

FLUKTUASI KANDUNGAN AMONIA DAN BEBAN CEMARAN LINGKUNGAN TAMBAK UDANG VANAME INTENSIF DENGAN TEKNIK PANEN PARSIAL DAN PANEN TOTAL

Fluctuations of Ammonia and Pollution load in Intensive Vannamei Shrimp Pond Harvested Using Partial and Total Method

Bayu Romadhona, Bambang Yulianto dan Sudarno

Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Email: romadhona_bayu@yahoo.com, bbyulianto@gmail.com, sudarno_utomo@yahoo.com

Diserahkan tanggal 8 Oktober 2015, Diterima tanggal 11 Desember 2015

ABSTRAK

Kemajuan teknologi budidaya udang di Indonesia semakin pesat, seiring dengan berkembangnya budidaya Udang Putih Vaname (*Litopenaus vannamei*), sebagai komoditas ekonomis di tambak selain udang windu dan bandeng. Budidaya intensif Udang Vaname dicirikan dengan padat penebaran benih tinggi dan penggunaan pakan tambahan. Manajemen pakan yang kurang baik, berakibat pada timbulnya sisa pakan, secara perlahan-lahan akan meningkatkan kadar bahan pencemar dan menurunkan kualitas air tambak. Upaya yang dikembangkan untuk mengurangi masukan nutrisi dari pakan selama budidaya udang vaname intensif adalah metode panen parsial, yaitu melakukan pemanenan udang secara bertahap (parsial) saat proses budidaya berlangsung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi *fluktuasi* amoniak, menganalisa sumbangan beban cemaran amoniak ke lingkungan serta mengkaji kelayakan usaha budidaya udang vaname intensif dengan teknik panen parsial dan panen total. Panen parsial dilaksanakan umur 65 hari pada petak 2B, sedangkan panen total petak 2A dan 2B umur 80 hari pemeliharaan. Hasil yang diperoleh kandungan amoniak di akhir periode pemeliharaan petak 2A (panen total) dan petak 2B (panen parsial) adalah 0,120 mg/l dan 0,050 mg/l dengan nilai indeks kualitas air Prakash yang sama yaitu 51,11 kriteria kualitas air sedang. Sumbangan beban cemaran amoniak terhadap lingkungan petak 2A sebesar 7,667 kg/ha/th, petak 2B sebesar 3,164 kg/ha/th. Penilaian kelayakan ekonomi dari biomassa Udang Vaname yang dipanen secara total dan parsial. Hasil perhitungan teknik panen total nilai NPV Rp 88.448.362: IRR 27,09 ; B/C 2,11, teknik panen parsial NPV Rp 426.601.399 ; IRR 69,02: B/C 2,30. Kedua teknik panen mencerminkan usaha layak untuk dilanjutkan. Teknik panen parsial mampu meminimalkan sumbangan beban cemaran ke lingkungan serta memberikan keuntungan usaha lebih besar Rp 9.063.000/siklus/petak dibandingkan teknik panen total. Perlu adanya upaya pengolahan buangan air limbah di akhir pemeliharaan sebelum dibuang ke perairan umum agar memenuhi syarat baku mutu *effluent*.

Kata kunci: vaname, amonia, intensif, panen parsial, panen total

ABSTRACT

Technological development of shrimp farming in Indonesia is growing rapidly, along with the development of white shrimp (*Litopenaus vannamei*) aquaculture, which is an economically viable commodity in pond culture besides tiger prawn and milkfish. Vanamei intensive shrimp aquaculture is characterized by a high stocking density of seeds and the use of additional feed. Poor feed management will result in the increase of food residue and gradually increases the levels of pollutants that degrade the water quality. Efforts to reduce nutrient inputs of feed for shrimp farming is partial harvesting method by harvesting shrimp in stages (partial) during the period of culture. The purpose of this study was to evaluate the fluctuation of ammonia, analyzing environmental contaminant load and study the feasibility of intensive shrimp farming of vanamei with partial harvesting techniques and the total harvest. Partial harvest was held at the age of 65 days for plots 2B, while the total harvest was done at plots 2A and 2B at 80 days. The results of ammonia concentration at the end of the culture period 2A plots (total harvest) and plots 2B (partial harvest) was 0.120 mg / l and 0.050 mg / l respectively, with similar Prakash water quality index of 51.11. Ammonia contamination load in plots 2A was 7,667 kg / ha/years, and plots 2B was 3,164 kg / ha/years. Results of the NPV value of total harvest was Rp 88,448,362: IRR 27.09; B / C of 2.11 whereas for partial harvesting techniques NPV Rp 426 601 399; IRR 69.02: B / C 2.30. Partial method techniques of vanamei harvest can be minimalizing contaminant load in environmental and was more feasible because it provides greater profit of Rp. 9.063 million / cycle / plot. Efforts are required to discharge wastewater treatment at the end of the culture period before being released into the surrounding environment in order to meet the required effluent quality standarts.

Keywords: vanamei, ammonia, intensive, partial harvest, total harvest

PENDAHULUAN

Produksi Udang Vaname ialah rangkaian kegiatan usaha budidaya yang seluruh sistemnya meliputi pra produksi, proses produksi, pemanenan dan pengelolaan limbah dilaksanakan secara terkendali. Pra produksi adalah rangkaian kegiatan persiapan dalam memproduksi Udang Vaname dengan persyaratan yang harus dipenuhi meliputi lokasi, sumber air, wadah, benih, peralatan, bahan kimia dan pakan. Pemanenan merupakan kegiatan tahap akhir proses produksi udang Vaname (SNI 01-7246-2006).

Budidaya teknologi intensif Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*), dicirikan dengan padat penebaran benih tinggi, mempergunakan pakan tambahan (*pellet*) sebagai pakan utama, dan sarana dan prasarana yang lengkap baik konstruksi maupun manajemen berbudidayanya. Kandungan protein pakan udang buatan (*pellet*) cukup tinggi, yaitu sekitar 40%, sehingga proses pembusukan (perombakan) pellet akan menghasilkan senyawa nitrogen anorganik berupa $\text{NH}_3\text{-N}$ dan NH_4^+ yang merupakan salah satu senyawa toksik bagi udang (Boyd, 1990). Dampak lain dari limbah buangan (*effluent*) tambak adalah jika terus menerus limbah tambak dikeluarkan tanpa perlakuan, dimana mengandung konsentrasi nitrogen tinggi berakibat akan menurunkan kualitas air laut atau saluran yang dilaluinya. Konsekuensi ke lingkungan antara lain *defisit* oksigen karena dekomposisi bahan organik, *eutrofikasi* karena akumulasi nitrogen dan pospor (Fang *et al.*, 2004). Pengelolaan untuk meningkatkan kualitas air dan mengurangi dampak lingkungan yang berbahaya dari pengembangan budidaya udang sangatlah penting. Pelaksaaan pengelolaan air limbah

yang baik dengan mengurangi masukan unsur nutrien dari pupuk dan pakan dapat menjadi jalan terbaik untuk mengurangi penambahan unsur nutrien ke pesisir pantai (Xie dan Yu, 2007).

Salah satu upaya yang dikembangkan untuk mengurangi masukan nutrien dari pakan selama budidaya udang intensif adalah dengan melakukan teknik panen parsial (bertahap). Panen parsial bertujuan untuk mengurangi kepadatan dan biomassa udang di kolam. Secara teknis, berkurangnya biomassa udang ditambah memberikan konsekuensi input pakan yang diberikan kedalam kolam akan berkurang, sehingga kandungan *effluent* seperti amoniak yang dihasilkan saat akhir periode budidaya akan dapat diminimalisir. Secara ekonomis hal ini diharapkan akan memberikan nilai tambah, mengingat investasi tambak intensif sangat besar.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Januari-April 2014, di kawasan pertambakan Udang Vanname PT. Pendawa Senajaya, Desa Lamongan, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur. Jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan metode observasi. Pengumpulan data difokuskan pada 2 (dua) petak tambak Udang Vaname intensif. Satu petak dilakukan teknik panen total umur 80 hari budidaya dengan kode petakan (2A) dan satu petak lain dengan teknik panen parsial pada umur 65 hari pemeliharaan dan panen total (selanjutnya disebut sebagai panen parsial) dengan kode petakan (2B). Data yang dikumpulkan meliputi data parameter fisika, kimia, biologi kualitas air tambak dan ekonomi selama pemeliharaan.

Tabel. 1 Kebutuhan data parameter fisika, kimia, biologi selama penelitian

No	Kebutuhan Data	Satuan	Metode Pengukuran	Metode perolehan data
Fisika:				
1	Volume air	l	Kalkulasi	Observasi lap
2	Ketinggian air	cm	Pengamatan	Observasi lap
3	Warna air		Pengamatan	Observasi lap
4	Suhu	°C	Termometer	Observasi lap
5	Kecerahan	cm	Secchi disk	Observasi lap
Kimia:				
6	Alkalinitas	mg/l	Alkali meter	Observasi lap
7	Oksigen terlarut	mg/l	DO meter	Observasi lap
8	pH		pH meter	Observasi lap
9	Salinitas	ppt	Reflaktometer	Observasi lap
10	Bahan Organik	mg/l		Uji lab
11	Nitrit	mg/l	Spektrofotometer	Uji lab
12	Nitrat	mg/l	Spektrofotometer	Uji lab
13	Amoniak	mg/l	Spektrofotometer	Uji lab
Biologi:				
14	Plankton	sel/l	-	Uji lab
15	Kelimpahan bakteri	CFU/l	-	Uji lab

Pengumpulan kebutuhan data ekonomi dalam tiap siklus pemeliharaan, untuk penelitian meliputi, jumlah benih, harga benih, biaya listrik, biaya probiotik, biaya solar, biaya tenaga kerja, jumlah panen parsial dan total, pendapatan usah, biaya penyusutan.

Pengambilan sampel air dilakukan harian dan mingguan pada petak 2A dan 2B selama pemeliharaan dan beban cemaran amoniak diakhir periode budidaya. Pengambilan sampel telah menetapkan bahwa tambak udang dengan aerasi mekanik horizontal, sampel di satu titik adalah wakil dari kolam (Burford, 2004). Analisa data fisika di lakukan secara *insitu*, parameter biologi dan kimia dengan diuji dilaboratorium tambak perusahaan, untuk selanjutnya data yang terkumpul dilakukan pengolahan data. Data pertumbuhan udang selama pemeliharaan dengan melakukan sampling pertumbuhan setiap 7 hari sekali, dianalisa GR (pertumbuhan mutlak), SR (Kelangsungan hidup) dengan formula Effendi (1979) serta FCR (Rasio konversi pakan) dengan formula Zonneveld *et al.* (1991). Data plankton di identifikasi menggunakan indeks biologi plankton meliputi keanekaragaman, keseragaman dan dominasi (Odum, 1993). Aspek lingkungan meliputi fluktuasi air selama pemeliharaan dengan formula Prakash-WQI (Kannel *et al.*, 2007). Konsentrasi limbah beban pencemaran di hitung berdasarkan persamaan (Mitsch and Goesselink, 1994 *dalam* Marganof, 2007): $BP = Q \times C$. Aspek ekonomi diperhitungkan *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Net Benefit Cost Ratio (Net B/C)* (Ibrahim, 2009). Hasil pengamatan kualitas air tambak selama proses budidaya, dianalisa berdasarkan syarat kualitas air budidaya udang vaname intensif dan indeks kualitas air. Buangan limbah tambak di analisa berdasarkan baku mutu *effluent* tambak dan dihitung total pencemaran terhadap lingkungan. Data biologi menjadi penunjang aspek produksi. Data ekonomi sebagai kelayakan usaha budidaya Udang Vaname intensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Budidaya Udang Vaname Intensif

Fokus Pengambilan data budidaya pada petak 2A (teknik panen total) dan 2B (teknik panen parsial), kedua petakan terbuat campuran batu kali dan semen atau tambak *concrete*. Posisi kawasan tambak tergolong tambak tepi (pinggir) yaitu tambak yang berdekatan dengan laut. Menurut Widigyo (2013), konstruksi tambak udang dengan penggunaan tambak beton bertujuan agar tambak kedap dan tidak mengalami kebocoran selama operasional budidaya udang yang dikarenakan lapisan tanah tidak stabil atau pasir, sehingga air ketinggian air di petakan terjaga. Luas petakan 2A sama dengan 2B yaitu 2.500 m²/petak, padat tebar 375.000 ekor/petak, padat tebar 150 ekor/m², menggunakan kincir listrik 12 unit/petak, dilengkapi *central drainase* di setiap petakan tambak, jembatan anco kontrol pakan 4 buah setiap petak dan sesuai dengan 01-7246-2006 tentang budidaya Udang Vaname intensif ditambak.

Manajemen kualitas air yang dilakukan selama penelitian diantaranya, memasukkan air dari laut ke tandon, sumber air utama yang digunakan untuk berasal dari air laut yang berjarak sekitar 50 m, menggunakan pompa *submersible* 10 inchi, air masuk ke tandon 1 di lengkapi metode penyaringan air dipergunakan model *trackling* dengan batu kali dan pasir, sedangkan tandon 1 yang ditebari Ikan Bandeng, kerapu dan rumput laut. Sterilisasi air media budidaya menggunakan kaporit, saponin, bestacid di tandon 2, untuk selanjutnya dialirkan ke petakan udang melalui saluran pembagi air dengan tinggi awal air 120 cm/petak. Penumbuhan plankton, melalui pemupukan dan fermentasi probiotik dipetak budidaya.

Tabel 2. Parameter uji harian dan mingguan kualitas air tambak

No.	Parameter	Waktu Pengukuran		
		Harian		Mingguan
		05.00	09.00	
1	Warna air		x	x
2	Ketinggian air	x		x
3	Suhu	x		x
4	Kecerahan			x
5	Alkalinitas			x
6	Oksigen terlarut	x		x
7	pH	x		x
8	Salinitas	x		x
9	Bahan Organik		x	
10	Nitrit (NO ₂)			x
11	Nitrat (NO ₃)			x
12	Amoniak (NH ₃)			x
13	Kelimpahan Plankton			x
14	Populasi bakteri			x

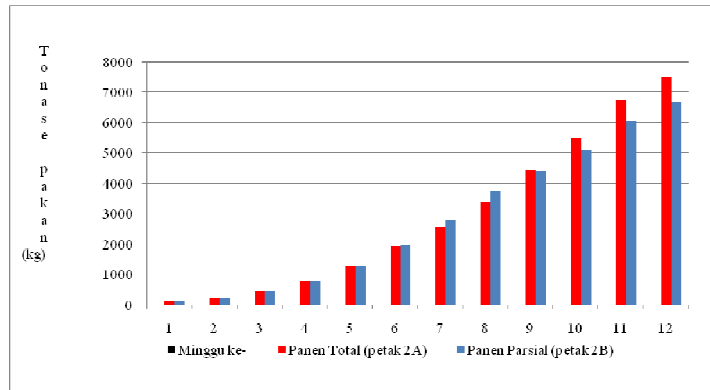
Pergantian air tergantung kondisi kualitas air tambak dengan cara membuang air tambak secara manual melalui paralon yang terhubung dengan *central drainase* dan menambahkan air dari tandon ke petakan dengan menggunakan pompa melalui

saluran pembagi air. Penyiponan adalah upaya manual untuk membuang endapan lumpur dan kotoran dari dasar tambak, melalui *central drainase*. Pengamatan kualitas air harian dan

mingguan (Tabel.2), secara insitu dan eksitu di laboratorium tambak perusahaan.

Manajemen pakan merupakan komponen penting dalam usaha budidaya udang Vaname ditambak. Pakan mempengaruhi

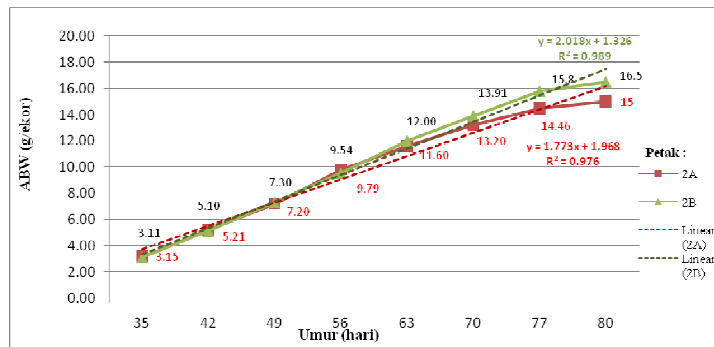
terhadap pertumbuhan udang dan kondisi lingkungan perairan, sehingga diperlukan manajemen yang baik. Pelaksanaan program pakan selama penelitian menggunakan dua program pakan meliputi *blind feeding program* dan *demand feeding* (program anco pakan).



Gambar 1. Grafik konsumsi pakan udang teknik panen total dan parsial

Berdasarkan Gambar 1 jumlah pakan yang dihabiskan selama 30 hari pertama, petak 2A dan 2B sama yaitu 792 kg/petak. Hal ini dikarenakan masih berdasarkan *blind feeding program*. Menginjak minggu ke 5 sampai dengan panen menggunakan *demand program* berdasarkan kontrol anco pakan. Petak 2A, menghabiskan pakan sebesar 7.509 kg saat panen total umur 80 hari dalam minggu ke-12. Untuk petak 2B

dengan teknik panen parsial minggu 6.656 kg pada akhir periode umur 80 hari pemeliharaan. Terdapat perbedaan total pakan yang dihabiskan dengan selisih antara petak 2A (teknik panen total) dengan petak 2B (teknik panen parsial) sejumlah 853 kg, jika harga pakan rata-rata per kg Rp 13.750, maka terdapat selisih biaya pakan Rp 11.728.750, dengan asumsi perhitungan saat penelitian berlangsung.



Gambar 2. Grafik rerata pertumbuhan udang 2A dan 2B

Pertumbuhan udang di petak 2A dan 2B pada 35 hari pemeliharaan relatif sama dengan berat udang 3,15 g/ekor dan 3,11 g/ekor. Setelah umur 70, 77 dan panen berat udang petak 2B melebihi dari berat udang petak 2A berturut –turut adalah 13.91 g/ekor, 15,0 g/ekor dan 16,5 g/ekor. Untuk petak 2A dengan bobot 13,20 g/ekor, 14,46 g/ekor dan 15.00 g/ekor saat panen. Adanya perbedaan data pertumbuhan berat udang Vaname ini disebabkan pada umur 65 hari petak 2B dilakukan panen parsial, sehingga dengan asumsi ruang gerak udang semakin luas, oksigen terlarut terpenuhi yang menunjang udang tumbuh lebih baik daripada petak 2A yang tidak melakukan panen secara parsial atau hanya panen total pada umur 80 hari. Bobot udang rata-rata (ABW = *Average Body Weight*), saat panen umur 80 hari, untuk petak 2A dengan teknik panen total adalah 15,0 g/ekor, sedangkan petak 2B dengan teknik panen parsial mencapai 16,5 g/ekor. Berdasarkan SNI 01-7246-2006, mengenai produksi udang vaname intensif, pemeliharaan selama 100 hari akan diperoleh bobot udang antara 15-20 g/ekor. Sehingga dua teknik panen

yang diterapkan telah melebihi dari standar kelayakan pertumbuhan udang vaname secara intensif.

Fluktuasi Air Selama Pemeliharaan

Parameter fisika

Beberapa parameter fisika yang diamati antara lain suhu air, tinggi air dan kecerahan air. Suhu air dan tinggi air diamati pagi jam 06.00 WIB dan sore jam 16.00 WIB.

Suhu dari 2 petak menunjukkan relatif sama saat pagi dan sore hari. Suhu perairan sore lebih tinggi dibandingkan dengan pagi hari. Suhu tertinggi petak 2A adalah 31,2 °C dan 31,0 °C petak 2B. Suhu rata-rata petak 2A dan 2B bernilai 29,63 °C dan 29,67 °C. Apabila pada perairan terjadi kenaikan suhu sebesar 10 °C, organisme akuatik akan membutuhkan 2-3 kali lipat konsumsi oksigennya (Boyd, 1982). Sesuai SNI 01-7246-2006, suhu air untuk budidaya ditambak berkisar antara 28,5-31,5 °C. Suhu pada perairan berperan sebagai proses kimia dan interaksi dalam ekosisten perairan. Menurut Suther dan Rissik (2008), laju metabolisme dari beberapa penelitian

kultivan budidaya perairan sangat dipengaruhi oleh faktor suhu perairan, selain dari faktor aktivitas, ukuran dan umur species.

Nilai rerata kecerahan dan dari 2 petak penelitian selama pemeliharaan Udang Vaname (Tabel 4). Petak 2A rerata 32,3 cm sedang petak 2B rerata 33,3 cm. Kecerahan air yang disarankan untuk budidaya vaname ditambah dalam SNI 01-7246-2006 adalah 30-40 cm. Nilai kecerahan lebih dari 40 cm dinyatakan sebagai kecerahan terlalu tinggi ditandai dengan dasar tambak terlihat dengan kasat mata. Nilai kecerahan < 20 cm, indikasi media perairan budidaya terlalu keruh. Berkurangnya kecerahan air tambak diakibatkan bahan organik seperti plankton dan anorganik baik yang tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir halus dan oleh mikroorganisme.

Ketinggian air petak tambak mendekati sama dikarenakan mengikuti standart yang telah ditetapkan tambak.

Umur 1-30 hari pemeliharaan ketinggian air 100-120 cm, umur 31-40 hari rata-rata tinggi air 130 cm, umur 41-50 hari rata-rata tinggi air 140 cm, umur 51-60 hari tinggi air 150 cm, umur 61 sampai panen total umur 80 hari tinggi air 160 cm.

Parameter kimia

Monitoring parameter kimia air dilakukan secara harian dan mingguan oleh petugas laboratorium tambak. Parameter uji harian meliputi salinitas (ppt), oksigen terlarut (mg/l), pH air atau nilai keasaman. Sedangkan parameter uji mingguan kualitas air meliputi alkalinitas (mg/l CaCO₃), bahan organik (mg/l), amonia (mg/l), nitrit (mg/l), nitrat (mg/l).

Umur 65 hari pemeliharaan, petak 2B dilakukan panen parsial, data rerata parameter kimia air umur 66 hari sampai dengan 80 hari (panen total) tersaji dalam Tabel 5.

Tabel 3. Nilai rerata pengukuran parameter fisika

Parameter	Petak 2A			Petak 2B		
	Maks	Min	Rerata	Maks	Min	Rerata
Suhu (°C)	31,2	28,1	29,63	31,0	28,1	29,57
T. Air (cm)	120	105	108,6	120	105	108,6
Kecerahan (cm)	50	22	32,3	55	25	33,3

Tabel 4. Data rerata pengukuran parameter kimia umur 0-65 hari pemeliharaan

Parameter	Petak 2A			Petak 2B		
	Maks	Min	Rerata±SD	Maks	Min	Rerata±SD
Salinitas (ppt)	27	24	25,47±0,95	27	24	25,61±1,04
DO (mg/l)	9,83	4,46	5,04±0,39	9,97	4,52	5,08±0,31
pH	8,90	7,60	8,01±0,32	8,90	7,50	7,95±0,32
Alkalinitas	145	90	117,56±19,56	140	92	110,56±15,58
BO (mg/l)	66	38	54,78±10,99	60	35	49,67±9,62
Amonia (mg/l)	0,020	0,000	0,007±0,007	0,018	0,143	0,007±0,006
Nitrit (mg/l)	0,091	0,013	0,044±0,031	0,083	0,014	0,071±0,048
Nitrat (mg/l)	3,62	0,002	0,860±1,412	2,420	0,030	0,732±0,886

Tabel 5. Data rerata pengukuran parameter kimia umur 66-80 hari pemeliharaan

Parameter	Petak 2A			Petak 2B		
	Maks	Min	Rerata±SD	Maks	Min	Rerata±SD
Salinitas (ppt)	24	24	24±0	24	24	24±0
DO (mg/l)	7,90	4,06	4,42±0,11	8,87	4,42	4,74±0,31
pH	8,80	7,70	7,98±0,17	8,80	7,80	7,95±0,10
Alkalinitas	140	90	116,11±17,99	140	92	113,00±17,35
BO (mg/l)	66	38	54,44±10,93	60	35	50,56±10,09
Amonia (mg/l)	0,120	0,045	0,083±0,034	0,050	0,024	0,029±0,005
Nitrit (mg/l)	0,228	0,012	0,180±0,049	0,200	0,106	0,145±0,043
Nitrat (mg/l)	5,170	2,87	4,120±1,036	4,310	2,88	3,467±0,658

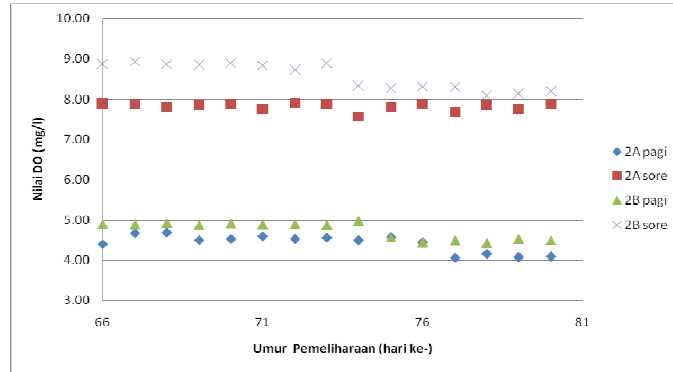
Salinitas air hasil uji selama pemeliharaan antara petak 2A dengan petak 2B mempunyai nilai relative sama. Salinitas maksimal pada 27 % dan 24 % salinitas minimal selama budidaya udang. Hal ini dikarenakan air yang digunakan menggunakan sumber yang sama, Penurunan salinitas terjadi dapat terjadi apabila ada penambahan air tawar dari air hujan. Salinitas cenderung turun selama proses budidaya disebabkan terjadinya intensitas hujan setiap 2-3 kali seminggu. Menurut Boyd (1992), Udang Vaname termasuk *euryhaline* yang

mampu beradaptasi pada salinitas yang luas. Berdasarkan SNI 01-7246-2006, salinitas yang layak untuk budidaya udang Vaname ditambah adalah 10-40 promil, sehingga salinitas petak 2A dan 2B termasuk dalam kriteria kelayakan dalam budidaya udang Vaname ditambah.

Oksigen terlarut ditambah udang vaname disuplai dengan kincir air bertenaga listrik atau di kenal dengan istilah *paddhel whell*. Pengukuran DO (*Dissolved Oksigen* = Oksigen terlarut) dilakukan harian pagi dan sore hari. Nilai hasil

pengujian oksigen sore selalu lebih tinggi daripada pagi hari dikarenakan siang terjadi proses fotosintesis yang berakibat menghasilkan oksigen dalam perairan. Penggunaan kincir menurut Tapparhude *et al.* (2007), keuntungan tambahan aerasi karena menggerakkan oksigen di kolam dan udang dapat lebih mudah menemukan zona dengan konsentrasi DO yang memadai, aerasi akan meningkatkan konsentrasi DO di sekitar

dari aerator dan mengurangi *efisiensi transfer* oksigen dan mengurangi stratifikasi vertikal temperatur dan kimia. Dari analisa, mulai tebar sampai dengan umur 65 hari pemeliharaan menunjukkan nilai oksigen terpenuhi. Nilai oksigen terlarut petak 2A maksimal 9,83 mg/l, minimal 4,46 mg/l, rerata 5,04±0,39 mg/l, petak 2B, maksimal 9,97 mg/l, minimal 4,52 mg/l, rata-rata 5,08±0,31 mg/l.

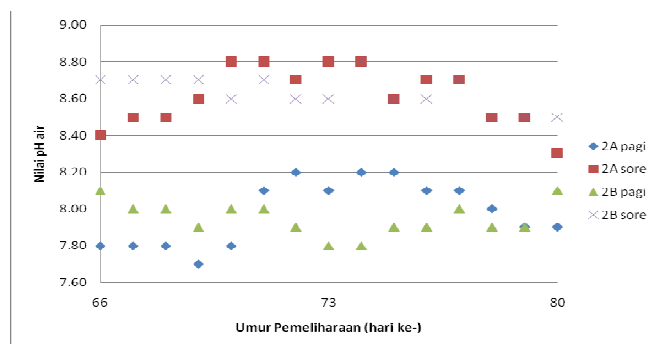


Gambar 3. Grafik rerata oksigen terlarut umur 66-80 pemeliharaan

Oksigen terlarut umur 66 hari sampai dengan umur 80 (Gambar 3) hari data oksigen terlarut untuk petak 2A maksimal 7,90 mg/l, minimal 4,06 mg/l dan rerata 4,42±0,11 mg/l, untuk petak 2B maksimal oksigen terlarut 8,87 mg/l, minimal 4,42 mg/l dan rerata 4,74±0,31 mg/l. Nilai oksigen petak 2B dominan lebih tinggi dibandingkan petak 2. Diindikasikan dengan berkurangnya jumlah udang, menurunkan jumlah pakan yang diberikan yang ada dipetak 2B berdampak pengkonsumsi oksigen semakin berkurang sehingga nilai oksigen terlarut lebih tinggi dibandingkan dengan petak 2A dengan kepadatan udang yang lebih banyak sehingga pakan yang diberikan lebih banyak. Hal ini terlihat oksigen petak 2A terjadi penurunan *linear* diakhir periode pemeliharaan menjelang umur 80 hari pemeliharaan. Menurut Islam 2005, terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme heterotrofik dalam sedimen yang dikarenakan limbah budidaya tambak udang yang berasal dari pengkayaan organik salah satunya dari peningkatan pakan. Nilai oksigen terlarut rata-rata petak 2A dan 2B selama proses budidaya >3,5 mg/l, sesuai

dengan (SNI, 2006), walaupun menurut Boyd (1990), nilai oksigen yang diharapkan untuk udang dan ikan minimal 5 mg/l. Kondisi dilapangan dengan data yang ada udang dalam kondisi sehat sampai dengan umur 80 hari pemeliharaan.

Hasil analisa umur 0-65 hari pemeliharaan nilai pH air pagi dan sore berkisar diantara 7,60-8,90 dan rata-rata 8,01±0,32 untuk petak 2A. Sedangkan petak 2B berkisar 7,50-8,90 dengan nilai rata-rata 7,95±0,32. Nilai pH air diawal pemeliharaan cenderung basa untuk kemudian di minggu ke-2 terjadi penurunan menuju netral dengan range pH konstan antara pagi dan sore. Rendahnya nilai pH air disuatu perairan disebabkan tingginya jumlah bahan organik. Turunnya nilai pH disebabkan meningkatnya konsentrasi CO₂ karena aktivitas daripada mikroba dalam menguraikan bahan organik (Sari, 2007). Pernyataan tersebut sesuai dengan kondisi dilapangan bahwa pada awal pemeliharaan nilai pH air cenderung basa, setelah 2 minggu pemeliharaan dengan masuknya input pakan pellet udang yang berdampak menambah bahan organik dalam perairan, maka nilai pH air cenderung menurun.



Gambar 4. Grafik Rerata pH air Umur 66-80 hari

Menurut Effendi, (2003) gas CO₂ diperairan dapat membentuk asam karbonat (H₂CO₃) yang berdampak merubah kondisi nilai pH perairan menjadi menurun. Nilai rata-rata pH air umur 66-80 hari pemeliharaan petak 2A 7,98±0,17 dan 7,95±0,10 untuk petak 2B. Gambar 4. Nilai pH air pagi dan sore cenderung mengalami kenaikan pada 2 petak terjadi antara

umur 69-72 hari pemeliharaan yang disebabkan karena curah hujan dalam seminggu tersebut berkurang, sehingga nilai pH air menjadi naik. Senada dengan hasil penelitian Suzana (2005), bahwa berkurangnya pasokan air tawar dalam perairan akan berdampak meningkatnya nilai pH air. Aplikasi kapur

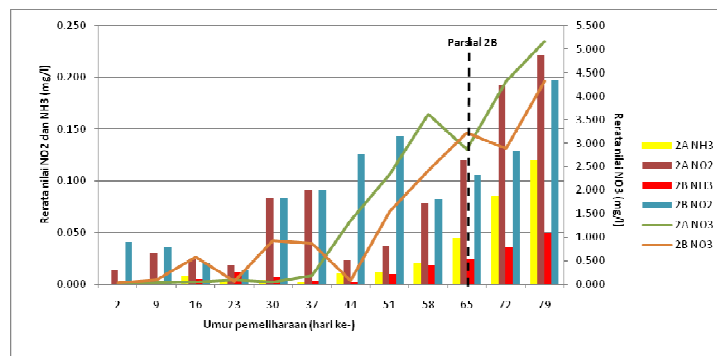
jenis (CaCO_3) secara rutin membantu kestabilan nilai pH pagi dan sore selama proses pemeliharaan Udang Vaname.

Nilai alkalinitas dan bahan organik mengalami kenaikan selama proses budidaya udang. Umur pemeliharaan 0-65 hari, petak 2A nilai alkalinitas rata-rata $117,56 \pm 19,56$ ppm dan nilai bahan organiknya $54,78 \pm 10,99$ ppm, petak 2B teknik panen parsial alkalinitas $110,56 \pm 15,58$ ppm dan nilai bahan organik airnya $49,67 \pm 9,62$ ppm. Umur 65 hari petak 2B dilakukan teknik panen parsial, terlihat nilai alkalinitas dan bahan organik petak 2B, dominan lebih rendah dibandingkan dengan hasil uji alkalinitas dan bahan organik dipetak 2A. Alkalinitas petak 2A umur 65-80 hari rata-rata $116,11 \pm 17,99$ ppm, dengan nilai bahan organik $54,44 \pm 10,93$ ppm. Sedangkan petak 2B, nilai rata-rata alkalinitas dan bahan organik umur 65-80 hari adalah $113,00 \pm 17,35$ ppm dan $50,56 \pm 10,09$ ppm. Menurut Wahab *et al.* (2003), tingkat kesuburan perairan tambak yang mempengaruhi kualitas air ditentukan juga dari banyaknya kandungan bahan organik dan an-organik serta keberadaannya dalam air yang melayang atau mengendap.

Amoniak, nitrit dan nitrat

Frekuensi pengamatan seminggu sekali tiap petakaan budidaya Udang Vaname intensif tersaji pada Gambar 5. Kandungan amonia pada 2 petak penelitian dengan teknik panen total dan parsial selama 65 hari pemeliharaan adalah

maksimal $0,020$ mg/l, minimal $0,00$ mg/l, rerata $0,007 \pm 0,007$ mg/l untuk petak 2A (panen total) dan petak 2B (panen parsial) maksimal $0,018$ mg/l, minimal $0,000$ mg/l, rerata $0,007 \pm 0,006$ mg/l, kedua petakan memiliki nilai amoniak $< 0,1$ mg/l. Sedangkan hasil uji amoniak umur 65-80 hari petak 2A, maksimal $0,120$ mg/l, minimal $0,045$ mg/l, rerata $0,083 \pm 0,034$ mg/l, petak 2B maksimal $0,050$ mg/l, minimal $0,024$ mg/l, rerata $0,029 \pm 0,005$ mg/l. Terjadinya perbedaan nilai amoniak dimungkinkan karena jumlah pakan yang diberikan berbeda setelah dilakukan panen parsial pada umur 65 hari pada petak 2B. Menurut Boyd (1990), kandungan amoniak $0,45$ mg/l dapat menghambat laju pertumbuhan udang sampai dengan 50%, sedangkan pada tingkat amoniak $1,29$ mg/l dapat membunuh beberapa udang jenis *Penaeus*, kandungan amoniak $0,05-0,2$ mg/l mempengaruhi terjadinya gangguan pertumbuhan secara umumnya organisme *aquatik*. Menurunnya kandungan amoniak diduga disebabkan keberadaan oksigen dan meningkatnya kecerahan dalam tambak. Bila pH air $7,0$ sebagian besar amoniak akan mengalami ionisasi, sebaiknya $\text{pH} > 7,0$ berada dalam jumlah yang banyak. Amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) lebih beracun daripada NH_4^+ , daya racun amoniak semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pH, suhu dan kesadahan air tambak yang rendah (Hopkin *et al.*, 1993).



Gambar 5. Grafik rerata $\text{NH}_3, \text{NO}_2, \text{NO}_3$ selama proses budidaya

Kandungan nitrit selama penelitian umur 0-65 hari, petak 2A antara $0,013-0,091$ ppm, rerata $0,044 \pm 0,031$ ppm, sedangkan petak 2B antara $0,014-0,083$ ppm, rerata $0,071 \pm 0,048$ ppm. Setelah panen parsial petak 2B umur 65 hari, nilai nitrit masing-masing petakan adalah $0,012-0,222$ mg/l, rerata $0,180 \pm 0,049$ ppm untuk petak 2A dan petak 2B $0,106-0,200$ mg/l, rerata $0,145 \pm 0,043$ mg/l. Kandungan nitrit rata-rata petak 2A lebih tinggi dibandingkan dengan petak 2B. Persyaratan kandungan nitrit pada udang menurut SNI 2006, kandungan nitrit untuk budidaya Udang Vaname intensif adalah $< 0,01$ mg/l, nitrit dapat meracuni udang bila kandungannya mencapai $0,5$ mg/l.

Hasil analisa uji nitrat umur 0-65 hari, petak 2A $0,002-3,62$ mg/l, rerata $0,860 \pm 1,412$ mg/l, petak 2B antara $0,030-2,420$ mg/l, rerata $0,732 \pm 0,886$ mg/l. Sedangkan umur 65-80 hari, petak 2A berkisar $2,870-5,170$ mg/l, rerata $4,120 \pm 1,036$ mg/l, petak 2B berkisar $2,88-4,310$ mg/l, rerata $3,467 \pm 0,658$ mg/l. Menurut Sawyer (2008), keberadaan nitrat yang tinggi diperlukan untuk merangsang pertumbuhan klekap, plankton dan lumut sebagai pakan alami bagi udang, nitrat kurang diperlukan di teknologi udang intensif karena dikhawatirkan menyebabkan *eutrofikasi* dan guncangan kualitas air (Boyd, 1990). Nilai nitrat yang dipersyaratkan menurut SNI 2006

untuk budidaya Udang Vaname intensif adalah maksimal $0,5$ ppm. Proses nitrifikasi adalah proses mikrobial yang mereduksi komponen nitrogen (amonia) menjadi nitrit dan nitrat berlangsung melalui 2 tahapan, pertama oksidasi ammonium menjadi nitrit yang dilakukan mikroba pengoksidasi ammonium (*Nitrosomonas sp*) dan kedua nitrit menjadi nitrat oleh pengoksidasi nitrit (*Nitrobacter sp*) (EPA 2002).

Parameter biologi

Parameter uji biologi meliputi kelimpahan plankton dan populasi bakteri selama proses budidaya. Frekuensi pengamatan seminggu sekali pada setiap petakan budidaya udang vaname intensif.

Berdasarkan analisa diperoleh nilai indek keanekaragaman mingguan petak 2A dan 2B umur 0- 65 hari terjadi kenaikan petak 2A dari $0,22 - 0,66$, sedangkan petak 2B dari $0,25-0,67$ pada umur 65 hari. Indeks keseragaman petak 2A bernilai $0,37-0,69$, petak 2B bernilai $0,33 - 0,74$. Sedangkan indek dominasi petak 2A bernilai $0,78-0,37$, petak 2B bernilai $0,75-0,33$. Kenaikan indeks keanekaragaman secara perlahan disertai penurunan indek dominasi mengindikasikan adanya perbaikan ekosistem dalam perairan sampai dengan

umur pemeliharaan udang 65 hari. Setelah 65 hari dilakukan panen parsial pada petak 2B, nilai indek keanekaragaman mengalami perubahan diakhir periode pemeliharaan, petak 2A bernilai 0,38, petak 2B bernilai 0,44. Menurut nilai keanekaragaman Simpson yang bernilai 0,6-0,8 berarti kestabilan ekosistem perairan dinyatakan baik (Odum, 1993). Hal ini sependapat dengan Soegianto (1994) suatu komonitas dikatakan mempunyai keanekaragaman jenis tinggi jika komonitas disusun oleh banyak species, sebaliknya jika

komonitas disusun sedikit species dan sedikit species yang mendominasi, maka keanekaragaman jenisnya rendah. Untuk nilai indek keseragaman (E) dan indek dominasi (C) selama pemeliharaan di petak 2A dan 2B bernilai antara 0-1. Jika indek keseragaman 0, maka nilai indek dominasi mendekati 1, dengan ciri adanya kecenderungan suatu jenis mendominasi dalam populasi tersebut, sebaliknya indek dominasi mendekati 0 maka tidak ada jenis species yang mendominasi. (Odum, 1993).

Tabel 6. Rerata Kelimpahan Plankton dan Bakteri selama Pemeliharaan

Parameter	Petak 2A			Petak 2B		
	Maks	Min	Rerata±SD	Maks	Min	Rerata±SD
Plankton (sel/l)	6.890.000	568.000	2.728.484±1.997.911	5.596.271	652.544	3.295.976±1.786.533
Tot.Vibrio (Cfu/ml)	26.400	467	14.005±13.003	121.000	69.000	2.634.800±91.700
Tot.Bakteri (Cfu/ml)	24.300	510	12.507±12.401	24.300	510	12.507±12.401

Hasil analisa Tabel 6. selama pemeliharaan selalu didominasi oleh total bakteri. Hal ini mencirikan kondisi perairan yang nyaman untuk kehidupan udang vaname baik dipetak 2A maupun 2B yang dikarenakan adanya input rutin setiap minggu probiotik jenis *Bacillus* sp dan *Nitrobacter* spp, yang selalu diaplikasikan untuk membantu proses penguraian bahan organik ditambak. Dengan menekan total vibrio ditambak akan mengurangi resiko serangan penyakit ditambak. Penelitian dari Leonard *et al.* (2000), beberapa jenis bakteri heterotrofik yang berkembang baik dalam limbah budidaya laut : *Pseudomonas*, *Oceanospirillum*, *Paracoccus*, *Marinobacter*, *Bacillus* dan *Erythobacter* dari kelompok bakteri aerobik.

Indek Kualitas Air

Menurut Kannel *et al.*, 2007, indeks kualitas air digunakan sebagai upaya mentransformasi parameter kualitas air yang banyak menjadi nilai tunggal.

Minggu ke-1 sampai 8 petak 2A dan petak 2B teknik panen parsial, kualitas air masih tergolong baik di kedua petakan, dengan rentang nilai 81,11-85,56 untuk petak 2A dan 76,67-85,56 petak 2B. Terjadi penurunan kualitas air mulai minggu ke-9 sampai dengan akhir pemeliharaan (minggu ke-

11), petak 2A dan 2B, mempunyai rentang nilai sama yaitu 51,11-58,89, tetapi masih dalam kriteria sedang. Kontribusi penurunan kualitas air diakibatkan peningkatan nitrit dan nitrat pada akhir pemeliharaan.

Tabel 7. Penilaian indek kualitas air selama penelitian

Minggu	2A		2B	
	Nilai	kriteria	Nilai	Kriteria
1	85,56	Baik	85,56	Baik
2	85,56	Baik	83,33	Baik
3	83,33	Baik	85,56	Baik
4	85,56	Baik	83,33	Baik
5	81,11	Baik	85,56	Baik
6	81,11	Baik	83,33	Baik
7	81,11	Baik	81,11	Baik
8	81,11	Baik	76,67	Baik
9	58,89	Sedang	58,89	Sedang
10	51,11	Sedang	56,67	Sedang
11	51,11	Sedang	51,11	Sedang

Tabel 8. Rerata hasil perhitungan Prakash-WQI, Kep Men LH No.51 tahun 2004 dan SNI 01-724

Parameter	Petak 2A			Petak 2B		
	BM. Air Laut	SNI 01-7246	Pengamatan	WQI	Pengamatan	WQI
pH	7-8,5	7,5-8,5	8,23	70	8,18	70
DO (mg/l)	>5	min 3,5	6,19	70	7,13	90
NO ₂ (mg/l)	-	mak 0,01	0,323	25	0,083	50
NO ₃ (mg/l)	0,008	mak 0,5	0,968	90	1,085	90

Nilai pH dan Oksigen terlarut (DO) dari petak 2A dan petak 2B masih dalam rentang kualitas air yang disarankan. Untuk parameter NO₂ (nitrit) dan NO₃ (nitrat) diluar batas optimal yang ditetapkan baik kep Men LH maupun SNI. Berdasarkan indek kualitas air Prakash, baik dengan teknik panen total (petak 2A) maupun panen parsial (2B) masih berada dalam kisaran sedang diakhir pemeliharaan umur 80 hari yaitu 51,11,

tetapi sudah pada kisaran sedang yang nilainya mendekati buruk (kriteria buruk nilai 50-25).

Sumbangan Beban Cemaran Hasil Budidaya

Hasil analisa kualitas air panen, diperoleh kandungan amoniak dan nitrit petak 2A dan 2B adalah 0,120 mg/l dan 0,05 mg/l. Dengan perhitungan (Mitsch & Goesselink, 1994 *dalam*

Marganof, 2007), bahwa sumbangan beban pencemar amoniak dalam satu periode pemeliharaan Udang Vaname intensif dengan panen total petak 2A sebesar 7,667 kg/ha/tahun dan petak 2B sebesar 3,164 kg/ha/th. Perbedaan nilai amoniak disebabkan setelah umur 65 hari dilakukan panen parsial dipetak 2B, sehingga input makan yang diberikan lebih sedikit dibandingkan dengan petak 2A. Nitrogen di budidaya menurut Briggs dan Smith (1994), terbanyak dihasilkan dari pakan, kontribusi dari air hanya 5% dari total input, dan bentuk nitrogen di perairan terdapat dalam bentuk gas nitrogen (N_2), ammonia (NH_3), ammonium (NH_4^+), ion nitrit (NO_2^-), ion nitrat (NO_3^-), dan nitrogen organik (campuran asam amino, gula amino dan protein/polimer).

Amonia selalu terdapat dalam limbah tambak terutama bersumber dari ekresi udang dan hidrolisis protein dari pakan yang terlarut dalam air. Pemecahan protein menjadi asam amino dan kemudian terjadi proses *deaminasi oksidatif* akan menghasilkan ammonia (Choo dan Tanaka, 2000). Menurut Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No.28 tahun 2004 tentang pedoman umum budidaya tambak, terkhusus bagian aturan baku mutu *effluent* tambak yang memberikan range $NH_3 < 0,1$ mg/l. Dari data penelitian nilai amonia diakhir periode petak 2A sebesar 0,120 mg/l dan petak 2B sebesar 0,05 mg/l, keduanya telah melampaui ambang batas yang ditentukan. Budidaya udang tingkat teknologi intensif dengan penggunaan pakan tambahan, input pakan akan berpengaruh terhadap peningkatan kadar nutrisi dan kelimpahan plankton di kolam atau tambak, melalui pergantian air, sejumlah massa air akan terbuang sejumlah nutrient dan padatan tersuspensi dari petakan tambak budidaya udang yang akhirnya memasuki pesisir sekitarnya (Hopkins *et al.*, 1993). Dari observasi menunjukkan tidak ada petakan atau kolam khusus yang dipergunakan untuk penampung limbah dan secara langsung melakukan pembuangan limbah ke laut tanpa proses pengolahan terlebih dahulu di kawasan tambak.

Analisa Usaha

Panen parsial dilaksanakan pada umur 65 hari pemeliharaan dengan asumsi data pertumbuhan harian dan diperkuat dengan harga udang yang baik pada size atau ukuran udang tersebut. Panen total umur 80 hari.

Diasumsikan dalam 1 tahun 3 siklus budidaya, akan diperoleh keuntungan Rp.1.193.931.000,- teknik panen total dan Rp 1.221.120.000,- pada teknik panen parsial. Perhitungan kelayakan usaha tersebut menggunakan *disconto* sebesar 15%, sebagai tingkat suku bunga pinjaman pada bank. Hasil perhitungan NPV teknik panen total dan parsial, dengan umur investasi 5 tahun, NPV panen total Rp.88,448,362,- dan Rp.426,601,399,- untuk panen parsial, dengan nilai NPV keduanya lebih besar dari nol maka usaha tersebut dianggap layak. Nilai IRR hasil perhitungan untuk teknik panen total dan parsial berturut-turut 27,09% dan 69,02%, nilai tersebut lebih tinggi dari pada nilai *discount rate* yang digunakan sebesar 15% maka usaha tersebut dianggap layak untuk dilakukan, karena jauh lebih dari bunga bank. Perhitungan selisih keuntungan dan biaya diperoleh nilai B/C rasio 2,11 untuk panen total dan 2,30 panen parsial, dengan nilai B/C rasio > 1 maka usaha budidaya udang dengan teknik panen total dan panen parsial adalah layak dilanjutkan. Berdasarkan tiga indikator kelayakan usaha, kedua teknik panen (total dan parsial) semuanya menunjukkan nilai kelayakan dari usaha

tersebut, dengan catatan asumsi-asumsi yang digunakan sesuai dengan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 9: Hasil Analisis Data Teknik Panen Total dan Teknik Panen Parsial

Parameter	Petak 2A (Panen Total)	Petak 2B (Panen parsial)
Luas Petakan (m^2)	2.500	2.500
Jumlah tebar (ekor)	375.000	375.000
Padat tebar (ekor/ m^2)	150	150
SR (%)	87	91
FCR	1,5	1,3
ABW (gr/ekor) :		
- parsial 1(65 hr)	-	12,5
- total (80 hr)	15	16,5
Biomass (kg):	5.006	5.120
Harga jual (Rp/kg) :		
- Parsial 1 (65 hr)	-	73.000
- Panen total (80 hr)	79.500	82.500
Pendapatan (Rp)	397.977.000	407.040.000
Selisih (parsial-Total)		
- Biomassa (kg)		114
- Pendapatan (Rp)		9.063.000

KESIMPULAN

1. Kandungan amonia pada teknik panen parsial relatif lebih rendah dibandingkan dengan teknik panen total. Secara perhitungan, indeks kualitas air kedua teknik panen tersebut masih berada pada kisaran kualitas air sedang bernilai 51,11.
2. Nilai sumbangan beban cemaran amoniak ke lingkungan selama pemeliharaan petak 2A (panen total) sebesar 7,667 kg/ha/th, petak 2B dengan teknik panen parsial sebesar 3,164 kg/ha/th.
3. Secara ekonomis dengan teknik panen parsial lebih menguntungkan dibandingkan teknik panen total. Keuntungan yang diperoleh adalah Rp 9.063.000/siklus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Kelautan dan Perikanan atas beasiswa yang diberikan, Kepala BBPBP Jepara atas kesempatan tugas belajar, karyawan tambak PT. Pendawa Senajaya Situbondo atas bantuan dan kerjasamanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyd, C.E. 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Agricultural Experiment Station. Auburn. Alabama . USA. 359 P.
- _____. 1990. Water quality in ponds for Aqua Culture. Alabama agricultural experiment station. Auburn University. 482 pp.
- Burford, M.A., K. Lorenzen. 2004. Modelling Nitrogen Dynamics In Intensive Shrimp Ponds : The Role Of Sediment Remineralization. *Aquaculture* 229: 129-145.

- Briggs, M.R.P. and F. Smith S.J. 1994. A nutrient Budget of some Intensive Shrimp Farm in Thailand. *Aquaculture And Fisheries Management* 25: 789-811
- Choo, P.S. and K.Tanaka. 2000. Nutrient Levels in Ponds During the Grow-Out and Harvest Phase of *Penaeus Monodon* Under Semi Intensif or Intensive Culture. *Journal of JIRCAS* 8: 13-20.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air : bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Fakultas Perikanan. Bogor
- Effendi, I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Yayasan Dewi Sri Bogor. Bogor.
- EPA. 2002. Nitrification U.S Enviromental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking water. Office off water. Washington DC. Diakses 20 Juni 2015 pada http://epa.govogwdwdisinfectiontcrcpdfswhitepaper_tcr_nitrification.pdf.
- Fang, S.Q., H. Xf, W. Hx. 2004. Technology of aquaculture waste water treatment and application. *Techniques and equipment for enviromental pollution control*. 5: 51-55 (in chiness with english abstract).
- Goddart, S. 1996. Feed Management In Intensive Aquaculture. Chaoman and Hall, New York.
- Hangreaves, J.A. 2006. Photosynthetic Suspended Growt System In Aquaculture. *Aquaculture Engineering* 34: 344-363
- Hopkins, J.S., R.D. Hamilton., P.A. Sandifer., C.L. Browdy, and A.D. Stokes. 1993. Effect of Water Exchange Rate on waer Quality Effluent Characteristics and Nitrogen Budget of Intensive Shrimp Pons. *Journal Of Word Aquaculture Society* 24: 304-320.
- Ibrahim, Y. 2009. Studi Kelayakan Bisnis . Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Islam, Md. Shahidul., 2005. Nitrogen And Phosphorus Budget In Coastal And Marine Cage Aquaculture And Impacts Of Effluent Loading On Ecosystem: Review And Analysis Towards Model Development. *Marine Pollution Bulletin*. 48-61.
- Kannel, P.R., L. Seockheoan., SL. Young., Kanel, S. Raj., K. S. Pratap. 2007. Application Of Water Quality Indices And Dissolved Oxygen As Indicators For River Water Classification And Urban Impact Assessment. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*. 132: 93–110
- KepMen KKP. No. 28 tahun 2004. Pedoman Umum Budidaya Udang Di Tambak. Jakarta. 26 Hal.
- Marganof. 2007. Model Pengendalian Pencemaran Perairan di Danau Maninjau Sumatera Barat. [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, 135 hlm.
- Odum, E.P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi ketiga. Gajah Mada University Press. Original English Edition Fundamental of Ecology Third Edition. Yogyakarta.
- Sari, S. G. 2007. Kualitas Sungai Maron Dengan Perlakuan Keramba Ikan di Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur. *Bioceint.*, 4(1), 2007, 29-35.
- Sawyer, Clair N, Perry L, MC Carty & Gene F Parkin. 2008. Chemistry For Enviromental Engineering and Science. (5 th ed). Singapore. Mc Graw-Hill.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. Produksi udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) ditambak dengan teknologi Intensif. Badan Standarisasi Nasional. SNI 01-7246-2006.
- Suther, I., M. Rissik, David. 2008. Plankton : A Guide To Their Ecology And Monitoring For Water Quality. Collingwood, CSIRO Publishong. Australia.
- Sugianto, 1994. Ekologi Kuantitatif. Usaha Nasional. Surabaya
- Suzana, T. 2005. Kualitas Zat Hara Teluk Lada, Banten. *Oceanografi, Limnol. Indo* .37: 59-67.
- Taparhudee, W., M. Benjapraserstori and B. Sattiti. 2007. Comparative Study on Paddle-wheel Aerators Using Electric Motors and Diesel Engines in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture Ponds. <http://www.fisheryfocus.com/wp-content/uploads/2015/06/Comparative-Study-on-Paddle-wheel-Aerators-Using-Electric-Motors-and-Diesel-Engines-in-Pacific-White-Shrimp-Litopenaeus-vannamei-Culture-Ponds.pdf>.
- Wahab, M.A., A. Bergheim and B. Braaten. 2003. Water quality and partial mass budget in extensive shrimps ponds in Bangladesh. *Aquaculture*. 218: 413-423.
- Taparhudee, W., M. Benjapraserstori and B. Sattiti. 2007. Comparative Study on Paddle-wheel Aerators Using Electric Motors and Diesel Engines in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture Ponds. <http://www.fisheryfocus.com/wp-content/uploads/2015/06/Comparative-Study-on-Paddle-wheel-Aerators-Using-Electric-Motors-and-Diesel-Engines-in-Pacific-White-Shrimp-Litopenaeus-vannamei-Culture-Ponds.pdf>.
- Widigyo, B. 2013. Bertambak Udang dengan Teknologi *Biocrete*. PT.Kompas Media Nusantara. Jakarta.
- Xie B and Yu K. 2007. Shrimp Farming in China: Operating characteristic, enviromental impact and prespectives. Ocean and coastal management. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2007.02.006 (in press).
- Zonneveld N, Huisman EA, Boon JH. 1991. Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan. Terjemahan. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta