti jembret, kepiting, dan ikan.

Probiotik telah banyak digunakan di bidang akuakultur. Moriarty (1998) melaporkan bahwa populasi bakteri *Vibrio harveyi* pada sedimen tambak telah berhasil ditekan dengan menggunakan bakteri *Bacillus* spp. Pengaruh probiotik terhadap udang tidak secara langsung, tetapi melalui kemampuan *Bacillus* spp. yang dapat mendekomposisi bahan organik, sehingga mampu memperbaiki kualitas air tambak. Menurut Hirota *et al.* (1995) dalam Maeda (1999), keberadaan *B. subtilis* dalam lapisan sedimen yang anaerob dapat mengakibatkan konsentrasi sulfida menurun sehingga redoks potensial (Eh) menjadi meningkat yang mengindikasikan peningkatan kualitas kondisi sedimen tambak. Sedangkan Devaraja *et al.* (2002) mengemukakan bahwa

penggunaan probiotik tidak mempunyai efek yang berlawanan dengan bakteri yang normal berada dalam tambak, tetapi akan meningkatkan populasi bakteri mineralisasi sehingga terjadi percepatan proses dekomposisi.

Queiroz & Boyd (1998) dalam Irianto (2003) telah menggunakan inokulum komersial pada kolam ikan lele di Alabama. Inokulum tersebut terdiri atas Biostar HB I, HB II, dan AB I. Spesies pada inokulum Biostar HB I yaitu bakteri *B. subtilis*, *B. megaterium*, dan *B. polymyxa*, pada HB II yaitu *B. licheniformis* dan pada AB I yang terdiri atas *B. subtilis* strain berbeda. Penggunaan inokulum tersebut menghasilkan produksi ikan lele lebih tinggi dibanding dengan kontrol. Selanjutnya Devaraja *et al.* (2002) di Malaysia telah membandingkan beberapa probiotik komersial efeknya terhadap produksi udang. Probiotik I mengandung bakteri *Bacillus* spp. dan *Saccharomyces* sp., probiotik ke-II mengandung spesies *Bacillus* sp., *Nitrosomonas* sp., dan *Nitrobacter* sp. dan ternyata produksinya masing-masing adalah 5.837,14 kg/ha (probiotik I); 4.877,42 kg/ha (probiotik II); dan 5.102,28 kg/ha (kontrol tanpa probiotik).

Tulisan ini mencoba menganalisis secara deskriptif kaitan antara beberapa parameter kualitas air dengan munculnya serangan WSSV pada budi daya udang windu dengan pola semi intensif (padat tebar 10 dan 20 ekor/m²) menggunakan sistem tandon serta penggunaan probiotik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Instalasi Tambak Penelitian Maranak, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau (BRPBAT) Maros menggunakan 8 unit tambak masing-masing ukuran 500 m², satu unit tandon yang ditumbuhi mangrove (2000 m²), satu unit tandon rumput laut (1.500 m²) ditebari rumput laut *Gracillaria* sp. sebanyak 300 kg dan satu unit tandon pembuangan (1.500 m²). Di dalam petak tandon mangrove juga dipelihara tiram *Crassostrea* sp. kurang lebih sebanyak 800 individu dengan

cara sebagian ditempelkan ke bambu menggunakan perekat semen dan sebagian lagi ditebar di rak bambu. Petak tandon pembuangan juga ditebari bandeng dan rumput laut *Gracillaria* sp. Setelah persiapan tambak selesai, maka pada tanggal 2 November 2004 tokolan benur PL-25 bebas virus WSSV (skrining dengan PCR) (Gambar 1) dengan ukuran seragam ditebar dalam tambak.

Penggantian air dalam petak udang disesuaikan dengan ukuran udang dan pengelolaan pakan. Model pengelolaan air dilakukan dengan cara sirkulasi seperti pada Gambar 2. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial, di mana faktor perlakuan pertama adalah padat tebar yaitu 10 dan 20 ekor/m² dan faktor perlakuan kedua adalah penggunaan probiotik dan tanpa probiotik. Masing-masing perlakuan dengan dua ulangan. Untuk menambahkan suplai oksigen ke setiap petak perlakuan, maka di setiap petak tambak dipasang 1 (satu) unit kincir air. Probiotik dari pasaran yang mengandung bakteri *Bacillus subtilis*, *B. Megaterium*, dan *B. polymyxa* (Poernomo, 2004) diaplikasikan sekali seminggu sejak mulai persiapan tambak hingga udang umur tiga bulan dengan konsentrasi 1 mg/L.

Sampling pertumbuhan udang, kualitas air, total *Vibrio* sp., dan populasi plankton dilakukan setiap dua minggu. Sampel udang diambil

dengan cara menangkap secara acak udang yang naik ke anco kemudian ditimbang bobotnya dengan timbangan elektrik yang mempunyai ketelitian 0,1 g. Data sampling tersebut sebagai bahan pertimbangan untuk penentuan jumlah pakan pada setiap periode pemeliharaan dua minggu berikutnya. Sampling kualitas air dilakukan dengan cara mengambil sampel air sebanyak 300 mL, kemudian dibawa ke Laboratorium Air BRPBAP untuk dianalisis meliputi: salinitas dengan refraktometer, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, BOT, dan alkalinitas berdasarkan prosedur dari Haryadi *et al.* (1992).

Sampling plankton dilakukan dengan cara menyaring air tambak menggunakan plankton net *mesh size* 40 mikron. Komposisi fitoplankton dan zooplankton diidentifikasi berdasarkan kunci dari Yamaji (1966); Newel & Newel (1987). Indeks keragaman plankton yang dapat mengindikasikan kestabilan ekosistem tambak dihitung berdasarkan rumus Shanon-Wiener (Kreb, 1978 dalam Odum, 1963).

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i ; P_i = \frac{n_i}{N}$$

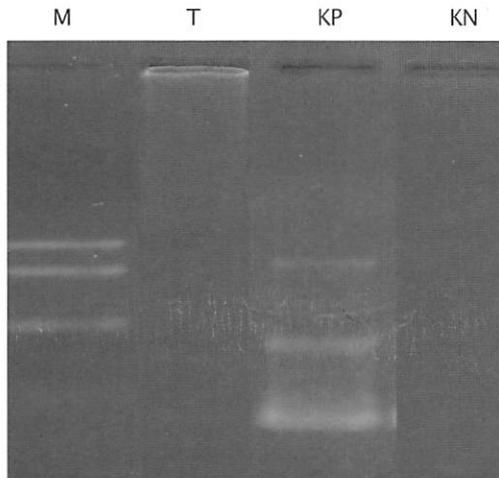
di mana:

H' = Indeks keragaman jenis

n_i = Jumlah individu taksa ke-i

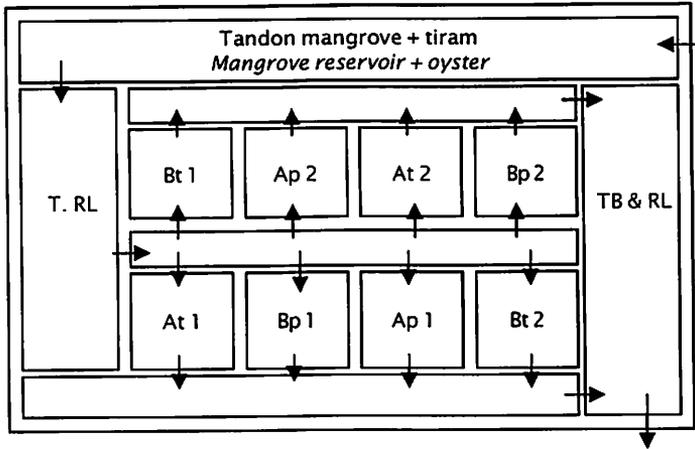
N = Jumlah total individu

P_i = Proporsi spesies ke-i



Gambar 1. Foto gel hasil elektroforesis yang menampilkan hasil deteksi WSSV dengan teknik PCR pada benur yang ditebar (M= marker, T= tokolan udang windu (negatif WSSV), KP= kontrol positif, KN= kontrol negatif)

Figure 1. Electrophoresis gel visualize the detection of WSSV in tiger shrimp larvae (PL25) samples by PCR method (M= marker, T= tiger shrimp juvenile (negative WSSV), KP= positive control, KN= negative control)



Gambar 2. Pola sirkulasi air untuk penelitian budi daya udang windu menggunakan sistem tandon. T. RL: tandon berisi rumput laut; TB & RL: tandon berisi ikan bandeng dan rumput laut; \longrightarrow : arah aliran air, At: padat tebar 10 ekor/m² tanpa probiotik, Ap: padat tebar 10 ekor/m² dengan probiotik; Bt: padat tebar 20 ekor/m² tanpa probiotik; Bp: padat tebar 20 ekor/m² dengan probiotik

Figure 2. The scheme of water circulation on tiger shrimp cultured using reservoir systems. T. RL: sea weed reservoir; TB & RL: reservoir stocked with sea weed and milkfish; \longrightarrow : water movement; At: stocking density 10 pieces/m² without probiotics application; Ap: stocking density 10 pieces/m² with probiotics application. Bt: stocking density 20 pieces/m² without probiotics application, Bp: stocking density 20 pieces/m² with probiotics application

Indeks Keragaman Jenis:

Sampling kualitas air dilakukan sebelum penggantian air pada semua petak tambak, petak biofilter mangrove, dan petak tandon rumput laut, juga dilakukan sampling total bakteri *Vibrio* sp. dalam air dan sedimen tambak serta di tandon dilakukan setiap dua minggu sekali. Pengambilan sampel air dan sedimen untuk analisis bakteri dilakukan menggunakan botol steril volume 50 mL, sampel disimpan dalam suhu dingin kemudian dibawa ke Laboratorium Patologi BRPBAP. Total *Vibrio* spp. dianalisis menggunakan *total plate count* pada media TCBSA (Lewis, 1974). Data kualitas air (amoniak, nitrit, dan bahan organik total) serta total bakteri *Vibrio* sp. di air dan sedimen tambak yang diperoleh selanjutnya dibuat grafik dan dianalisis secara deskriptif. Oleh karena adanya serangan WSSV pada udang windu selama penelitian berlangsung dan serangan penyakit tersebut menyebabkan kematian massal pada beberapa petak tambak, maka tidak semua petak tambak menghasilkan data produksi dan sintasan udang, sehingga data produksi dan sintasan udang yang diperoleh tidak dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial, tetapi dilakukan analisis secara deskriptif. Sedangkan telaah kaitan antara

kejadian serangan WSSV dengan beberapa parameter kualitas air dan total bakteri dilakukan berdasarkan grafik yang dibuat dan selanjutnya dirunut dengan waktu kejadian awal munculnya serangan WSSV yang ditandai dengan satu atau dua ekor udang mulai berenang di permukaan air tambak atau minggir di pematang tambak. Sedangkan data kualitas air lainnya seperti pH, BOT, dan alkalinitas dianalisis secara regresi untuk melihat hubungannya satu sama lain.

HASIL DAN BAHASAN

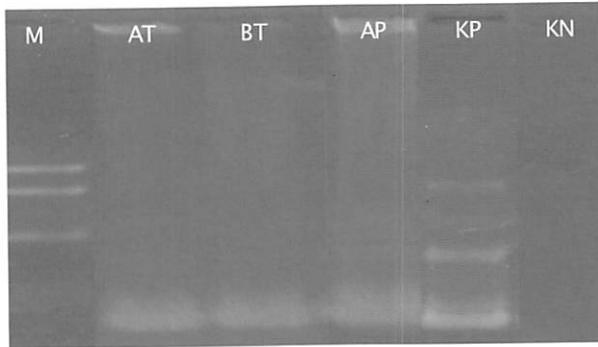
Serangan WSSV terjadi sangat cepat yaitu mulai terserang pada hari ke-27 di petak Ap1. Tanda-tanda lemahnya benur pada petak tersebut gejalanya sudah kelihatan dari sampling I (hari ke-14 pemeliharaan) yaitu benur tidak satupun naik ke anco untuk makan, sedangkan pada semua petak lainnya dijumpai benur yang mengkonsumsi pakan yang disediakan di anco. Pada hari ke-30 dijumpai udang yang mati di petak Bt1. Selanjutnya terjadi serangan WSSV lagi setelah hari ke-41 dan ke-47 di petak At2 dan At1, dan juga pada hari ke-53 pada petak Bp2, hari ke-60 pada petak Bp1 dan hari ke-62 pada petak Bt2, sehingga tinggal petak Ap2 yang masih aman dan mampu bertahan hingga umur 90 hari (Tabel 1). Gambar

Tabel 1. Pertumbuhan (g) waktu terjadinya serangan WSSV, produksi (kg), dan sintasan (%) udang windu di tambak dengan perlakuan perbedaan padat tebar dan penggunaan probiotik
 Table 1. Growth (g) and time incidence of WSSV infection, production, and survival rate of tiger shrimp cultured in pond at the different stocking densities and treated with probiotics

Kode tambak Pond code	Hari pemeliharaan (Days of culture)					Produksi (kg) dan sintasan (%) Production (kg) and survival (%)		Keterangan (Remark)
	1 2/11/2004	14	28	42	60	90		
AT1	0.02	0.70 ± 0.41	1.35 ± 0.75	-	-	-	0	Serangan WSSV 13 Des. 2004 (mati total) WSSV infection on Dec. 13, 2004 shrimp to tally was die
AT2	0.02	0.82 ± 0.60	2.15 ± 1.65	-	-	-	0	Serangan WSSV 19 Des. 2004 (mati total) WSSV infection on Dec. 19, 2004 shrimp was to tally die
AP1	0.02	0.47 ± 0.51	-	-	-	-	0	Serangan WSSV 29 Nov. 2004 (mati total) WSSV infection on Nov. 29, 2004 shrimp to tally was die
AP2	0.02	0.40 ± 0.15	1.4 ± 0.76	3.90 ± 0.84	4.55 ± 2.53	18.02 ± 3.82	52 kg (60.12%)	Panen sampai umur 90 hari Shrimp harvested on 90 days of culture
BT1	0.02	1.25 ± 0.47	1.71 ± 1.66	-	-	-	0	Serangan WSSV 2 Des. 2004 (mati total) WSSV infection on Dec. 2, 2004 shrimp to tally was die
BT2	0.02	0.50 ± 0.34	0.87 ± 0.42	2.72 ± 1.11	-	-	21 kg (46.6%)	Serangan WSSV 4 Jan. 2005 WSSV infection on Jan. 4, 2005
BP1	0.02	0.99 ± 0.74	1.32 ± 0.68	2.69 ± 1.04	-	-	28.6 kg (50.17%)	Serangan WSSV 2 Jan. 2005 WSSV infection on Jan. 2, 2005
BP2	0.02	0.76 ± 0.48	1.18 ± 1.08	2.98 ± 1.06	-	-	9.7 kg (28.02%)	Serangan WSSV 25 Des. 2004 WSSV infection on Dec. 25, 2004

Keterangan (Note):

- At : 10 ekor/m² tanpa probiotik (10 pieces/m² without probiotics application)
- Ap : 10 ekor/m² dengan probiotik (10 pieces/m² with probiotics application)
- Bt : 20 ekor/m² tanpa probiotik (20 pieces/m² without probiotics application)
- Bp : 20 ekor/m² dengan probiotik (20 pieces/m² with probiotics application)
- (-) : udang sudah mati total/sudah dipanen (shrimp totally was die/harvested)



Gambar 3. Hasil elektroforesis yang menampilkan deteksi WSSV pada beberapa sampel dengan teknik PCR Petak AT, petak BT, dan petak AP positif terinfeksi WSSV, KP= Kontrol positif, KN= Kontrol negatif, M= Marker

Figure 3. Electrophoresis visualize the detection of WSSV in several samples by PCR method (AT compartment, BT compartment, and AP compartment positive infected by WSSV, KP= positive control, KN= negative control, M= Marker)

3 menunjukkan gel hasil elektroforesis yang menampilkan hasil deteksi WSSV pada beberapa sampel dengan teknik PCR.

Berdasarkan pengamatan tersebut maka dapat diketahui bahwa apabila di sekitar tambak sudah terdapat WSSV, besar kemungkinan akan menular ke petak-petak lainnya, meskipun air dalam petak yang terserang WSSV tidak dibuang, dan diatur agar supaya selalu lebih rendah daripada tinggi air di tambak sebelahnya yang udangnya masih sehat, tetapi tetap saja terjadi penularan ke petak yang berdekatan lainnya secara bergantian. Penularan yang terjadi diduga terutama melalui rembesan air karena pematang tambak yang tidak kedap air. Di samping itu keberadaan hewan liar yang ada di sekitar tambak misalnya burung, jembret, dan kepiting kemungkinan besar juga ikut ambil bagian dalam penyebaran virus WSSV di tambak lokasi penelitian.

Indikator terjadinya serangan WSSV apabila dijumpai 1—2 ekor udang mulai berenang-renang di permukaan air atau telah menempel di dinding pematang dan setelah ditangkap di karapasnya terdapat bintik-bintik putih seperti panu. Alifuddin *et al.* (2004) menyatakan bahwa jaringan target infeksi WSSV terdiri atas jaringan limfoid, saluran pencernaan, insang, dan epidermis kulit. Bintik putih yang terjadi merupakan penyimpangan metabolisme kalsium yang mengumpul pada lapisan kutikula udang. Pada tahap awal bercak berbentuk bulat, pada tahap selanjutnya terjadi melanisasi pada pusat bercak yang memperlihatkan terjadinya

penonjolan keluar dan bentuk bercak bulat dan melanisasi sangat jelas. *Virus white spot* bersifat sangat virulen, penularan dapat terjadi dengan dosis sangat rendah yaitu 0,02 ng/mL.

Berdasarkan model-model serangan WSSV terhadap udang di petak tambak penelitian, dapat diketahui bahwa pada petak yang menggunakan probiotik ada kecenderungan terserang WSSV lebih lambat, kecuali pada petak Ap1 terserang WSSV paling awal. Berdasarkan hasil panen ternyata tambak yang menggunakan probiotik produksi udangnya juga cenderung lebih tinggi daripada tambak yang tidak menggunakan probiotik. Sedangkan padat tebar berpengaruh terhadap intensitas serangan WSSV (Gunarto & Septiningsih, 2004), buktinya pada penelitian ini pada perlakuan padat tebar 10 ekor/m² dengan probiotik mampu panen sampai pemeliharaan hari ke-90, sedangkan padat tebar 20 ekor/m² baik yang menggunakan probiotik atau pun yang tanpa probiotik dipanen sebelum pemeliharaan hari ke-90, karena serangan WSSV (Tabel 2).

Pada umur pemeliharaan 60—62 hari beberapa petak dipanen, petak Bp1 dengan produksi 28,6 kg; sintasan 50,17%; nilai konversi pakan 1:1,57. Sedangkan pada petak Bp2 serangan WSSV telah terjadi sejak masa pemeliharaan umur 53 hari, dengan demikian serangan telah berlangsung selama 7 hari dan diperoleh produksi 9,7 kg dengan sintasan 28,02%. Petak Bt2 dengan produksi 21 kg, sintasan 46,6% dan konversi pakan 1:1,61. Produksi terbanyak adalah di petak Ap2 dengan tiga bulan pemeliharaan diperoleh produksi

Tabel 2. Parameter produksi udang windu hasil budi daya pola semi intensif menggunakan probiotik

Table 2. Production parameters of tiger shrimp from semi intensive culture using probiotics

Faktor produksi Production factors	Perlakuan (Treatment)			
	A		B	
	Ap	At	Bp	Bt
Ukuran tambak (Pond size) (m ²)	500	500	500	500
Padat tebar (Stocking densities) (ind./m ²)	10	10	20	20
Ukuran tebar (Size at stocking) (g)	0.02 ± 0.051	0.02 ± 0.051	0.02 ± 0.051	0.02 ± 0.026
Ukuran panen (Size at harvest) (g)	18.02 ± 3.82	-	3-6	3-6
Sintasan (Survival rate) (%)	60.28	0	39.08 ± 15.67	46.65
Produksi udang (Shrimp production) (kg)	52 (91 hari/day)	0	19.15 ± 13.36	21 (62 hari/day)
Waktu pemeliharaan (Culture period) (Hari/Day)			(60 hari/day)	
Konversi pakan (Feed conversion)	1:1.93	-	1:1.57	1:1.61

Keterangan:

A & B : (faktor I = padat tebar / stocking density)

p & t : (faktor II = probiotik dan tanpa probiotik / treated with probiotics and untreated with probiotics)

At : 10 ekor/m² tanpa probiotik (10 pieces/m² untreated with probiotics)

Ap : 10 ekor/m² dengan probiotik (10 pieces/m² treated with probiotics)

Bt : 20 ekor/m² tanpa probiotik (20 pieces/m² untreated with probiotics)

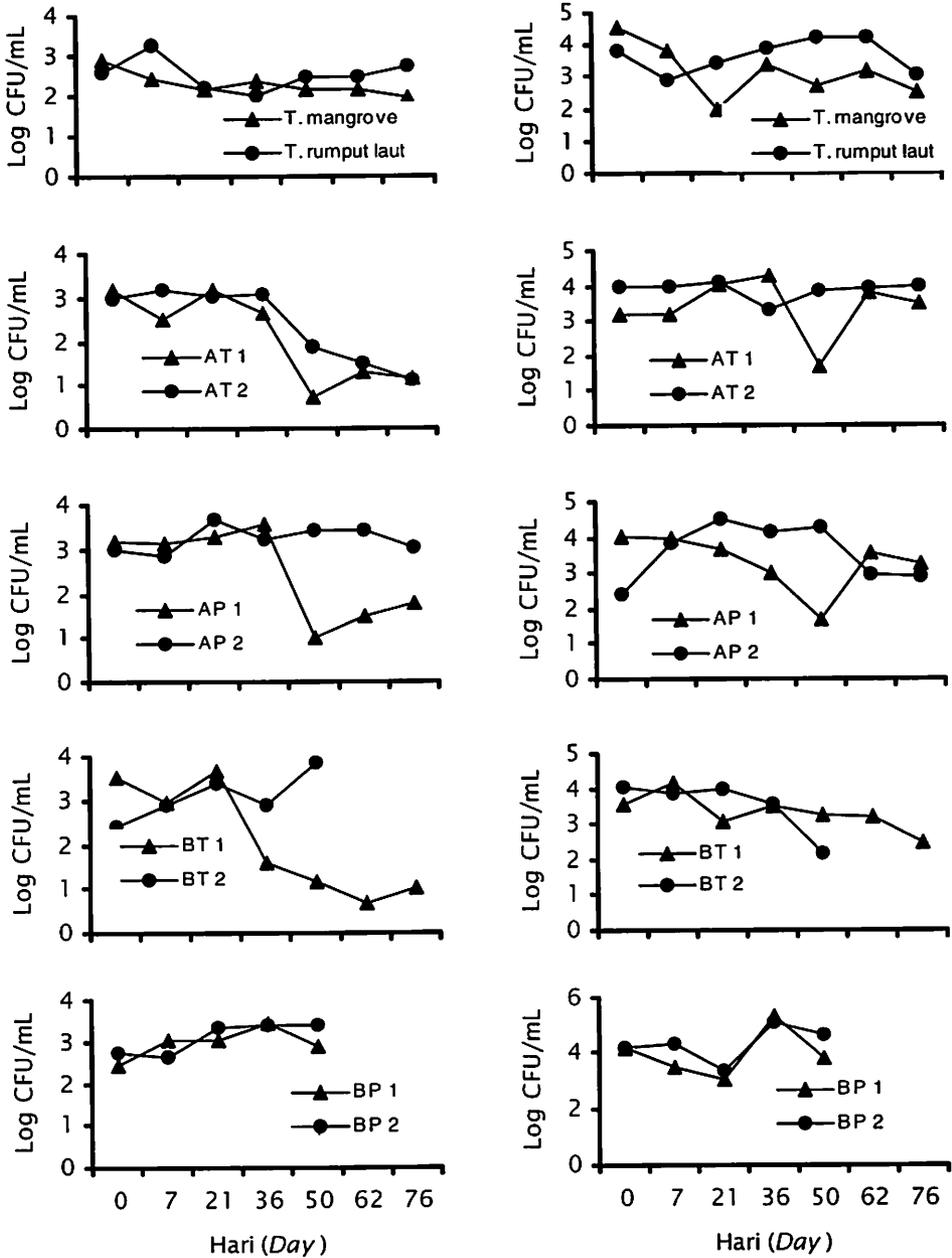
Bp : 20 ekor/m² dengan probiotik (20 pieces/m² treated with probiotics)

udang sebanyak 52 kg, sintasan 60,17% dan konversi pakan 1:1,93. Dengan demikian terdapat kecenderungan produksi udang lebih tinggi pada petak yang menggunakan probiotik, hal ini kemungkinan disebabkan oleh berbagai faktor, satu di antaranya adalah perairan tambak yang lebih stabil yang ditandai dengan nilai indeks diversitas plankton yang selalu lebih tinggi di petak Ap daripada petak tambak lainnya yang tidak menggunakan probiotik (lihat Gambar 8), sehingga pertumbuhan udang menjadi lebih pesat.

POPULASI *Vibrio* spp. DI AIR DAN SEDIMEN TAMBAK

Populasi *Vibrio* sp. di air tambak pada level 10² cfu/mL, sedangkan di sedimen tambak

pada level yang lebih tinggi yaitu 10³ cfu/g. Pengamatan pada awal penelitian menunjukkan bahwa populasi *Vibrio* sp. paling rendah di air tambak dijumpai di petak Bt2 yaitu 2,17 x 10² cfu/mL (Gambar 4d, kiri) dan pada sedimen tambak paling rendah dijumpai di petak Ap2 yaitu 0,25 x 10³ cfu/g (Gambar 4c, kanan). Pada kedua petak tersebut udang mampu bertahan hidup hingga umur lebih 60 hari, bahkan di petak Ap2 hingga umur 90 hari pemeliharaan. Hal ini berarti bahwa total populasi *Vibrio* sp. pada awal pemeliharaan sangat penting dan menentukan pada kesehatan udang untuk keberlanjutan dalam proses budi dayanya. Di petak lain misalnya di Ap1, di mana populasi *Vibrio* sp. di air mencapai 10³ cfu/mL (Gambar 4c, kiri) dan di sedimen mencapai 10⁴ cfu/mL (Gambar 4c, kanan), udang mengalami serangan



Gambar 4. Total populasi *Vibrio* sp. di air tandon dan air tambak (kiri) serta di sedimen tandon dan sedimen tambak (kanan) juga waktu terjadinya serangan penyakit WSSV pada udang. (At1,2: 10 ekor/m² tanpa probiotik, Ap1,2: 10 ekor/m² dengan probiotik, Bt1,2: 20 ekor/m² tanpa probiotik, Bp1,2: 20 ekor/m² dengan probiotik)

Figure 4. *Vibrio* sp. total population in reservoir and pond water (left) and in reservoir and pond sediment (right) also the time incidence of WSSV infection to the shrimp. (At1,2: 10 pieces/m² without probiotics, Ap1,2: 10 ekor/m² with probiotics, Bt1,2: 20 pieces/m² without probiotics, Bp1,2: 20 ekor/m² with probiotics)

WSSV lebih awal yaitu pada pemeliharaan hari ke-27. Menurut Muliani *et al.* (2000), kandungan bakteri *Vibrio harveyi* di air pada kepadatan 10^3 cfu/mL sudah menyebabkan sakit pada udang windu yang dipelihara. Dengan demikian titik awal kandungan populasi *Vibrio* sp. di air tambak sebaiknya tidak boleh melebihi 10^3 cfu/mL, karena hal tersebut kemungkinan sangat berpengaruh terhadap sintasan udang yang dibudidayakan di tambak.

Pengamatan terhadap awal dimulainya serangan WSSV hubungannya dengan perubahan populasi *Vibrio* sp. di air nampak bahwa ada sedikit peningkatan kandungan *Vibrio* sp. di petak Ap1 dan Bt1 yaitu dari periode hari pemeliharaan ke-21 hingga hari ke-36 masing-masing dari 10^2 cfu/mL ke- 10^3 cfu/mL dan dari 10^3 cfu/mL hingga mendekati 10^4 cfu/mL. Di petak Ap1 kematian udang terjadi pada pemeliharaan hari ke-27, di petak Bt1, kematian udang terjadi pada pemeliharaan hari ke-30 dan di petak At1 maupun At2 kematian udang terjadi pada pemeliharaan hari ke-41 dan 47. Dengan demikian apakah peningkatan jumlah bakteri *Vibrio* sp. sebagai indikasi akan mewabahnya WSSV. Hal ini mungkin saja bisa terjadi apabila *Vibrio* sp. telah menyebabkan udang sakit dan selanjutnya kondisi udang menjadi menurun, sehingga udang sangat rentan terhadap serangan berbagai penyakit termasuk WSSV. Namun demikian tidak semua petak yang mengalami peningkatan populasi *Vibrio* sp., maka udangnya akan segera sakit. Hal ini telah dibuktikan di petak Ap2 meskipun populasi *Vibrio* sp. di air telah meningkat dari 10^3 cfu/mL hingga mendekati 10^4 cfu/mL dan di sedimen tambak dari 10^4 cfu/mL hingga mendekati 10^5 cfu/mL tetapi udang di petak tersebut tetap tumbuh hingga bisa dipanen pada umur 90 hari di tambak.

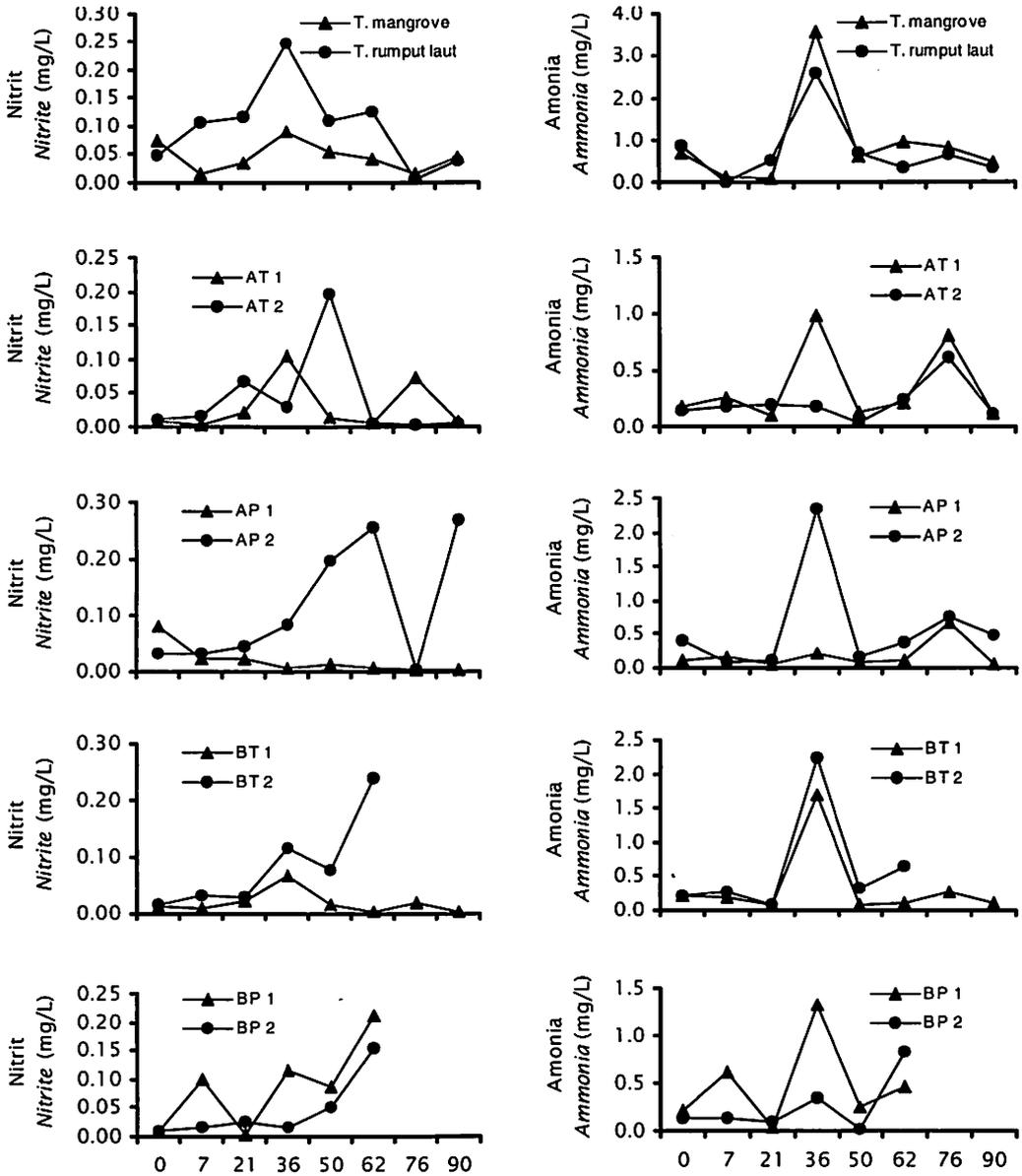
Penurunan secara jelas pada total populasi *Vibrio* sp. di air tambak udang yang terserang WSSV terjadi setelah udang mengalami kematian (Gambar 4b,c,d, kiri). Pada petak-petak udang yang mati, pemberian pakan tidak lagi sesuai porsi yang ditentukan, bahkan sama sekali dihentikan karena udang telah mati semua. Dengan demikian fluktuasi total populasi *Vibrio* sp. di air tambak dipengaruhi oleh populasi udang yang masih hidup dan jumlah pakan yang diberikan. Sedangkan di sedimen tambak, misalnya di petak At2 dan Bt1 (Gambar 4b,d, kanan), penurunan total populasi *Vibrio* sp. setelah udangnya mati kurang nampak jelas. Hal ini karena akumulasi bahan organik di sedimen tambak pada umumnya lebih banyak

daripada kandungan bahan organik yang larut dalam air, sehingga populasi *Vibrio* sp. di sedimen tambak bisa tetap tinggi meskipun sudah tidak ada lagi pemberian pakan secara rutin pada udang. Berdasarkan pengalaman pada petak udang yang terserang WSSV setelah lebih dua minggu, sintasan udang antara 0%—1% dari populasi yang ditebar dan kematian paling massal terjadi setelah 5 hari dari mulainya udang berenang-renang di permukaan air dalam tambak. Alifuddin *et al.* (2004) menyatakan bahwa penyakit WSSV dapat menyebabkan kegagalan panen dengan morbiditas dan mortalitas mencapai 100%. Dengan demikian pada penelitian adanya indikasi hubungan langsung antara besarnya total populasi *Vibrio* sp. dengan mulai mewabahnya WSSV yang menyerang udang pada penelitian ini.

KUALITAS AIR TAMBAK DAN AIR TANDON

Gambar 5 memperlihatkan fluktuasi nitrit dan amoniak di air dalam petak-petak tambak penelitian. Pengaruh perbedaan padat tebar (10 dan 20 ekor/ m^2), nampak tidak nyata terhadap perbedaan peningkatan konsentrasi nitrit, amoniak, maupun BOT. Sedangkan pengaruh aplikasi probiotik sebanyak 1 mg/L setiap minggu satu kali juga nampak pengaruhnya tidak nyata terhadap perbaikan kualitas air tambak secara terus-menerus sepanjang penelitian berlangsung.

Kaitan antara kandungan nitrit dengan terjadinya serangan WSSV di petak Ap1, yang merupakan petak pertama kali terserang WSSV yaitu pada pemeliharaan hari ke-27, nampak tidak ada kecenderungan peningkatan nitrit (Gambar 5c, kiri) maupun amoniak (Gambar 5c, kanan), begitu juga kandungan BOT sebelum terjadinya serangan WSSV di petak tersebut. Kandungan BOT masih di bawah 20 mg/L (Gambar 6c). Di petak Bt1, serangan WSSV terjadi pada hari pemeliharaan ke-30, nampak bahwa berdasarkan data yang diperoleh pada hari ke-36 dijumpai terjadinya peningkatan nitrit maupun amoniak hampir di semua petak tambak termasuk juga di tandon mangrove dan tandon rumput laut (Gambar 5). Peningkatan tersebut cukup tinggi terutama kandungan amoniaknya, di tandon mangrove mencapai $3,55$ mg/L dan di tandon rumput laut mencapai $2,58$ mg/L. Rumput laut mampu memfilter amoniak (Troell *et al.*, 1999; Gunarto & Septiningsih, 2004), pada penelitian ini indikasinya adalah amoniak menurun di tandon rumput laut (Gambar 5a, kanan). Meskipun air dari tandon mangrove



Gambar 5. Konsentrasi nitrit (kiri) dan amoniak (kanan) di tambak tandon dan tambak perlakuan (At1,2: 10 ekor/m² tanpa probiotik; Ap1,2: 10 ekor/m² dengan probiotik; Bt1,2: 20 ekor/m² tanpa probiotik; Bp1,2: 20 ekor/m² dengan probiotik)

Figure 5. Nitrite (left) and amonium (right) concentration in treatment pond and reservoir pond (At1,2: 10 pieces/m² without probiotics, Ap1,2: 10 pieces/m² with probiotics, Bt1,2: 20 pieces/m² without probiotics, Bp1,2: 20 pieces/m² with probiotics)

kemudian difilter oleh rumput laut sebelum masuk ke petak tambak, tetapi karena konsentrasi amoniak tinggi di air sumber (tandon mangrove) maka sampai di petak undang

konsentrasi amoniak juga masih tinggi yaitu di petak Ap2 (2,33 mg/L), At1 (0,991 mg/L), Bp1 (1,334 mg/L), Bp2 (0,337 mg/L), Bt1 (1,86 mg/L), dan petak Bt2 (2,22 mg/L). Dengan demikian

dapat disimpulkan bahwa pada waktu tersebut air tandon telah tercemar mungkin oleh air buangan dari tambak sekitarnya yang terserang WSSV. Oleh karena adanya pasang surut, maka air buangan tersebut masuk dengan cara merembes ke tandon bakau yang dipakai sebagai tandon pada penelitian ini. Perlu diketahui bahwa tandon mangrove yang digunakan pada penelitian ini pada mulanya adalah saluran pemasukan air yang ditanami bakau, *Rhizophora* sp. kemudian dibuatkan pematang keliling untuk dapat digunakan sebagai tandon mangrove.

Menurut Choo & Tanaka (2000), parameter kualitas air yang muncul sebagai polutan pada saat panen udang pola intensif di tambak adalah amoniak dan konsentrasinya mencapai 8,4 mg/L. Standar menurut *Global Aquaculture Alliance* pada air buangan tambak intensif pada saat panen kandungan amonia-nitrogen seharusnya < 3 mg/L (Boyd, 2003).

Di petak Ap2, Bp1, dan Bt2 meskipun konsentrasi amoniak tinggi tetapi udang tetap mampu bertahan hingga umur 60 hari. Hal ini karena yang bersifat racun adalah amonia. Nilai amonia dapat diketahui dengan cara merujuk pada hasil analisis total amoniak, kemudian melihat nilai pH air dan tabel perkiraan persentase kandungan nilai amonia. Apabila kandungan amoniak total tinggi, pH air juga semakin tinggi maka persentasi amonia juga akan semakin tinggi. Menurut Boyd (1990), konsentrasi amonia sebanyak 0,45 mg/L mampu mengurangi laju tumbuh udang penaeid sampai 50%.

Serangan WSSV selanjutnya terjadi di petak At1 dan At2 masing-masing pada pemeliharaan hari ke-41 dan 47. Nampak bahwa pada petak At1 peningkatan nitrit dijumpai pada hari ke-36 mencapai 0,104 mg/L dan peningkatan amoniak mencapai 0,991 mg/L (Gambar 5b). Sedangkan konsentrasi BOT cukup rendah yaitu 3,09 mg/L. Kandungan nitrit di petak At2 meningkat mencapai 0,196 mg/L pada hari ke-50 (Gambar 5b), sedangkan kandungan amoniak 0,174 mg/L. Selanjutnya serangan WSSV terjadi pada pemeliharaan hari ke-53 di petak Bp2, hari ke-60 di petak Bp1 dan hari ke-62 di petak Bt2. Dari data kualitas air nampak bahwa pada hari ke-62 konsentrasi nitrit di semua petak tersebut terjadi peningkatan yaitu masing-masing mencapai 0,211 mg/L; 0,155 mg/L; 0,24 mg/L.

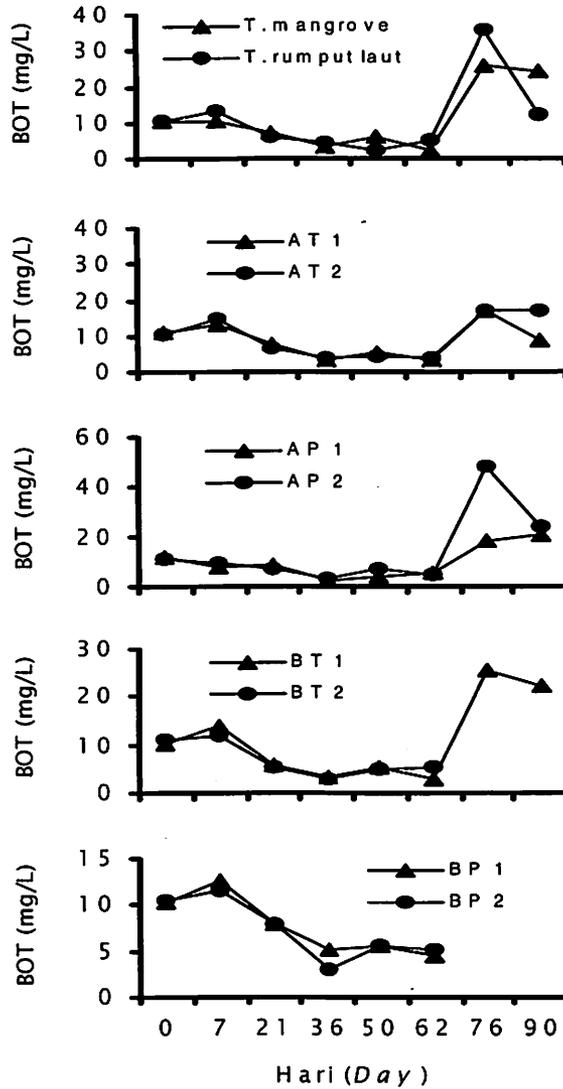
Sedangkan amoniak terjadi peningkatan hanya di petak Bp2 yaitu mencapai 0,819 mg/L. Namun demikian tidak semua petak tambak

yang mengalami peningkatan kandungan nitrit hingga 0,2 mg/L udangnya mengalami serangan WSSV, misalnya di petak Ap2 udang mampu bertahan hingga umur pemeliharaan 90 hari di tambak.

Nitrit di perairan berasal dari dekomposisi nitrogen yang berasal dari NH_4 oleh adanya aktivitas bakteri *Nitrosomonas* sp. Selanjutnya nitrit diubah menjadi nitrat oleh aktivitas bakteri *Nitrobacter* sp. Proses ini akan berjalan optimal apabila jumlah oksigen di perairan tambak mencukupi, kapasitas *buffer* baik, pH netral, dan suhu rendah. Pada penelitian ini kandungan oksigen di air tambak pada pagi hari setelah kincir dimatikan (pukul 07.30) yaitu pada kisaran 3,3—6,8 mg/L (petak At); 4,1—6,1 mg/L (petak Ap); 4,4—6,3 mg/L (petak Bt); 3,6—6,3 mg/L (petak Bp). Konsentrasi nitrit yang diperbolehkan di dalam perairan tambak harus lebih kecil dari 0,01 mg/L (Puryaningsih, 2003). Menurut Boyd (1990), batas aman untuk nitrit pada pemeliharaan post larva udang windu adalah 4,5 mg/L.

Pada teknik budi daya udang ramah lingkungan maka disarankan sebaiknya air buangan pada waktu panen sebelum dibuang seharusnya di tandon lebih dahulu agar tidak mencemari perairan tambak sekitarnya karena air buangan telah teroksidasi lebih dahulu. Konsentrasi amoniak tinggi di tambak udang pola intensif juga bisa terjadi akibat *input* pakan yang berlebihan. Hal ini seperti yang dilaporkan oleh Smith *et al.* (2002) di mana pada penelitiannya menggunakan bak-bak *fiberglass* ukuran 2,5 m² menggunakan udang ukuran awal rata-rata 5,6 g dengan padat tebar 25 ekor /m² maka konsentrasi amoniak yang diperoleh sepanjang dua bulan penelitian pada kisaran 0,01—5 mg/L.

Kandungan BOT hingga hari ke-62 nampak menurun pada semua petak (Gambar 6) padahal *input* pakan terus meningkat jumlahnya menyesuaikan pada pertumbuhan udang yang semakin besar. Hal ini kemungkinan karena adanya pengenceran akibat sedang berlangsung musim hujan yaitu Oktober hingga April. Pada penelitian terdahulu yang berlangsung di musim kemarau (Juli—Oktober 2003), dijumpai kandungan BOT cenderung meningkat sejalan dengan jumlah pakan yang diberikan hingga mencapai konsentrasi tertinggi 30,2 mg/L (Gunarto *et al.*, 2003), begitu juga yang diperoleh Ahmad *et al.* (2001), bahkan konsentrasi BOT di tambak udang dan tandon bakau mencapai 60 mg/L dan pe-



Gambar 6. Kandungan BOT di air tambak tandon dan air tambak perlakuan (At1,2: 10 ekor/m² tanpa probiotik; Ap1,2: 10 ekor/m² dengan probiotik; Bt1,2: 20 ekor/m² tanpa probiotik; Bp1,2: 20 ekor/m² dengan probiotik)

Figure 6. TOM concentration in reservoir and pond water (At1,2: 10 pieces/m² without probiotic, Ap1,2: 10 pieces/m² with probiotic, Bt1,2: 20 pieces/m² without probiotic; and Bp1,2: 20 pieces/m² with probiotics application)

ningkatan konsentrasi BOT diikuti oleh meningkatnya total populasi bakteri *Vibrio* spp.

Pada penelitian ini BOT menurun maka kandungan total *Vibrio* spp. di air tambak populasinya juga menurun, di petak Ap2 pada hari ke-21 pada level $43,85 \times 10^2$ cfu/mL menurun menjadi $10,63 \times 10^2$ cfu/mL di hari ke-90, sedangkan di sedimen tambak populasi

total *Vibrio* spp. juga menurun, pada petak Ap2 pada hari ke-21 pada level $6,8 \times 10^3$ cfu/g turun menjadi $0,75 \times 10^3$ cfu/g (lihat Gambar 4).

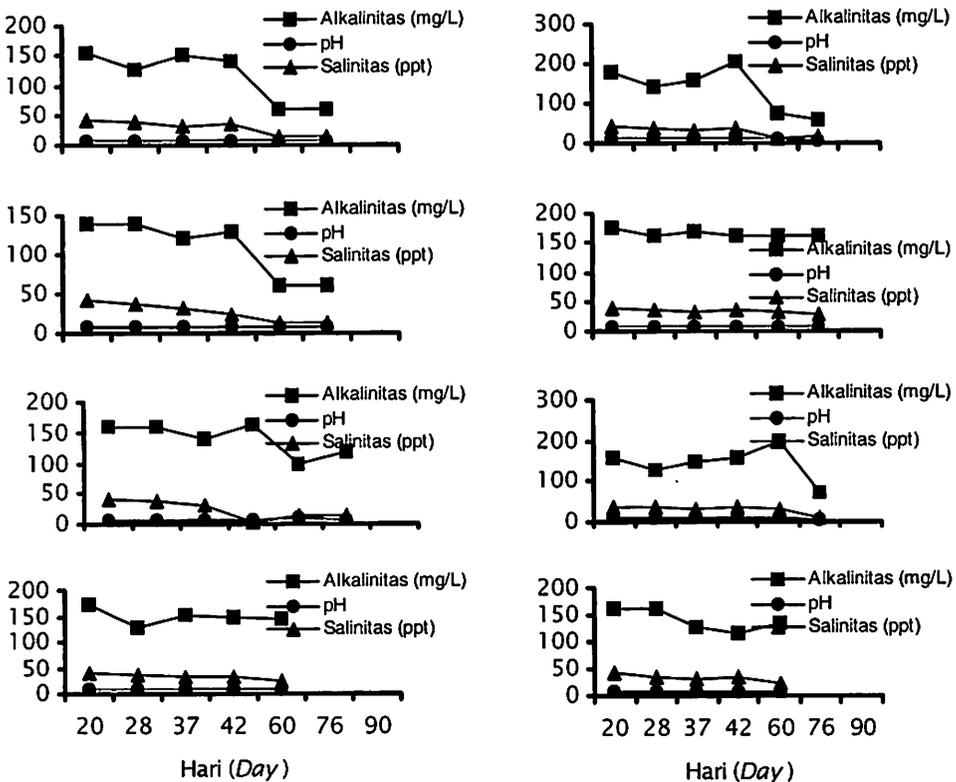
Di sedimen tambak petak Ap2 nampak terjadi penurunan populasi *Vibrio* spp. secara drastis terutama di periode 60–90 hari pemeliharaan, padahal input pakan semakin banyak karena ukuran udang juga semakin besar berarti bahwa

limbah organik (sisa pakan, kotoran udang, dan sisa organisme yang mati) yang terakumulasi di dasar tambak bertambah banyak, namun total populasi *Vibrio* spp. malah menurun. Hal ini kemungkinan karena meningkatnya populasi bakteri probiotik yang mampu menguraikan limbah bahan organik dari sisa pakan dan kotoran udang, sehingga perkembangan populasi *Vibrio* sp. dapat ditekan.

Data parameter kualitas air lainnya seperti suhu pada kisaran 28,6°C—30,6°C pada pagi hari pukul 07.00–09.00. Kandungan oksigen terlarut pada kisaran 4,14–6,12 mg/L pada jam yang sama. Sedangkan hubungan antara salinitas, alkalinitas, dan pH pada setiap petak perlakuan dapat dilihat pada Gambar 7, nampak bahwa pada penggunaan sumur bor untuk pemeliharaan udang di tambak menyebabkan nilai alkalinitas air tambak menjadi sangat tinggi yaitu pada kisaran 150–200 mg/L. Pada penelitian terdahulu menggunakan air pasang surut nilai alkalinitas tertinggi yaitu 90 mg/L

(Gunarto *et al.*, 2003). Pada petak udang yang udangnya mati lebih awal (At1, At2, Ap1, dan Bt1) akibat terserang WSSV maka air tambak sudah tidak diganti lagi dengan air dari sumur bor sehingga nilai alkalinitas, salinitas, dan pH turun lebih awal. Air hujan yang banyak masuk ke petak tersebut menyebabkan terjadinya pengenceran alkalinitas. Menurut Effendi (2003), alkalinitas adalah gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam atau kapasitas penyangga terhadap perubahan pH. Di air laut sumber kation utama adalah natrium dan magnesium dan sumber anion utama adalah chlorida. Di air tawar sumber kation utama adalah kalsium dan magnesium dan sumber anion utama adalah bikarbonat dan karbonat.

Pada petak tambak yang udangnya mampu bertahan hidup hingga umur lebih dari 50 hari (Bp1, Bp2, Bt2, juga Ap2), nilai alkalinitas hingga pemeliharaan hari ke-50 tetap tinggi sekitar 150 mg/L (Gambar 7), karena selalu dilakukan penggantian air dengan air yang berasal dari



Gambar 7. Hubungan antara alkalinitas, salinitas, dan pH pada petak tambak perlakuan
 Figure 7. The relationship among alkalinity, salinity, and pH in treatment ponds

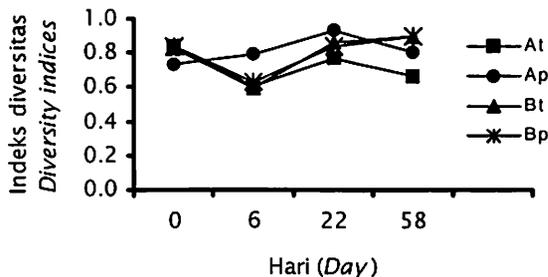
sumur bor. Pada petak Ap2 kegiatan penggantian air dilakukan hingga hari ke-90 karena udangnya mampu tumbuh dan bertahan hidup hingga hari ke-90.

Hubungan antara salinitas, alkalinitas, dan pH air tambak menunjukkan bahwa penurunan salinitas akan menyebabkan penurunan alkalinitas lebih signifikan ($r = 0,95$) daripada terhadap penurunan pH ($r = 0,41$). Sedangkan penurunan alkalinitas dapat juga menyebabkan pH menurun ($r = 0,47$).

Pada petak-petak udang yang mengalami kematian lebih awal berarti sudah tidak lagi dilakukan penggantian air dengan air dari sumur bor, nampak bahwa nilai salinitas dan alkalinitasnya rendah. Hal ini karena adanya pengenceran salinitas oleh air hujan, sehingga nilai alkalinitasnya juga menurun ($r = 0,95$), meskipun demikian penurunan nilai pH air juga tidak tajam ($r = 0,47$) tetapi masih pada nilai yang netral. Nilai pH 7,7 adalah paling rendah dan dijumpai pada hari ke-42 di petak Ap1. Nilai pH dalam tambak juga sangat dipengaruhi oleh kepadatan populasi fitoplankton terutama pada siang hari akibat proses fotosintesa. Menurut Effendi (2003) dalam proses fotosintesa alga membutuhkan gas CO_2 yang merupakan gas bersifat asam, meningkatnya pH disebabkan terbentuknya ion hidroksida akibat proses hidrolisis bikarbonat dan karbonat. Nilai indeks diversitas plankton dapat dilihat pada Gambar 8, nampak bahwa di petak Ap nilai indeks diversitas plankton pada kisaran 0,731–0,926 lebih tinggi daripada di petak At, Bt, dan Bp yaitu masing-masing pada kisaran 0,605–0,801; 0,598–0,890; dan 0,624–0,849. Hal ini berarti bahwa di petak Ap kondisi perairan tambaknya lebih stabil dari petak lainnya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan pada petak tambak yang sama dan berlangsung pada musim kemarau menggunakan padat tebar 4, 6, dan 8 ekor/ m^2 tanpa penambahan probiotik diperoleh jumlah puncak-puncak nilai indeks keragaman plankton yang berbeda. Pada pemeliharaan selama 84 hari dengan padat tebar 4 ekor/ m^2 diperoleh satu puncak yaitu pada nilai 0,38. Pada padat tebar 6 ekor/ m^2 diperoleh tiga puncak yaitu 0,4; 0,59; dan 0,39. Sedangkan pada padat tebar 8 ekor/ m^2 diperoleh 2 puncak yaitu masing-masing 0,58 dan 0,4 (Gunarto *et al.*, 2004). Berdasarkan nilai tersebut maka dapat dilihat bahwa nilai indeks diversitas plankton di tambak yang ditebahi udang dengan padat tebar 4–8 ekor/ m^2 dan dilakukan pada musim kemarau serta tanpa penambahan probiotik menghasilkan nilai indeks diversitas plankton yang lebih rendah daripada tambak dengan padat tebar 10 dan 20 ekor/ m^2 dengan penambahan probiotik dan tanpa probiotik. Hal ini mungkin berkaitan dengan melimpahnya nutrisi yang dihasilkan dari proses dekomposisi sisa pakan dan feses udang akibat aktivitas bakteri probiotik sehingga menyebabkan keragaman dan populasi plankton yang mampu tumbuh dan berkembang pada petak tambak dengan padat tebar 10 dan 20 ekor/ m^2 lebih tinggi daripada padat tebar 4–8 ekor/ m^2 .

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, kandungan nitrat pada kisaran 0,0032–0,572 mg/L; sedangkan kandungan fosfat pada kisaran 0,0104–0,258 mg/L. Fitoplankton didominasi oleh jenis *Nitzschia sp.*, *Chaetoceros sp.*, *Rhizosolenia sp.*, dan *Oscillatoria sp.* Sedangkan zooplankton didominasi oleh *Brachionus sp.*, *Calanus sp.*, *Acartia sp.*, dan *Oithona sp.*



Gambar 8. Nilai indeks diversitas plankton di petak perlakuan (At: 10 ekor/ m^2 tanpa probiotik, Ap: 10 ekor/ m^2 dengan probiotik, Bt: 20 ekor/ m^2 tanpa probiotik, Bp: 20 ekor/ m^2 dengan probiotik)

Figure 8. Indices diversity value in treatment ponds. (At: 10 pieces/ m^2 without probiotics, Ap: 10 pieces/ m^2 with probiotics, Bt: 20 pieces/ m^2 without probiotics, and Bp: 20 pieces/ m^2 with probiotics application)

KESIMPULAN

- ❖ Kejadian serangan WSSV pada penelitian ini tidak dapat terdeteksi dengan hanya melihat perubahan beberapa parameter kualitas air tambak, namun demikian ada beberapa hal yang patut dicurigai yaitu terjadinya peningkatan populasi bakteri *Vibrio* spp. di air seperti yang terjadi di petak Ap1 dan Bt1, peningkatan nitrit dan tingginya populasi awal bakteri *Vibrio* sp. di air melebihi 10^3 cfu/mL dan 10^4 cfu/mL di sedimen sebagai awal pemicu mewabahnya WSSV, meskipun hal tersebut tidak berlaku di petak Ap2 karena udang mampu bertahan hidup dan tumbuh hingga umur 90 hari di tambak.
- ❖ Meskipun tidak mampu mencegah terjadinya serangan WSSV penggunaan probiotik pada konsentrasi 1 mg/L setiap minggu cenderung mampu memperlambat terjadinya serangan WSSV dan meningkatkan produksi udang yang dibudidayakan di tambak, meskipun hal ini masih perlu dibuktikan lagi dengan penelitian-penelitian lanjutan yang terkait dengan penggunaan probiotik dalam budi daya udang di tambak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T. 1999. Pemanfaatan mangrove sebagai biofilter dan bioremediator budidaya udang. *Makalah disampaikan dalam Rapat Kerja Teknis dan Pembahasan Hasil-Hasil Penelitian T.A. 1998/1999*, Balai Penelitian Perikanan Pantai, Wisma Kinasih Gemilang, Bogor, 16--17 Maret 1999, 16 pp.
- Ahmad, T., M. Tjaronge, and F. Cholik. 2001. The use of mangrove stands for shrimp pond waste-water treatment. *IFR Journal*, 7(1): 7—15.
- Alifuddin, M., D. Dana, M. Eidman, M.B. Malole, dan F.H. Pasaribu. 2004. Patogenese infeksi virus white spot (WS) pada udang windu, *Penaeus monodon* Fab. *Prosiding Pengendalian Penyakit pada Ikan dan Udang berbasis Imunisasi dan Biosekuriti. Seminar nasional Penyakit Ikan dan Udang IV*, Purwokerto 18—19 Mei 2004, p. 23—29.
- Atomarsono, M., Muliani, dan S. Ismawati. 1995. Prospek penggunaan tandon pada budidaya udang windu. *Makalah disajikan pada Aplikasi Paket Teknologi di Instalasi Penelitian dan Pengkajian Teknologi Pertanian (IPPTP) Wonocolo*, Surabaya 2—4 Juli 1995, 10 pp.
- Boyd, C.F. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Auburn University, Alabama USA, 482 pp.
- Boyd, C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm level. *Aquaculture*, 226: 101--112.
- Choo, P.S. and K. Tanaka. 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.
- Devaraja, T.N., F.M. Yusoff, and M. Syariff. 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 pp.
- Gunarto, Suharyanto, Muslimin, dan A.M. Tangko. 2003. Budidaya udang windu menggunakan tandon mangrove dengan pola resirkulasi berbeda. *J. Pen. Per. Indonesia edisi Akuakultur*, 9(2): 57—64.
- Gunarto dan Septiningsih, E. 2004. Kemampuan rumput laut *Garcillaria folifera* Forskal sebagai *biotreatment* pada pemeliharaan benur windu. *Prosiding Pengendalian Penyakit pada Ikan dan Udang Berbasis Imunisasi dan Biosekuriti. Seminar Nasional Penyakit Ikan dan Udang IV*, Purwokerto 18—19 Mei 2004, p. 23—29.
- Haryadi, S., I.N.N. Suryodiputro, dan B. Widigdo. 1992. *Limnologi. Penuntun Praktikum dan Metode Analisis Air*. Institut Pertanian Bogor. Fakultas Perikanan, 57 pp.
- Irianto, A. 2003. *Probiotik Akuakultur*. Gadjah Mada University Press, 123 pp.
- Lewis, D. 1974. *Predominant Aerobic Bacteria of Fish and Shellfish*. Texas A and M University, Sea Grand College, Texas.
- Maeda, M. 1999. *Microbial Process in Aquaculture*. National Research Institute of Aquaculture, Nansei, Mie 516-0193 Japan, 102 pp.
- Moriarty, D.J.W. 1998. Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture Ponds. *Aquaculture*, 164: 351—358.
- Muliani, Muharijadi, A.M., dan Nurhidayah. 2000. Patogenitas beberapa bakteri *Vibrio* yang diisolasi dari sedimen tambak terhadap udang windu, *Penaeus monodon*. *J. Pen. Per. Indonesia*, (6):3—4: 44—50.
- Newel, G.E. dan R.C. Newel. 1987. *Marine Plankton a Practical Guide*. Huchinson & Co (Publishers) Ltd., 243 pp.

- Odum, E.P. 1963. *Ecology*, Second Edition. Holt, Rinehart and Winston, Inc All Rights Reserve, 243 pp.
- 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 pp.
- Puryaningsih, E. 2003. Parameter-parameter penting di tambak. Untuk Aplikasi Tambak, Aqua Merck, 16 pp.
- Smith, D.M., M.A. Burford, S.J. Tabrett, S.J. Irvin, dan L. Ward. 2002. The effects of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*, 207: 125—136.
- Troell, M., P. Ronnback, C. Halling, N. Kautsky, dan A. Buschmann. 1999. Use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture. *Journal of applied phycology*, 11(1): 89—97.
- Yamaji, I. 1966. *Illustration of the Marine Plankton of Japan*. Hoikusha Publishing Co. Ltd. Osaka Japan, 369 pp.