

TINGKAT PEMANFAATAN PAKAN DAN KELAYAKAN KUALITAS AIR SERTA ESTIMASI PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI UDANG VANAME (*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) PADA SISTEM INTENSIF¹

(Level of Feed Utilization and Suitability of Water Quality and Estimation of Vaname Shrimp
(*Litopenaeus vannamei*, Boone 1931) Growth and Production at Intensive System)

Tatag Budiardi², Chairul Muluk², Bambang Widigdo³,
Kardiyo Praptokardiyo³, dan Dedi Soedharma⁴

ABSTRAK

Penelitian tingkat pemanfaatan pakan dan kelayakan kualitas air serta estimasi pertumbuhan dan produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) pada sistem intensif telah dilakukan di Pelabuhan Ratu, Jawa Barat pada bulan Mei sampai Agustus. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat pemanfaatan pakan dan kelayakan kualitas air pada sistem budidaya udang vaname intensif. Penelitian ini didasarkan pada observasi enam tambak selama satu masa pemeliharaan (100 hari) dengan desain kausal dan metode *ex post-facto* untuk mendapatkan data kualitas air dan produksi udang. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa penurunan kualitas air mulai terjadi pada pemeliharaan hari ke-40 dan terus menurun sampai akhir pemeliharaan. Tingkat pemanfaatan pakan yang tinggi menghasilkan kelayakan kualitas air dan laju pertumbuhan yang tinggi sehingga menghasilkan produksi biomassa udang yang tinggi. Model hubungan jumlah pakan yang diberikan (x) dan biomassa yang dihasilkan (y) berupa regresi kuadrat $y = 0.00006x^2 + 1.3506x + 7.3864$ ($R^2 = 0.9801$) sehingga biomassa maksimum tercapai pada 7 593 kg dengan pemberian pakan sebanyak 11 255 kg atau FCR sebesar 1.48.

Kata kunci: sistem intensif, udang, pakan, kualitas air, biomassa, tambak.

ABSTRACT

A study on feed utilization, and the suitability of water quality and the estimation of vaname shrimp (*Litopenaeus vannamei*) growth and production of an intensive system was conducted in Pelabuhan Ratu, West Java during Mei-Agustus. The research was aim at evaluating feeding practices, and suitability of its water quality obtained. This study was based on observations six ponds during one growout period (100 days) with causal design and *ex post-facto* method to obtain data on water quality and production. The result showed that degradation of water quality occurred not until the 40th day of cultivation, and progressively decreased up to the end of the growout period. The high level of feed utilization produced suitable water quality, and high shrimp growth rates, thus, yielding high shrimp biomass. Feed-shrimp biomass relationship could be expressed by the following quadratic regression: $y = 0.00006x^2 + 1.3506x + 7.3864$ ($R^2 = 0.9801$), from which the maximum shrimp biomass was reached at 7 593 kg on 11 255 kg feed, giving a feed conversion ratio of 1.48.

Keywords: intensive system, shrimp, feed, water quality, biomass, tambak.

PENDAHULUAN

Dalam dekade terakhir, pengembangan budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*)

semakin pesat menggantikan budidaya udang windu (*Penaeus monodon*). Keunggulan udang vaname yang lebih toleran terhadap perubahan lingkungan telah mendorong pengalihan sistem budidaya dari ekstensif ke intensif (Thakur & Lin 2003; Hernandez-Lamas *et al.* 2004). Budidaya intensif menggunakan padat tebar tinggi dan pemberian pakan yang diupayakan tepat (Xincai & Yongquan 2001), agar tidak mengakibatkan penurunan kualitas air sehingga sintasan dapat dipertahankan tinggi. Jika tingkat pemanfaatan pakan tinggi dan kualitas air tetap

¹ Diterima 25 Juli 2007 / Disetujui 26 September 2007.

² Bagian Sistem dan Teknologi, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

³ Bagian Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

⁴ Bagian Biologi Laut, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

layak bagi kehidupan udang, maka pertumbuhan dan produksi udang dapat mencapai target yang diharapkan.

Masalah dalam sistem budidaya intensif udang vaname yaitu mortalitas meningkat sejalan dengan penurunan kualitas air sewaktu masa pemeliharaan. Sumber penyebab penurunan kualitas air adalah peningkatan produk metabolik hasil penguraian sisa pakan dan feses udang yang tidak terkendali oleh tindakan pengelolaan kualitas air. Peningkatan produk metabolik tersebut terjadi akibat ketidaktepatan pemberian pakan dengan indikasi nilai rasio konversi pakan (*feed conversion ratio*, FCR) serta rasio penambahan biomassa terhadap penambahan pakan (*input-output increment ratio*, IOIR). Sisa pakan dan ekskresi udang memerlukan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*, DO) untuk penguraiannya (Boyd 1991; Primavera 1994). Akibat lanjut dari fenomena ini adalah penurunan kualitas air, terutama oksigen terlarut rendah dan pembentukan gas-gas beracun, seperti amoniak (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S) (Boyd 1991; Goddard 1996).

Konsekuensi dari ketidaktepatan pemberian pakan yang diikuti penurunan kualitas air adalah sintasan yang tidak sesuai harapan yang berlanjut pada penurunan pertumbuhan biomassa udang. Pemecahan masalah tersebut dilakukan dengan evaluasi tingkat pemanfaatan pakan dan kelayakan kualitas air secara sekuensial pada tahap-tahap pemeliharaan untuk dijadikan dasar pemberian pakan yang tepat sesuai dengan potensi tumbuh udang dalam media pemeliharaan. Evaluasi tingkat pemanfaatan pakan dan kelayakan kualitas air dilakukan melalui kajian kemandirian IOIR dan FCR parsial sebagai indikator tingkat pemanfaatan pakan yang diberikan pada setiap tahap pemeliharaan, serta kelayakan kualitas air dengan indikasi keberadaan oksigen terlarut dan gas-gas beracun.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat pemanfaatan pakan dan kelayakan kualitas air sebagai landasan bagi estimasi pertumbuhan dan produksi dari setiap tahap pemeliharaan dalam sistem budidaya udang vaname intensif. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model hubungan antara jumlah pakan dan pertumbuhan biomassa udang untuk dijadikan dasar perencanaan, implementasi dan evaluasi sistem budidaya udang vaname intensif.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain kausal dengan metode *ex post-facto* mengenai pemeliharaan udang vaname secara intensif pada petak tambak yang terkendali. Homogenitas antar satuan percobaan diperoleh dengan penyeragaman pengelolaan, sesuai dengan prosedur operasional standar (SOP), yaitu preparasi tambak; benih udang (asal, kriteria, perlakuan dan cara tebar benih; pakan (nutrisi, ukuran, jumlah, frekuensi dan cara pemberian pakan); serta air (aerasi dan pergantian air). Pemberian pakan menggunakan model *full feed* selama masa pemeliharaan udang 1–50 hari dan diikuti model dinamik untuk masa pemeliharaan udang di atas 50 hari sampai panen.

Penelitian dilaksanakan di pertambakan PT Bimasena Sagara, Ujung Genteng, Pelabuhan Ratu, Jawa Barat selama 4 bulan (Mei–Agustus). Penelitian ini menggunakan 6 petak tambak berukuran efektif $2554 \pm 159 \text{ m}^2$ tiap petak, berpola intensif dan berpadat tebar 85 ± 15 ekor udang vaname PL12/ m^2 . Variabel yang diamati meliputi aspek produksi, yaitu jumlah, bobot dan pakan udang; serta aspek kualitas air, yaitu oksigen terlarut, pH air, salinitas, suhu, bahan organik total (*total organic matter*, TOM), amoniak (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S).

Produksi diduga dengan pengambilan contoh udang dari setiap petak tambak. Dari data tersebut kemudian dihitung variabel produksi, yang meliputi laju mortalitas (MR), sintasan (SR), laju pertumbuhan individu (GRi), dan laju pertumbuhan biomassa (GRb). Data produksi dan pemberian pakan digunakan untuk menghitung rasio jumlah pakan terhadap pertumbuhan biomassa pada periode waktu tertentu (FCRp) dan rasio pertumbuhan biomassa terhadap jumlah pakan pada periode waktu tertentu (IOIR). Data kualitas air dikumpulkan melalui pengambilan contoh air setiap petak tambak.

Data produksi dan kualitas air yang didapat selama penelitian ditabulasi per 10 hari. Pengelompokan data didapatkan dari hasil analisis data seri yang menunjukkan kesamaan, baik secara kualitatif (pola sebaran waktu) maupun kuantitatif. Pengelompokan tingkat tinggi dan rendah variabel kualitas air dan produksi didasarkan pada perbedaan variabel antar petak pada taraf uji 5% atau 10%. Pengelompokan kelayakan kualitas air didasarkan pada kondisi ideal

bagi kehidupan udang vaname, yaitu konsentrasi DO tidak kurang dari 4 mg/L (Liao & Huang 1975 in Chien 1992, Xincai & Yongquan 2001); pH 7.5–8.5 (Law 1988; Chien 1992); salinitas 5–35 ppt (Ponce-Palafox *et al.* 1997; Xincai & Yongquan 2001); suhu 28–30 °C (Hirono 1992), konsentrasi amoniak kurang dari 0.10 mg/L (Wickins 1976; Liu 1989), serta konsentrasi H₂S kurang dari 0.05 mg/L (Boyd 1991). Analisis data meliputi analisis ragam dan uji beda kuadrat terkecil (LSD), analisis regresi, serta analisis deskripsi dengan bantuan Microsoft Office Excel 2003 dan SPSS v11.0.

HASIL PENELITIAN

Kualitas Air

Kualitas air pada semua petak menurun mulai hari ke-40 sampai hari ke-70, yaitu variabel oksigen terlarut (DO), pH, salinitas, suhu, amoniak dan hidrogen sulfida ($p < 0.05$) (Tabel 1). Sehubungan dengan penurunan kualitas air tersebut, evaluasi kelayakan kualitas air dilakukan bertahap, yaitu tahap awal pemeliharaan (T1; 1–40 hari), tahap transisi (T2; 41–70 hari) dan tahap akhir pemeliharaan (T3; 71–100 hari).

Tabel 1. Perbedaan Nilai Variabel Kualitas Air dan Produksi Antar Petak Tambak pada Tiap Tahap Waktu Pemeliharaan.

Variabel	Satuan	Nilai rata-rata variabel dan nilai uji beda																	
		T1						T2						T3					
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
DO	mg/L	3.59	3.36	3.88	4.23	3.59	4.22	3.43	3.22	4.02	4.13	3.84	3.75	3.16	2.54	3.58	4.32	3.77	3.72
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	ab	b	ab	a	ab	ab	ab	b	ab	a	ab	ab
pH	Unit	8.03	7.88	7.83	7.65	7.93	7.60	7.45	7.23	7.40	7.53	7.58	7.38	7.53	7.43	7.38	7.43	8.03	8.03
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	ab	b	b	b	a	a
Salinitas	ppt	36.0	35.0	35.8	36.3	36.5	36.0	38.3	37.3	38.3	38.8	39.3	38.8	39.3	39.8	39.8	40.0	40.0	39.8
	Uji*)	ab	b	ab	a	a	ab	a	a	a	a	a	a	b	ab	ab	a	a	ab
Suhu	OC	29.48	28.90	28.53	28.13	27.90	27.90	26.55	26.38	26.20	25.80	25.58	25.48	25.53	25.48	24.95	25.60	25.63	25.75
	Uji*)	a	ab	ab	ab	b	b	a	a	a	a	a	a	ab	ab	b	ab	ab	a
TOM	mg/L	70.90	72.13	57.20	28.48	42.70	34.43	131.33	136.05	115.13	74.85	81.83	88.35	204.98	214.90	199.43	187.03	192.98	192.68
	Uji*)	a	a	ab	b	ab	ab	b	b	ab	a	a	a	a	a	a	a	a	a
NH ₃	mg/L	0.010	0.010	0.010	0.006	0.009	0.010	0.003	0.004	0.005	0.008	0.012	0.009	0.005	0.006	0.003	0.010	0.026	0.028
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	ab	a	a
H ₂ S	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.012	0.013	0.001	0.003	0.003	0.011	0.021	0.036	0.028	0.035	0.013
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	ab	ab	b	ab	a	ab	a	b
MR	%	0.06	0.00	0.00	0.62	1.36	0.36	0.05	0.00	0.00	0.49	2.34	0.37	0.08	0.00	0.00	0.75	0.40	0.36
	Uji*)	d	d	d	b	a	c	c	c	c	b	a	b	c	c	c	a	b	b
SR	%	98.56	99.15	99.81	79.38	76.26	90.72	96.85	99.38	99.81	66.74	47.45	81.45	95.14	99.03	99.71	55.57	28.56	73.08
	Uji*)	a	a	a	b	b	a	a	a	a	c	d	b	b	ab	a	d	e	c
GRi	%	15.68	15.25	15.02	15.20	15.38	15.19	3.60	3.55	4.46	4.89	4.46	3.89	1.46	1.56	1.31	0.93	0.87	0.78
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
GRb	%	15.62	15.24	15.01	14.40	14.16	14.81	3.54	3.54	4.46	4.40	4.15	3.53	1.39	1.55	1.30	0.31	0.34	0.41
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b
IOIR	unit	1.50	1.32	1.12	1.10	0.95	1.16	0.59	0.56	0.62	0.90	1.15	1.77	0.91	0.37	1.10	0.16	-0.10	0.19
	Uji*)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b
FCRp	unit	2.83	2.98	3.60	2.90	2.30	1.85	1.65	2.18	1.08	3.40	6.13	24.45	1.85	1.95	1.68	8.30	11.40	26.83
	Uji*)	ab	ab	a	ab	b	b	b	b	b	b	ab	a	b	b	b	ab	ab	a

Keterangan: *) = huruf yang tidak sama menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0.05$ atau $p < 0.10$) antar petak tiap tahap waktu T1, T2 dan T3 = tahap waktu pemeliharaan (awal, transisi dan akhir); DO = oksigen terlarut; TOM = bahan organik total (permanganat); MR = laju kematian; SR = sintasan; GRi = laju pertumbuhan individu; GRb = laju pertumbuhan biomassa; IOIR = input-output increment ratio; FCRp = rasio konversi pakan parsial.

Pada T1, variabel kualitas air antar petak A, B, C, D, E dan F tidak berbeda nyata ($p > 0.05$) kecuali variabel salinitas dan suhu ($p <$

0.05) (Tabel 1). Petak D, E dan F mempunyai salinitas ≥ 36 ppt dan suhu < 28.5 °C yang berpotensi mengganggu kelangsungan hidup dan

pertumbuhan udang di dalamnya. Namun di antara petak D, E dan F tersebut, petak E mempunyai salinitas $\geq 36.5 ppt$ dan suhu $< 28 ^\circ C$ sehingga termasuk petak yang berkualitas air jelek, sedangkan petak lainnya (A, B, C, D dan F) termasuk baik.

Pada T2, variabel kualitas air antar petak A, B, C, D, E dan F tidak berbeda ($p > 0.10$) kecuali DO dan H_2S ($p < 0.10$) (Tabel 1). Namun, konsentrasi DO dan H_2S tersebut masih layak bagi kelangsungan hidup udang. Petak D, E dan F bersalinitas $\geq 38.5 ppt$ dan bersuhu $< 26.0 ^\circ C$ yang berpotensi mengganggu kelangsungan hidup udang. Di antara petak D, E dan F tersebut, petak E mempunyai salinitas $\geq 39.3 ppt$ dan suhu $< 25.6 ^\circ C$ sehingga termasuk petak berkualitas air jelek, sedangkan petak lainnya (A, B, C, D dan F) termasuk baik.

Pada T3, semua variabel kualitas air antar petak A, B, C, D, E dan F berbeda ($p < 0.05$) (Tabel 1). Konsentrasi NH_3 dan H_2S pada petak D, E dan F $\geq 0.01 mg/L$ sehingga berpotensi mengganggu kehidupan dan pertumbuhan udang. Di antara petak-petak tersebut, petak E secara bersamaan mempunyai dua konsentrasi gas toksik yang tinggi, yaitu konsentrasi NH_3 $0.026 mg/L$ dan H_2S $0.035 mg/L$ sehingga termasuk petak berkualitas air jelek sedangkan petak lainnya (A, B, C, D dan F) termasuk baik.

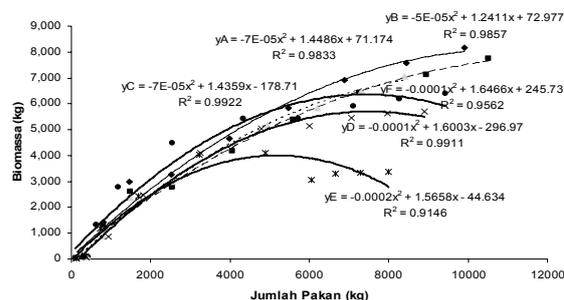
Secara umum, kualitas air pada T1 dan T2 di petak A, B, C, D, E dan F masih layak bagi udang kecuali salinitas dan suhu. Pada T3, selain terjadi peningkatan salinitas dan penurunan suhu, kualitas air memburuk akibat meningkatnya konsentrasi NH_3 di petak E dan F pada H80 ($> 0.0450 mg/L$), serta H_2S pada H100 di petak D dan E ($> 0.05 mg/L$). Pada semua tahap waktu, petak E mempunyai nilai kelayakan kualitas air yang lebih rendah dibandingkan dengan petak lainnya. Dengan demikian, secara umum disimpulkan bahwa petak A, B, C, D dan F berkualitas air baik sedangkan petak E jelek.

Tingkat Pemanfaatan Pakan

Tingkat pemanfaatan pakan dapat dilihat dari nilai IOIR, yaitu semakin tinggi pemanfaatan pakan, maka semakin tinggi nilai IOIR-nya. Pada Tabel 1 dinyatakan, nilai IOIR tidak berbeda antar petak ($p < 0.05$) pada T1 dan T2. Pada T1, IOIR masih baik dengan nilai IOIR >

1.0. Pada T2 terjadi penurunan IOIR pada petak A, B, C namun tidak berbeda dengan petak lainnya. Pada T3, IOIR pada petak D, E dan F menurun sehingga berbeda dengan petak lainnya ($p < 0.05$).

Hubungan jumlah pakan yang diberikan (x, kg) dan produksi biomassa (y, kg) berupa regresi kuadrat. Peningkatan pakan pada jumlah tertentu sudah tidak lagi memberikan peningkatan biomassa udang. Kurva pada petak A, B, dan C membentuk persamaan $y = -6E-05x^2 + 1.3506x + 7.3864$ ($R^2 = 0.9801$) sehingga biomassa maksimum tercapai pada $7\ 608 kg$ dengan pemberian pakan sebanyak $11\ 260 kg$ (FCR = 1.48). Pada petak D, E dan F, kurva membentuk persamaan $y = -9E-05x^2 + 1.3250x + 178.5$ ($R^2 = 0.8117$) sehingga biomassa maksimum tercapai pada $4\ 884 kg$ dengan pemberian pakan sebanyak $8\ 740 kg$ (FCR = 1.79). Dengan demikian, daya dukung lingkungan pada petak A, B dan C lebih besar daripada D, E dan F dan sistem produksi pada petak A, B dan C lebih efisien dibandingkan D, E dan F ($p < 0.01$).



Gambar 1. Kurva Hubungan Jumlah Pakan dan Biomassa Udang Pada Tiap Petak Tambak

Produksi

Pada Tabel 1 dinyatakan, laju kematian (MR) dan sintasan (SR) pada T1, T2 dan T3, berbeda antar petak ($p < 0.05$). Namun secara umum petak dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu kelompok petak A, B dan C dengan MR dan SR yang baik serta kelompok D, E dan F dengan MR dan SR jelek. Laju pertumbuhan individu (GRi) tidak berbeda antar petak, baik pada T1, T2 maupun T3 ($p > 0.05$). Namun pada T3, petak dapat dikelompokkan menjadi kelompok yang baik (petak A, B dan C dengan $GRi > 1$), serta kelompok yang jelek (petak D, E dan F dengan $GRi < 1$). Laju pertumbuhan bi-

omassa (GRb) tidak berbeda antar petak pada T1 dan T2 ($p > 0.05$). Nilai tersebut pada petak D, E dan F menurun tajam pada T3 akibat dari penurunan sintasan sehingga lebih rendah daripada A, B dan C ($p < 0.05$).

Berdasarkan Tabel 1, petak tambak dikelompokkan seperti pada Tabel 2. Petak A, B dan C mewakili petak kualitas air yang baik dan produksi yang tinggi, baik di T1, T2 maupun T3 yang selanjutnya disebut kelompok petak 1 (KP1). Petak D dan F berkualitas air baik namun produksi rendah (KP2), sedangkan petak E kualitas air jelek dan produksi rendah (KP3).

Pada Tabel 1 dan 3 dinyatakan, kualitas air di KP1 pada T1 sangat stabil sehingga tidak mengganggu kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang. Pada T2, suhu rendah menyebabkan penurunan pemanfaatan pakan yang berlanjut pada penurunan laju pertumbuhan, baik individu (GRi) maupun biomassa (GRb). Peningkatan sisa pakan terlihat dari peningkatan TOM yang selanjutnya meningkatkan konsentrasi H₂S. Pada T3, penurunan konsentrasi DO me-

nyebabkan penurunan pemanfaatan pakan yang akhirnya berakibat pada penurunan laju pertumbuhan (GRi dan GRb).

Tabel 2 Kelompok petak tambak berdasarkan tingkat produksi dan kualitas air

Variabel Produksi	Kelompok	Variabel kualitas air					
		T1		T2		T3	
		B	J	B	J	B	J
Sintasan	B	A,B,C		A,B,C		A,B,C	
	J	D,F	E	D,F	E	D,F	E
Laju Mortalitas	B	A,B,C		A,B,C		A,B,C	
	J	D,F		D,F			
Laju Pertumbuhan individu	B	A,B,C,D,F	E	A,B,C,D,F	E	A,B,C	
	J					D,F	E
Laju Pertumbuhan Biomassa	B	A,B,C,D,F	E	A,B,C,D,F	E	A,B,C	
	J					D,F	E
FCRp	B	A,B,D,F		A,B,C		A,B,C	
	J	C	E	D,F	E	D,F	E
IOIR	B	A,B,C,D,F	E	A,B,C,D,F	E	A,B,C	
	J					D,F	E

Keterangan: T1, T2, T3 = tahap waktu pemeliharaan (awal, transisi dan akhir); IOIR = *input-output increment ratio*; FCRp = rasio konversi pakan parsial; B = baik; J = jelek.

Tabel 3. Regresi antara Variabel Produksi dan Variabel Kualitas Air.

Variabel Produksi	Variabel Kualitas Air	KP1			KP2			KP3		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
MR	NH3								0.97 ¹⁾	
	H2S								2.33 ²⁾	
GRi	DO				3.48 ²⁾		0.29 ¹⁾		4.55 ¹⁾	
	Salinitas				-2.46 ²⁾				-2.27 ¹⁾	
	Suhu			6.71 ²⁾	2.08 ²⁾					
	H2S									-21.14 ²⁾
GRb	DO				3.49 ³⁾		0.21 ²⁾		5.37 ¹⁾	
	Salinitas				-2.44 ³⁾					
	Suhu			6.50 ²⁾	2.08 ²⁾					
IOIR	DO			0.11 ²⁾	0.87 ³⁾		0.10 ³⁾	1.01 ¹⁾		
	Salinitas				-0.59 ³⁾					
	Suhu				0.47 ¹⁾					
FCRp	DO				-30.93 ²⁾		-26.90 ²⁾	-1.38 ²⁾		
	Salinitas			-1.85 ³⁾						
	H2S				7394.53 ³⁾					

Keterangan: - T1, T2 dan T3 = tahap waktu pemeliharaan (awal, transisi dan akhir)
 - Tingkat kepercayaan: ¹⁾ = $P < 0.10$; ²⁾ = $P < 0.05$; ³⁾ = $P < 0.01$
 - DO = oksigen terlarut - MR = laju kematian
 - GRi = laju pertumbuhan individu - GRb = laju pertumbuhan biomassa
 - IOIR = *input-output increment ratio* - FCRp = rasio konversi pakan parsial.

Pada KP2, peningkatan salinitas ($> 35 ppt$) dan penurunan suhu ($< 26^{\circ}C$) di luar ambang kelayakan bagi udang menjadi penyebab meningkatnya mortalitas udang, terutama pada

T1 dan T2 (Tabel 1). Tabel 1 dan 3 memperlihatkan, penurunan suhu pada T1 telah menyebabkan penurunan laju pertumbuhan (GRi dan GRb). Pada T2, penurunan DO dan suhu serta

peningkatan salinitas secara bersama-sama telah menurunkan tingkat pemanfaatan pakan yang berlanjut pada penurunan laju pertumbuhan udang. Pada T3, penurunan konsentrasi DO telah menyebabkan penurunan tingkat pemanfaatan pakan sehingga laju pertumbuhan udang (GRi dan GRb) menurun. Pada KP3, peningkatan salinitas ($> 35 ppt$) dan penurunan suhu ($< 26 ^\circ C$) di luar ambang kelayakan bagi udang juga menjadi penyebab mortalitas udang, terutama pada T1 dan T2 (Tabel 1). Pada T2, selain karena peningkatan salinitas dan suhu, peningkatan laju mortalitas juga disebabkan oleh peningkatan konsentrasi H_2S (Tabel 1 dan 3). Pada T3, penurunan konsentrasi DO menyebabkan penurunan tingkat pemanfaatan pakan yang berlanjut pada penurunan laju pertumbuhan udang. Peningkatan sisa pakan menyebabkan meningkatnya TOM yang kemudian berlanjut pada peningkatan H_2S .

Berdasarkan Tabel 4 biomassa udang terhadap waktu membentuk kurva eksponensial, sedangkan pertumbuhan biomassa kuadratik. Waktu pencapaian pertumbuhan biomassa maksimum pada KP2 (H54) dan KP3 (H53) lebih cepat dari KP1 (H58–H59) ($p < 0.001$), namun dengan biomassa maksimum yang tidak berbeda ($p > 0.05$). Pertumbuhan biomassa udang mulai menurun pada periode 50-60 hari pemeliharaan sehingga peningkatan jumlah pakan tidak lagi menghasilkan penambahan biomassa yang sepadan (Gambar 1). Jika titik belok tercapai, nilai IOIR menurun akibat menurunnya tingkat pemanfaatan pakan. Pakan yang tidak dimakan akan meningkatkan konsentrasi TOM di perairan. Hal ini terlihat dari peningkatan TOM secara nyata dari H60 ke H70 ($p < 0.005$), yaitu dari $128 mg/L$ menjadi $193 mg/L$ (KP1), dari $68 mg/L$ menjadi $183 mg/L$ (KP2) serta dari $35 mg/L$ menjadi $199 mg/L$ (KP3).

Tabel 4. Biomassa dan Pertumbuhan Biomassa Udang.

Petak	Biomassa		Pertumbuhan Biomassa			
	Kurva	R ²	Kurva	R ²	Maksimum (kg)	Waktu (hari ke-)
A	$0.0906x^{2.5893}$	0.9226	$-0.6396x^2 + 74.462x - 702.64$	0.7742	1464.6	58
B	$0.0900x^{2.5716}$	0.9279	$-0.5768x^2 + 68.782x - 675.23$	0.8179	1375.3	58
C	$0.0598x^{2.6444}$	0.9371	$-0.5089x^2 + 60.217x - 596.41$	0.7149	1184.9	59
D	$0.1101x^{2.5082}$	0.9059	$-0.6940x^2 + 74.245x - 747.86$	0.7210	1237.8	54
E	$0.4457x^{2.0538}$	0.8728	$-0.7206x^2 + 76.087x - 748.46$	0.7462	1260.0	53
F	$0.1779x^{2.4234}$	0.9023	$-0.6753x^2 + 72.854x - 656.83$	0.7070	1308.1	54

PEMBAHASAN

Kualitas air yang masih baik pada awal pemeliharaan (Tabel 1) menyebabkan fungsi fisiologis udang berjalan dengan baik sehingga tingkat pemanfaatan pakan menjadi tinggi yang ditunjukkan oleh nilai IOIR > 1.0 . Selain itu, hal ini dimungkinkan karena adanya pemanfaatan jenis pakan selain pakan buatan yang diberikan. Pakan tersebut meliputi organisme renik yang tersedia di tambak (Yamada 1983), bahan tumbuhan dan detritus (Gamboa-Delgado *et al.* 2003), serta flokulan (Burforda *et al.* 2004) yang sudah mulai meningkat kelimpahannya di tambak.

Pada Tabel 1 dan 3 ditunjukkan, bahwa tingkat pemanfaatan pakan pada KP1 selama pemeliharaan termasuk baik yang diindikasikan dari nilai IOIR yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan laju pertumbuhan udang menjadi tinggi.

Pemberian pakan tepat terkendali menyebabkan pakan tidak banyak tersisa sehingga kualitas air tetap layak bagi kehidupan udang. Kualitas air yang baik menyebabkan laju mortalitas rendah sehingga sintasan menjadi tinggi. Dengan laju pertumbuhan udang yang tinggi dan sintasan yang tinggi dihasilkan produksi yang tinggi pula.

Pada KP2, peningkatan salinitas (Tabel 1) direspon udang dalam pengaturan fisiologis (osmoregulasi) sehingga udang memerlukan energi lebih besar untuk dekompensasi, yang akhirnya dapat menurunkan laju pertumbuhan dan sintasan udang (Bray *et al.* 1994; Wyban *et al.* 1995; Lignot *et al.* 2000; Setiarto *et al.* 2004; Pan *et al.* 2006). Penurunan sintasan sudah ditunjukkan oleh KP2 mulai dari awal pemeliharaan melalui laju mortalitas yang tinggi. Peningkatan salinitas juga berpengaruh terhadap

fisiologi udang dalam menurunkan efisiensi pakan. Hal ini sejalan dengan pendapat Jiang *et al.* (2000), bahwa peningkatan laju ekskresi amonium-N udang lebih tinggi pada 40 *ppt* daripada 25 *ppt*. Kegagalan penyeimbangan energi dan atau fungsionalitas fisiologis menyebabkan penurunan pertumbuhan, bahkan menjadi penyebab kematian udang. Ketidaktepatan pemberian pakan pada KP2 diindikasikan oleh nilai FCRp yang tinggi pada T2 dan T3. Sisa pakan mulai mengganggu kualitas air dengan menurunnya konsentrasi DO serta meningkatnya konsentrasi H₂S dan NH₃ sehingga meningkatkan laju mortalitas. Laju pertumbuhan individu yang tinggi tetapi tidak diimbangi dengan sintasan yang tinggi menghasilkan laju pertumbuhan biomassa yang rendah. Kondisi ini menghasilkan produksi biomassa yang rendah.

Pada KP3, suhu rendah dan salinitas tinggi menyebabkan tingginya laju mortalitas (Tabel 1). Tindakan pengelolaan air tidak mampu untuk menurunkan salinitas. Bersama dengan penurunan DO, kondisi ini menyebabkan penurunan laju pertumbuhan individu. Ketidaktepatan pemberian pakan diindikasikan dari nilai FCRp yang tinggi pada T2 dan T3. Sisa pakan dan menurunnya konsentrasi DO telah meningkatkan konsentrasi H₂S dan NH₃. Kedua gas tersebut juga menjadi penyebab meningkatnya laju mortalitas (Tabel 3). Sintasan yang rendah merupakan penyebab rendahnya produksi biomassa udang pada KP3.

Penurunan nilai IOIR disebabkan oleh menurunnya tingkat pemanfaatan pakan. Kondisi ini berdampak pada penurunan pertumbuhan biomassa udang dan penurunan kualitas air. Semakin rendah nilai IOIR semakin meningkatkan TOM di perairan yang berlanjut pada penurunan kualitas air. Variabel kualitas air, terutama suhu, salinitas, oksigen terlarut dan H₂S menyebabkan penurunan produksi melalui peningkatan laju mortalitas udang pada KP2 dan KP3. Dalam kondisi parsial, perubahan setiap variabel kualitas air kemungkinan masih dapat ditoleransi oleh udang. Namun, resultan dari penurunan beberapa variabel kualitas air secara bersama-sama dapat menyebabkan peningkatan mortalitas udang secara nyata. Penurunan kualitas air disebabkan oleh kurang memadainya pengelolaan air, terutama kurangnya pasokan air tawar dan oksigen serta tingginya bahan organik total.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kualitas air mulai menurun pada hari pemeliharaan ke-40 akibat tingkat pemanfaatan pakan rendah dan pengelolaan air tidak memadai. Tingkat pemanfaatan pakan yang tinggi menghasilkan kelayakan kualitas air dan laju pertumbuhan yang tinggi sehingga menghasilkan produksi biomassa udang yang tinggi. Ketidaktepatan pemberian pakan menyebabkan penurunan kualitas air. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan sintasan dan laju pertumbuhan sehingga menghasilkan produksi biomassa udang yang rendah.

Model hubungan jumlah pakan yang diberikan (x , kg) dan biomassa yang dihasilkan (y , kg) berupa regresi kuadratik $y = -0.00006x^2 + 1.3506x + 7.3864$ ($R^2 = 0.9801$) sehingga biomassa maksimum tercapai pada 7 593 kg dengan pemberian pakan sebanyak 11 255 kg atau FCR sebesar 1.48. Peningkatan biomassa maksimum dapat dilakukan melalui pemberian pakan yang tepat dan pengelolaan air yang memadai.

Dari penelitian ini disarankan untuk memperbaiki pengelolaan air dan pakan. Pengelolaan air ditujukan untuk meningkatkan oksigen terlarut minimal 4 mg/L dan menurunkan salinitas dibawah 35 *ppt*. Pengelolaan pakan ditujukan untuk lebih intensif dalam pemantauan tingkat pemanfaatan pakan oleh udang secara harian. Disarankan juga, perlunya dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang keterkaitan kualitas air, pakan dan produksi udang pada tambak dengan padat penebaran yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan atas dukungan Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional RI melalui beasiswa BPPS dan PT Bimasena Sagara; untuk itu diucapkan terima kasih.

PUSTAKA

- Boyd, C.E. 1991. **Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming**. Fisheries and Allied Aquacultures Departmental, Auburn University, Auburn. p. 82.
- Bray W.A., A.L. Lawrence and J.R. Leung-Trujillo. 1994. **The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the inter-**

- action of IHHN virus and salinity.** *Aquaculture* 122: 133-146.
- Burforda M.A., P.J. Thompsona, R.P. McIntosh, R.H. Baumanb and D.C. Pearsonc. 2004. **The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system.** *Aquaculture*, 232: 525-537.
- Chien Y.H. 1992. **Water quality requirements and management for marine shrimp culture.** pp. 144-156. In Wyban J., editor. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming.* World Aquaculture Society, USA.
- Gamboa-Delgado J., C. Molina-Poveda and C. Cahu. 2003. **Digestive enzyme activity and food ingesta in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) as a function of body weight.** *Aquaculture Research* 34: 1403-1411.
- Goddard S. 1996. **Feed Management in Intensive Aquaculture.** Chapman & Hall, New York. p194.
- Hernandez-Llamas A., A. Gonzalez-Becerra, S. Hernandez-Vazquez and S. Escutia-Zuniga. 2004. **Bioeconomic analysis of intensive production of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson).** *Aquaculture Research* 35: 103-111.
- Hirono Y. 1992. **Current Practices of Water Quality Management in Shrimp Farming and Their Limitations.** p. 157-165. In Wyban J., editor. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming.* World Aquaculture Society, USA.
- Jiang D.H., A.L. Lawrence, W.H. Neill and H. Gong. 2000. **Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by *Penaeus vannamei* juvenile.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 253: 193-209.
- Law A.T. 1988. **Water quality requirements for *Penaeus monodon* culture.** *Proceedings of the Seminar on Marine Prawn Farming in Malaysia.* Malaysia Fisheries Society, Malaysia. p. 53-65.
- Lignot J.H., C. Spannings-Pierrot and G. Charmantier. 2000. **Osmoregulatory capacity as a tool in monitoring the physiological condition and the effect of stress in crustaceans.** *Aquaculture*, 191: 209-245.
- Liu C.I. 1989. **Shrimp disease, prevention and treatment.** p. 64-74. In Akiyama D.M., editor. *Proceeding of the Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop.* Soybeans, America Soybean Association, USA.
- Pan L.Q., Z.H. Luan and C.X. Jin. 2006. **Effects of Na^+/K^+ and $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ ratios in saline groundwaters on Na^+-K^+ -ATPase activity, survival and growth of *Marsupenaeus japonicus* postlarvae.** *Aquaculture* 261: 1396-1402.
- Ponce-Palafox J.T., C.A. Martinez-Palacios and L.G. Ross. 1997. **The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931.** *Aquaculture* 157: 105-113.
- Primavera J.H. 1994. **Environmental and socioeconomic effects of shrimp farming: The Philippine experience.** *Infofish International* 1: 44-49.
- Setiarto A., C.A. Strussmann, F. Takashima, S. Watanabe and M. Yokota. 2004. **Short-term responses of adult kuruma shrimp *Marsupenaeus japonicus* (Bate) to environmental salinity: osmotic regulation, oxygen consumption and ammonia excretion.** *Aquaculture Research* 35: 669-677.
- Thakur D.P. and C.K. Lin. 2003. **Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems.** *Aquacultural Engineering* 27: 159-176.
- Wickins J. F. 1976. **The tolerance of warmwater prawns to recirculated water.** *Aquaculture* 9: 19-37.
- Wyban J., W.A. Walsh and D.M. Godin. 1995. **Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*).** *Aquaculture* 138: 267-279.
- Xincai C. and S. Yongquan. 2001. **Shrimp Culture. China International Training Course on Technology of Marineculture (Precious Fishes).** Yiamen Municipal Science & Technology Commission, China. pp. 107-113.
- Yamada R. 1983. **Pond Production Systems: Feeds and Feeding Practices in Warmwater Fish Ponds.** pp. 117-144. In Lannan J.E., R.O. Smitherman and G. Tchobanoglous, editor. *Principles & Practices of Pond Aquaculture, A State of the Art Review.* Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Program Management Office, Oregon State University, Marine Science Center, Oregon.