

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ma>

PERFORMANSI INSTALASI PENGOLAH AIR LIMBAH TAMBAK SUPERINTENSIF

Rachman Syah[#], Mat Fahrur, Hidayat Suryanto Suwoyo, dan Makmur

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan

(Naskah diterima: 25 Oktober 2017; Revisi final: 10 November 2017; Disetujui publikasi: 10 November 2017)

ABSTRAK

Pengolahan air buangan tambak superintensif (TSI) adalah usaha untuk mengurangi beban bahan pencemar yang terkandung di dalam air buangan TSI sehingga aman dan tidak membahayakan saat dibuang ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi desain dan performansi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dalam memperbaiki kualitas air buangan TSI sebelum dibuang ke badan air. IPAL terdiri atas kolam sedimentasi, dua kolam aerasi, dan satu kolam penampungan. Ke dalam kolam penampungan ditebahi ikan mujair serta rumput laut *Gracilaria* sp. yang dibudidayakan dengan metode *long line*, berfungsi sebagai biokontrol. Sampel air diambil di bagian *inlet* IPAL, *oulet* kolam sedimentasi atau *inlet* kolam aerasi-1, *oulet* kolam aerasi-1 atau *inlet* kolam aerasi-2, *oulet* kolam aerasi-2 atau *inlet* kolam penampungan, serta *oulet* kolam penampungan, setiap dua minggu selama 105 hari pemeliharaan. Parameter yang diukur adalah total padatan tersuspensi (TSS), total amonia nitrogen (TAN), nitrit, nitrat, fosfat, bahan organik terlarut (BOT), dan *biological oxygen demand* (BOD₅). Spesifikasi teknis IPAL yang diamati meliputi ukuran dan volume IPAL, volume dan waktu tinggal air buangan tambak, dan efisiensi kinerja IPAL, serta rasio volume IPAL dan volume total air tambak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa IPAL dapat mengurangi beban bahan pencemar dengan tingkat efisiensi antara 53,1%-99,4%; namun masih diperlukan peningkatan kapasitas dalam mengurangi konsentrasi BOT. IPAL menghasilkan efisiensi yang tinggi terhadap TSS, TAN, nitrit, Total Nitrogen (TN), dan fosfat. Rasio volume IPAL dan volume air tambak 30:70 dengan waktu tinggal minimal lima hari, dapat dijadikan acuan dalam pembangunan IPAL tambak superintensif.

KATA KUNCI: tambak superintensif; udang vaname; air buangan tambak; instalasi pengolah air limbah (IPAL)

ABSTRACT: *The performance of wastewater treatment plant in superintensive Litopenaeus vannamei shrimp aquaculture. By: Rachman Syah, Mat Fahrur, Hidayat Suryanto Suwoyo, and Makmur*

*A wastewater treatment plant (WTP) in a super-intensive shrimp farm is used to reduce organic matters contained in super-intensive shrimp farm effluent. Through the WTP, the waste water from shrimp facilities can safely and harmlessly be released to the receiving environments. The aims of this study were to evaluate the design and performance of a WTP in reconditioning waste water released from a super-intensive shrimp farm prior to release to water bodies. The WTP was made of a series of sedimentation pond, two aeration ponds, and one reservoir or equalitation pond. The tilapia fish and seaweed, *Gracilaria* sp., were stocked in the equalitation pond where the seaweed was cultured using long line method; these organisms were used as bio-control. Water samples were collected fortnightly during 105 days of culturing duration from the WTP inlet, outlet of sedimentation pond or at inlet of the first aeration pond; outlet of the first aeration pond or inlet of the second aeration pond, outlet of the second aeration pond or inlet of equalitation pond and the outlet of equalitation pond. The measured variables were total suspended solid (TSS), total ammonia nitrogen (TAN), nitrite, nitrate, phosphate, total organic matters (TOM), and five days biological oxygen demand (BOD₅). The evaluated technical performances of the plant were its size and volume; volume and retention time of effluent, efficiency of WTP performance and volume ratios of the WTP and total volume of shrimp pond. The results of the study indicated that the WTP was able to reduce concentrations of nutrients and solids in effluent by 53.1%-99.4% of efficiency. However, its capacity need to be increased due to reducing concentrations of TOM. The WTP was highly efficient in reducing the concentrations of TSS, TAN, nitrite, total N, and phosphate. The volume ratios between the plant and pond waters were 30:70 with minimum retention time five which days could be proposed for wastewater treatment pond for super-intensive shrimp ponds.*

KEYWORDS: *superintensive pond; vannamee shrimp; effluent pond; wastewater treatment plant*

[#] Korespondensi: Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan. Jl. Makmur Dg. Sitakka No.129, Maros 90512, Sulawesi Selatan, Indonesia.
Tel.: + 62 411 371544
E-mail: rachman222000@yahoo.com

PENDAHULUAN

Teknologi tambak superintensif (TSI) mulai berkembang untuk udang vaname dengan padat penebaran mencapai 1.250 ekor/m² dan menghasilkan produktivitas 12,6 ton/1.000 m² (Syah *et al.*, 2017), bahkan Atjo (2014) mendapatkan 15,3 ton/1.000 m² pada penebaran 720 ekor/m². Padat penebaran tinggi memberikan konsekuensi terhadap beban limbah yang dihasilkan, disebabkan retensi nitrogen (N) dan fosfor (P) pakan pada budidaya udang vaname, masing-masing adalah 22,27% dan 9,79% sehingga nutrisi yang terbuang ke lingkungan perairan tambak masing-masing mencapai 77,73% nitrogen dan 90,21% fosfor (Hongsheng *et al.*, 2008). Preston *et al.* (2001) mendapatkan nilai retensi N pada budidaya udang hanya 22%, sisanya terbuang ke lingkungan. Budidaya udang vaname dengan padat penebaran 50 ekor/m² menghasilkan beban limbah yang terbuang ke lingkungan perairan mencapai 108,49 ± 1,53 kgN dan 56,13 ± 6,56 kgP (Syah *et al.*, 2006). Pada padat penebaran 500 dan 600 ekor/m², retensi N masing-masing 30,47% dan 33,34%; serta retensi P masing-masing 16,59% dan 18,05%; sehingga beban limbah N dan P yang dihasilkan selama proses budidaya dapat mencapai 406,57 kgN dan 100,33 kgP (500 ekor/m²) serta 532,30 kgN dan 119,50 kgP pada padat penebaran 600 ekor/m² (Syah *et al.*, 2014).

Permasalahan utama dalam air buangan TSI adalah tingginya partikel bahan organik, terdiri atas feses udang, pakan yang tidak termakan, karapak udang, serta plankton mati yang mengendap di dasar tambak, serta tingginya kandungan N dan P yang dapat meningkatkan kesuburan perairan. Pada tambak superintensif dengan padat penebaran 750-1.250 ekor/m², sedimen yang terbentuk dapat mencapai 18,2-21,9 ton/0,1 ha/siklus produksi udang (Suwoyo *et al.*, 2015). Preston *et al.* (2001) menyatakan bahwa lumpur yang terbentuk selama proses budidaya dapat mencapai 35-60 t/ha/siklus produksi udang. Meningkatnya limbah padat dalam sistem budidaya harus dicegah karena dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut dan meningkatkan kadar amonia akibat adanya proses dekomposisi bahan organik yang bersifat toksik bagi komoditas budidaya. Oleh karena itu, pembuangan lumpur yang terbentuk perlu dilakukan secara periodik.

Air buangan tambak udang superintensif dengan padat penebaran 750-1.250 ekor/m² mengandung rata-rata *total suspended solid* (TSS) 798-924 mg/L, bahan organik terlarut (BOT) 81,227-88,641 mg/L; total nitrogen (TN) 9,8389-14,4260 mg/L; dan total fosfat (TP) 7,8770-11,8720 mg/L (Fahrur *et al.*, 2015). Nilai tersebut telah melebihi batas ambang dari standar air

buangan tambak yang diperkenankan sehingga berpotensi memberikan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan badan air penerima beban limbah. Sementara intensitas dampak tergantung pada sistem budidaya, jenis komoditas, manajemen air (jumlah dan frekuensi pergantian), padat penebaran yang diaplikasikan, jumlah dan mutu pakan yang digunakan, profil pantai dan karakteristik perairan pantai. Karakterisasi air buangan tambak menjadi prasyarat dalam menentukan daya dukung perairan untuk pengembangan tambak (Teichert-Coddington *et al.*, 1995; Tookwinas, 1988). Berdasarkan potensi beban limbah dan dampaknya, maka aplikasi Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) sebagai bagian dari sistem budidaya harus dilakukan.

Upaya pengolahan air buangan tambak udang intensif telah dikembangkan dengan menggunakan sistem resirkulasi (Castine *et al.*, 2013; Hochheimer, 2003), kolam sedimentasi dan penggunaan kembali air buangan, serta mengkonstruksi lahan basah (Anh *et al.*, 2010), sistem lahan basah buatan aliran air permukaan yang ditanami rumput vetiver, *Chrysopogon zizanioides*, L. (Rahardjo *et al.*, 2015), pemanfaatan kekerangan, *Crassostrea lugubris* dan kerang hijau, *Perna viridis*, serta rumput laut *Gracilaria fisheri* untuk memperbaiki kualitas air buangan tambak udang (Songsangjinda, 2004), filtrasi oleh bivalve, *Saccostrea commercialis* (Jones *et al.*, 2001), oyster, *Cassostrea rhizophore* (de Azevedo *et al.*, 2015), lumut *Enteromorfa flexuosa* dan rumput laut, *Gracilaria verrucosa* (Devi & Gowri, 2007) atau melalui aplikasi teknologi bioflok (Crab *et al.*, 2007; Krummenauer *et al.*, 2014), serta penggunaan filter (Jegatheesan *et al.*, 2006) dan teknik bioremediasi (Divya *et al.*, 2015). Sebagian besar penelitian tersebut masih dalam skala laboratorium sehingga perlu ditingkatkan kapasitasnya untuk skala komersial.

IPAL-TSI dikembangkan dengan mengacu pada permasalahan air buangan TSI yaitu kandungan TSS, TN, TP, BOT, dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang tinggi, serta rendahnya pH dan oksigen terlarut (DO). Dari kajian awal IPAL-TSI memberikan informasi bahwa parameter TSS, pH, DO, BOD, dan BOT air buangan tambak dapat diturunkan sampai batas ambang yang dipersyaratkan bagi air buangan tambak. Sementara parameter TN dan TP belum mencapai batas ambang yang dipersyaratkan (Fahrur *et al.*, 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi desain dan performansi IPAL pada budidaya udang vaname superintensif, untuk memperoleh informasi tentang efektivitas IPAL, rasio volume antara IPAL dan air buangan TSI, dan waktu tinggal air buangan tambak di IPAL. Informasi ini memberikan kontribusi terhadap

peran IPAL untuk mendukung aspek manajemen budidaya udang vaname superintensif yang efektif dan efisien serta berkelanjutan dan pada gilirannya dapat meningkatkan produksi udang tanpa merusak lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Satu unit IPAL dengan total volume sekitar 7.000 m³, dibagi menjadi empat kolam. Kolam pertama berfungsi sebagai kolam sedimentasi, kolam kedua dan ketiga sebagai kolam aerasi, dan kolam keempat sebagai kolam penampungan atau ekualisasi sekaligus sebagai kolam bioindikator kelayakan habitat bagi organisme budidaya (Gambar 1). Evaluasi kinerja IPAL dilakukan dengan mengkaji aspek (1) desain wadah terkait dengan ukuran dan volume atau daya tampung limbah masing-masing petak, (2) waktu tinggal air buangan dalam IPAL, dan (3) efektivitas kinerja IPAL. Pada kolam penampungan ditebar rumput laut *Gracilaria* sp. dan ikan mujair sebagai bioindikator kelayakan air buangan TSI yang diduga telah memenuhi syarat untuk dialirkan atau dibuang ke lingkungan perairan (Gambar 1b). Berdasarkan kinerja IPAL diharapkan dapat ditentukan rasio antara volume IPAL dan total volume air budidaya udang.

Parameter utama yang diukur meliputi TAN, nitrit, nitrat, fosfat, TSS, BOT, dan BOD₅. Pengambilan sampel selama satu siklus produksi, dilakukan setiap dua minggu pada posisi *inlet* IPAL, *outlet* kolam pengendapan atau *inlet* kolam aerasi-1, *outlet* kolam aerasi-1 atau *inlet* kolam aerasi-2, *outlet* kolam aerasi-2 atau *inlet* kolam ekualisasi, dan *outlet* kolam ekualisasi atau *outlet* IPAL sebelum dibuang ke laut.

Efektivitas IPAL dihitung dengan membandingkan selisih nilai parameter kualitas air di *inlet* dan *outlet* dibagi dengan nilai parameter kualitas air di *inlet*.

$$\text{Efisiensi IPAL (\%)} = (A - B) / A \times 100$$

di mana: A: Nilai parameter *influent* (*inlet*)
B: Nilai parameter *effluent* (*outlet*)

Tingkat efisiensi IPAL dikategorikan mengacu pendapat Tchobanoglous *et al.* (1991), sebagai berikut: Sangat efisien: $x > 80\%$; efisien: $60\% < x = 80\%$; cukup efisien: $40\% < x = 60\%$; kurang efisien: $20\% < x = 40\%$; tidak efisien: $x = < 20\%$

HASIL DAN BAHASAN

Desain IPAL Tambak Superintensif

Konstruksi bangunan IPAL didesain berdasarkan karakteristik air buangan tambak superintensif, jumlah petak tambak superintensif yang beroperasi, dan perkiraan volume air buangan yang dikeluarkan setiap hari, serta waktu tinggal air buangan dalam IPAL. Kinerja IPAL-TSI ditentukan oleh seberapa jauh unit pengolahan dapat berfungsi memperbaiki karakteristik air buangan TSI mendekati prasyarat standar yang ditentukan.

Kolam sedimentasi merupakan pengolahan tahap pertama secara fisik untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi melalui proses pengendapan dan didesain dalam bentuk enam kolam bersekat-sekat agar terjadi pelambatan arus air buangan dan memperpanjang jalur atau waktu alir sehingga memacu proses pengendapan partikel padat. Pada kolam ini,



A



B

Gambar 1. Instalasi pengolah air limbah (IPAL) tambak superintensif (A) dan kolam ekualisasi yang ditanami rumput laut (B).

Figure 1. Wastewater treatment plant (WTP) of superintensive pond (A) and equalitation pond which is cultivated with seaweed (B).

air buangan mulai mengalami proses pengendapan dimana partikel-partikel padat dibiarkan mengendap, sedangkan partikel-partikel yang ringan akan mengapung membentuk busa.

Kolam aerasi pada dasarnya merupakan unit pengolahan limbah yang dilengkapi sistem aerasi, bertujuan untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut, menurunkan BOD, dan menaikkan pH dalam air buangan, serta membuang CO₂ dan H₂S, serta gas-gas terlarut lainnya. Kolam aerasi terdiri atas dua kolam dan didesain agar mampu mengoksidasi materi organik yang dilakukan oleh bakteri aerob, serta nitrifikasi nitrogen.

Kolam ekualisasi merupakan kolam penampungan air buangan dalam tahap akhir, dimana seluruh air buangan yang sudah diolah dialirkan dan ditampung di kolam ekualisasi. Pada kolam ekualisasi dipelihara rumput laut *Gracilaria* sp. dan ikan mujair yang berfungsi sebagai bioindikator. Rumput laut akan menyerap nutrisi dan mengonversi ke dalam biomassa yang dapat dipanen. Sementara nutrisi yang tersisa akan memicu perkembangan populasi plankton sebagai pakan alami bagi ikan mujair. Kolam ekualisasi juga berfungsi untuk mengetahui secara cepat apakah air hasil olahan IPAL cukup layak bagi organisme hidup. Jika ikan yang ada di dalam kolam ekualisasi dapat hidup dengan normal berarti air olahan IPAL layak bagi kehidupan organisme perairan dan dikategorikan baik. Sebaliknya, jika ikan mengalami kematian maka berarti air olahan IPAL masih dikategorikan buruk.

Total luas dan volume tampung bangunan IPAL-TSI masing-masing adalah 5.451 m² atau 6.987 m³ (Tabel 1). Berdasarkan standar pedoman teknis untuk kelayakan struktur bangunan, maka IPAL-TSI dapat

dinyatakan telah memenuhi standar teknis yang terkait dengan persyaratan dari segi keamanan dan keselamatan terhadap lingkungan dan pengguna bangunan IPAL.

Ditinjau dari efektivitas kerja, maka kolam sedimentasi perlu dilengkapi dengan alat bantu pompa lumpur *portable* untuk memudahkan dalam operasional pengurusan kolam sedimentasi. Berdasarkan ketebalan sedimen di dalam kolam sedimentasi sangat berpengaruh terhadap efektivitas proses sedimentasi yang terjadi. Pindahkan sedimen disarankan perlu dilakukan dari kolam sedimentasi (pemompaan sludge/lumpur) manakala ketebalan sedimen telah mencapai 50% dari kedalaman kolam sedimen.

Bangunan IPAL-TSI didesain dengan mengacu pada kebutuhan volume air buangan tambak untuk 12 petak TSI yang beroperasi dan air tambak yang terbuang maksimal 10 cm per hari. Berdasarkan asumsi tersebut, maka volume air buangan tambak yang masuk ke dalam IPAL mencapai 1.200 m³ setiap hari (Tabel 2), sementara kapasitas tampung IPAL mencapai 6.987 m³, berarti waktu tinggal air buangan di dalam IPAL mencapai sekitar 140 jam atau 5,8 hari. Air buangan tambak dengan waktu tinggal tersebut, diharapkan telah mengalami proses purifikasi sehingga memenuhi kriteria batas ambang yang dipersyaratkan untuk air buangan tambak. Waktu tinggal air buangan di IPAL dipengaruhi oleh volume tampung dan volume air buangan tambak. Volume air buangan semakin besar, maka waktu tinggal semakin singkat. Jumlah air buangan 1.200 m³ setiap hari setara dengan 5% dari total volume air tambak budidaya. Dengan waktu tinggal sekitar 5,8 hari; maka volume daya tampung IPAL minimal 30% dari total volume air tambak budidaya udang.

Tabel 1. Dimensi bangunan IPAL tambak superintensif
Table 1. Dimension of WTP building of superintensive pond

Kolam Ponds	Panjang Length (m)	Lebar Wide (m)	Kedalaman Depth (m)	Volume air Water volume (m ³)
Sedimentasi (Sedimentation)	69	10	0.68	467
Aerasi-1 (Aeration-1)	69	10	1	692
Aerasi-2 (Aeration-2)	69	15	0.7	682
Ekualisasi (Equalitation)	69	40-48	1.7	5,146
Total luas IPAL (Total WTP area) (m ²)				5,451
Total volume IPAL (Total WTP volume) (m ³)				6,987
Volume air buangan (m ³ /hari) / Effluent volume (m ³ /day)				1,200
Waktu tinggal air buangan tambak dalam IPAL (hari) Retention time of effluent pond in the WTP (days)				5.82

Karakteristik Air Buangan Tambak Superintensif

Parameter kualitas air buangan yang memiliki nilai di atas ambang atas dari standar air buangan tambak yang diperkenankan yaitu TSS, BOT, TN, dan fosfat. Kandungan TSS air buangan TSI adalah $1.715,41 \pm 55,51$ mg/L dan BOT $94,9580 \pm 12,7142$ mg/L, untuk nilai TN dan PO_4 -P masing-masing $7,0759 \pm 3,0504$ mg/L dan $9,1900 \pm 6,2559$ mg/L (Tabel 2). Standar air buangan tambak untuk kandungan TSS, BOT, TN, dan PO_4 masing-masing adalah 70 mg/L, 30 mg/L, 4 mg/L, dan 0,4 mg/L sehingga keempat parameter tersebut telah melewati batas ambang yang diperkenankan. Sebelum dibuang ke lingkungan perairan, air buangan TSI harus dilakukan penanganan terlebih terdahulu agar tidak menjadi sumber cemaran yang potensial. Menurut Latt (2002), limbah tambak udang dapat berdampak terhadap kualitas perairan pesisir dan hidrologi, kehidupan organisme akuatik, mangrove dan vegetasi daratan.

Kinerja IPAL Tambak Super Intensif

Kolam sedimentasi memiliki peran penting dalam mengurangi beban limbah TSS dari 1.715,41 mg/L di *inlet* IPAL menurun menjadi 437,11 mg/L di *outlet* kolam sedimentasi (Tabel 3) dengan nilai efektivitas kolam sedimentasi mencapai 74,5% dan dikategorikan efisien. Castine *et al.* (2013), melaporkan kolam sedimentasi dapat menurunkan kandungan TSS sampai 60%. Kolam ekualisasi juga memiliki peran cukup penting dalam menurunkan kandungan TSS dari 402,78 (outlet kolam aerasi) menjadi 10,14 mg/L (outlet ekualisasi) dengan nilai efektivitas kolam ekualisasi mencapai 97,5% dan dikategorikan sangat efisien. Kolam ekualisasi juga cukup efisien mengurangi beban limbah TAN, nitrit, nitrat, Total N, dan fosfat. Semua parameter kunci menunjukkan penurunan yang signifikan dari kondisi di *inlet* dibandingkan *outlet*.

Keberadaan rumput laut *Gracilaria* sp. sebanyak 65 bentang @ 40 m dengan jumlah biomassa awal 300 kg yang ditanam di kolam ekualisasi, diduga memberikan kontribusi terhadap penyerapan unsur N dan P, serta berfungsi sebagai perangkap bagi partikel koloid yang berada di air limbah. Produksi biomassa *Gracilaria* sp. setiap siklus pemeliharaan 40 hari dapat mencapai 1.253 kg/siklus. Beban limbah N dan P di kolam ekualisasi juga dimanfaatkan oleh fitoplankton yang berkembang dengan jumlah populasi berkisar 2.439-14.948 (7.473 ± 4.128) sel/L ($n=7$) dan berfungsi sebagai makanan alami bagi ikan mujair yang hidup di kolam IPAL. Dengan demikian, keberadaan rumput laut dan ikan mujair di dalam kolam ekualisasi memiliki peran ekologi yang penting dalam memperbaiki kualitas air limbah tambak superintensif. Pemanfaatan ikan nila, *Oreochromis* sp., dan lumut, *Enteromorpha* sp. yang dipelihara secara terintegrasi dengan udang vaname dengan sistem resirkulasi dapat menyerap beban limbah air buangan budidaya udang (Attasat *et al.*, 2013).

Secara keseluruhan parameter kunci di IPAL-TSI menunjukkan kinerja yang baik dengan kisaran nilai efektivitas antara 53,1%-99,4% (Tabel 4). Efektivitas IPAL untuk parameter BOT masih dalam kategori cukup efisien dengan nilai 53,1%; sementara parameter Nitrat masuk kategori efisien (70,6%), sedangkan parameter TSS (99,4%), TAN (92,7%), nitrit (91,6%), Total N (96,8%), dan fosfat (95,2%) dinilai sangat efisien. Nilai parameter kunci kualitas air limbah TSI setelah melalui IPAL berada di bawah batas ambang yang dipersyaratkan dan dinilai layak untuk dibuang ke badan air, kecuali nilai BOT yang masih berada di atas standar *effluent*.

BOD_5 , menggambarkan banyaknya kebutuhan oksigen untuk mendekomposisi bahan organik dalam air buangan limbah TSI selama lima hari (BOD_5). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan BOD_5

Tabel 2. Kualitas air buangan tambak udang vaname superintensif ($n=10$)
Table 2. The quality of waste water of superintensif vaname shrimp ($n=10$)

Parameter Parameters	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Rerata Average	Sd
TSS (mg/L)	1,663.44	1,773.89	1,715.41	55.51
BOT/TOM (mg/L)	80.2893	102.8138	94.9580	12.7142
TAN (mg/L)	3.5222	10.3333	6.91213	3.4056
Nitrit/Nitrite (mg/L)	nd	8.1167	2.8722	4.5486
Nitrat/Nitrate (mg/L)	0.5233	5.3318	2.3471	2.6060
Total N (mg/L)	3.8191	9.8662	7.0759	3.0504
Fosfat/Phosphate (mg/L)	1.9700	13.0000	9.1900	6.2559

Catatan (Note): nd: not detected

Tabel 3. Nilai parameter kunci di IPAL tambak superintensif (n=10)

Tabel 3. The values of the key parameters in the WTP of the superintensive pond (n=10)

Parameter Parameters	Inlet IPAL WTP inlet	Outlet kolam sedimentasi Sedimentation pond outlet	Outlet kolam aerasi Aeration pond outlet	Outlet kolam ekualisasi Equalization pond outlet	Standard effluent ³⁾
TSS (mg/L)	1,715.41	437.11	402.78	10.14	< 70
BOT (TOM) (mg/L)	94.9580	65.3425	63.1178	44.5360	< 30
TAN (mg/L)	6.91213	2.4194	2.1000	0.5013	
Nitrit (Nitrite) (mg/L)	2.8722	2.2801	1.3528	0.2412	
Nitrat (Nitrate) (mg/L)	2.3471	2.1288	1.9106	0.6891	
Total N (mg/L)	7.0759	2.9337	2.8512	0.2257	< 4
Fosfat (Phosphate) (mg/L)	9.1900	3.6944	2.0917	0.4448	< 0.4
BOD ₅ (mg/L)	19.80	12.83	10.74	7.02	< 20

Sumber (Source):* Ministry of Natural Resources and Environment (2007)

Tabel 4. Efektifitas kinerja IPAL tambak superintensif

Table 4. The effectiveness of WTP performance of superintensive ponds

Parameter Parameters	Efektivitas kolam (Pond effectiveness) (%)				Efisiensi IPAL Efficiency of WTP
	Sedimentasi Sedimentation	Aerasi Aeration	Ekualisasi Equalization	IPAL WTP	
TSS (mg/L)	74.5	7.9	97.48	99.4	Sangat efisien (Very efficient)
BOT/TOM (mg/L)	31.2	3.4	29.44	53.1	Cukup efisien (Quite efficient)
TAN (mg/L)	65.0	13.2	76.13	92.7	Sangat efisien (Very efficient)
Nitrit/Nitrite (mg/L)	20.6	40.7	82.17	91.6	Sangat efisien (Very efficient)
Nitrat/Nitrate (mg/L)	9.3	10.2	63.93	70.6	Efisien (Efficient)
Total N (mg/L)	58.5	2.8	92.08	96.8	Sangat efisien (Very efficient)
Fosfat/Phosphate (mg/L)	59.8	43.4	78.74	95.2	Sangat efisien (Very efficient)
BOD ₅ (mg/L)	34.34	16.29	34.64	64.1	Efisien (Efficient)

sebesar 19,54 mg/L di inlet IPAL menurun menjadi 7,02 mg/L di outlet IPAL (Tabel 4) dengan tingkat efektivitas IPAL mencapai 64,07% (Tabel 4).

Kandungan bakteri TPC di petak ekualisasi berkisar 3.000-107.000 (36.316 ± 31.342 cfu/mL) dan TBV antara 724-2.540 (781 ± 1.769 cfu/mL). Keberadaan bakteri di IPAL berasal dari buangan air limbah petak pemeliharaan udang. Perlakuan penambahan bakteri pengurai terhadap air limbah di IPAL perlu dipertimbangkan mengingat jumlah bakteri TPC telah mencapai 10^4 cfu/mL. Oleh karena itu, perbaikan rasio C/N dengan penambahan sumber karbon diduga dapat memacu proses nitrifikasi sehingga nitrat yang terbentuk akan cepat dimanfaatkan oleh fitoplankton yang pada akhirnya dapat menurunkan beban limbah N berada pada batas ambang yang dipersyaratkan.

Hasil uji hayati menunjukkan bahwa organisme uji berupa benur vaname PL-10, nener ($3,13 \pm 1,38$ g/ekor), benih nila ($0,25 \pm 0,03$ g/ekor), dan benih mujair ($0,96 \pm 0,15$ g/ekor) masih dapat hidup normal pada media air buangan yang berasal dari kolam ekualisasi dengan sintasan 100% selama pemaparan 96 jam (Fahrur *et al.*, 2016). Hal ini dibuktikan di lapangan dengan tumbuh kembangnya ikan mujair, udang vaname, dan jenis ikan lain, serta rumput laut sebagai hasil samping IPAL. Dengan demikian, air buangan tambak superintensif yang telah melewati IPAL dapat dinyatakan aman dibuang ke perairan dan layak bagi kehidupan organisme perairan lainnya.

Gracilaria sp. terbukti dapat mengasimilasi nitrogen terlarut yang ada di dalam air limbah budidaya udang sebanyak 6,5% (Troell *et al.*, 1999). Dalam skala

laboratorium, *G. verrucosa* mampu memindahkan sebanyak 94,5% nitrit; 91,4% nitrat; 99,3% amonia; dan 100% fosfat dari air buangan budidaya selama periode 20 hari. Rumput laut *G. gigas* dan *G. verrucosa* yang dipelihara di petak ekualisasi menunjukkan kualitas yang baik dengan kadar protein antara 13,91%-15,32%; dan kandungan agar 14,11%-17,00% (Tabel 5). Kandungan agar pada rumput laut yang dipelihara di IPAL lebih tinggi jika dibandingkan dengan *Gracilaria* sp. yang dipelihara di tambak (9,62%), hasil seleksi klon (8,70%) maupun hasil kultur jaringan (12,38%) (Mulyaningrum *et al.*, 2014). Pertumbuhan *G. verrucosa* di IPAL mencapai 4,21%/hari lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Trawanda *et al.* (2014) terhadap *G. verrucosa* hasil seleksi (1,55%/hari) dan kultur jaringan (1,41%/hari). Rumput laut cukup potensial untuk menyerap nutrisi (Songsangjinda, 2004; Devi & Gowri, 2007) sehingga dapat dimanfaatkan dalam budidaya terintegrasi dengan udang dan menjadi bagian dari perlakuan terhadap air buangan tambak.

Dampak negatif dari kegiatan budidaya ke lingkungan perairan telah terjadi di Thailand (Tookwinas, 1988), Vietnam (Anh *et al.*, 2010), Cina (Cao *et al.*, 2007), dan pengaduan masyarakat akibat dampak lingkungan yang bersumber dari aktivitas tambak udang di Indonesia terjadi di Buleleng (Bali), Tulungagung (Jawa Timur), Bantul (Yogyakarta), Bima (Nusa Tenggara Barat), Bengkulu, Pesawaran (Lampung) (Wibowo, 2017), meskipun keberadaannya hanya sebagian kecil dari pencemaran yang bersumber dari kegiatan di daratan. Perencanaan yang benar dalam memanfaatkan limbah akuakultur untuk mengurangi masalah pencemaran perairan dapat dilakukan dengan mengambil manfaat dari nutrisi yang berada di limbah tersebut melalui pengembangan sistem budidaya

terpadu dengan komoditas yang berada pada tropik level yang lebih rendah seperti rumput laut, ikan herbivor, dan kekerangan, serta pemanfaatan kembali sebagai air baku pada sistem budidaya resirkulasi. Sedimen TSI yang terbentuk terbukti dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik (Suwoyo *et al.*, 2016a) dan dapat diaplikasikan untuk pemupukan tambak udang dan ikan ekstensif (Suwoyo *et al.*, 2016b), bahkan di Thailand telah dimanfaatkan sebagai pupuk organik komersial (Latt, 2002). Lumpur yang dihasilkan dari tambak udang dapat juga digunakan sebagai media untuk menghasilkan tepung bioflok (Neto *et al.*, 2015).

Berdasarkan evaluasi desain dan kinerja IPAL tambak superintensif, maka diketahui IPAL-TSI di Instalasi Tambak Percobaan Punaga dapat diaplikasikan sebagai piranti unit pengolah air buangan TSI dalam upaya meminimalkan dampak negatif bagi beroperasinya TSI di kawasan pesisir. Informasi rasio volume IPAL dan total volume air media budidaya minimal 30:70 dengan waktu tinggal limbah di IPAL minimal lima hari, dapat dijadikan acuan bagi penyusunan bahan kebijakan dalam pembuatan regulasi pengembangan TSI yang keberlanjutan. Strategi pengembangan budidaya udang secara berkelanjutan diarahkan pada upaya perlindungan manfaat lingkungan melalui pengaturan padat penebaran dan beban limbah sesuai daya dukung lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

IPAL tambak superintensif di ITP Punaga mampu menopang beroperasinya 12 unit tambak superintensif @ 1.000 m² dengan asumsi jumlah volume beban

Tabel 5. Komposisi proksimat rumput laut yang dipelihara di petak penampungan IPAL

Table 5. Proximate composition of seaweed cultivated in the equalization pond of WTP

Parameter (Parameters)	<i>G. gigas</i>	<i>G. verrucosa</i>
Kadar abu (Ash content) (%)	49.39	52.74
Kadar air (Moisture) (%)	2.48	3.11
Lemak kasar (Crude fat) (%)	0.23	0.25
Protein kasar (Crude protein) (%)	15.32	13.91
Serat kasar (Crude fibre) (%)	14.32	11.77
Total N (Total N) (%)	2.45	2.23
Kandungan agar (Agar content) (%)	17.00	14.11
Pertumbuhan (%/hari) / Daily growth (%/day)	nd	4.21 ± 0.87

Keterangan (Note): nd: tidak ada data (no data)

limbah sebesar 1.200 m³/hari (5% dari total volume media air tambak) dengan laju alir 20 m³/menit dan waktu tinggal limbah di dalam IPAL minimal lima hari. Rasio volume IPAL dengan volume air media budidaya tambak superintensif minimal 30:70. Efektivitas kinerja IPAL untuk parameter kunci air limbah (TSS, total N, fosfat) dikategorikan sangat efisien. Sementara BOD₅ dikategorikan efisien dan BOT cukup efisien. Kinerja IPAL tambak superintensif menghasilkan kualitas air limbah yang memenuhi persyaratan standar air buangan limbah tambak sehingga layak dibuang ke badan air penerima beban limbah.

Saran

Pemeliharaan kolam sedimentasi perlu dilakukan secara berkala dengan memindahkan endapan sedimen menggunakan pompa lumpur. Aplikasi alat bantu aerasi dasar kolam perlu diuji pada kolam aerasi di IPAL untuk mempercepat proses pengudaraan dan pelarutan oksigen terlarut dalam menopang proses dekomposisi bahan organik air limbah. Untuk meningkatkan kinerja petak aerasi-2, maka dapat ditambahkan substrat berupa batu gunung, kerikil, kulit kerang, pecahan karang, dan *bioball*, berfungsi memacu proses nitrifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Sdr. Sapar, Ilham, Hamzah, Ahmadirrahman, Eko Apriliyanto, dan Fuad Ahmad sebagai teknisi lapangan dan analis di laboratorium air, nutrisi, dan patologi yang telah membantu kelancaran penelitian ini. Penelitian ini dibiayai oleh APBN melalui DIPA 2016 Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros

DAFTAR ACUAN

Anh, P.T., Kroeze, C., Bush, S.R., & Mol, A.P.J. (2010). Water pollution by intensive brackishwater shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Aquaculture Water Management*, 97, 872-882.

Atjo, H. (2014). Budidaya udang vaname supra intensif Indonesia. Shrimp Club Indonesia Sulawesi. 4 hlm.

Attasat, S., Wanichpongpan, P., & Ruenglertpanyakul, W. (2013). Design of integrated aquaculture of Pacific white shrimp, tilapia and green mussel. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 4, 9-14.

Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, Z., Xiong, S., & Diana, J. (2007). Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. *Env. Sci. Pollut. Res.*, 14(7), 452-462.

Castine, S.A., McKinnon, A.D., Paul, N.A., Trott, L.A., & de Nys, R. (2013). Wastewater treatment for land-based aquaculture: improvements and value-adding alternatives in model systems from Australia. *Aquaculture Environment Interactions*, 4, 285-300. doi: 10.3354/aei00088.

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270, 1-14. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.05.006.

de Azevedo, R.V., Tonini, W.C.T., dos Santos, M.J.M., & Braga, L.G.T. (2015). Biofiltration, growth and body composition of oyster *Crassostrea rhizophore* in effluents from shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Revista Ciencia Agronomica*, 46(1), 193-203.

Devi, R.P. & Gowri, V.S. (2007). Biological treatment of aquaculture discharge waters by seaweeds. *J. of Industrial Pollution Control*, 23(1), 135-140.

Divya, M., Aanand, S., Srinivasan, A., & Ahilan, B. (2015). Bioremediation-An eco-friendly tool for effluent treatment: A Review. *International Journal of Applied Research*, 1(12), 530-537.

Fahrur, M., Undu, M.C., & Syah, R. (2016). Performa instalasi pengolah air limbah tambak udang vaname superintensif. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, hlm. 285-293.

Fahrur, M., Makmur, & Undu, M.C. (2015). Karakteristik air buangan limbah budidaya udang vaname superintensif. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, hlm. 1015-1026.

Hochheimer, J.N. (2003). Aquacultural effluent: Overview of EPA'S guidelines and standards. In Summerfelt, R.C. & Clayton, R.D. (Eds). *Proceedings of The North Central Regional Aquaculture Center*, p. 20-26.

Hongsheng, Y., Ying, L., Kui, Y., & Shilin, L. (2008). Design and performance of superintensive shrimp culture system. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.

Jegatheesan, V., Zeng, C., Manicom, C., & Steicke, C. (2006). Technological advances in aquaculture farms for minimal effluent discharge to oceans. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-10. doi: 10.1016/j.jclepro.2006.07.043.

Jones, A.B., Denisson, W.C., & Preson, N.P. (2011). Integrated treatment of shrimp effluent by sedimentation, oyster filtration and macroalgal absorption: a laboratory scale study. *Aquaculture*, 193(1-2), 155-178.

Krummenauer, D., Samocho, T., Poersch, L., Lara, G., & Wasielesky, Jr.W. (2014). The reuse of water on the culture of Pacific white shrimp *Litopenaeus*

- vannamei*, in BFT system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(1), February 2014. doi: 10.1111/jwas.12093.
- Latt, U.W. (2002). Shrimp pond waste management. *Aquaculture Asia*, 3, 11-16.
- Ministry of Natural Resources and Environment. (2007). Effluent Standar for Brackish Aquaculture. Published in the Royal Government Gazette, Vol. 124 Special Part 84D, date July 13, B.E. 2550.
- Mulyaningrum, S.R.H., Daud, R., & Suryati, E. (2014). Performa pertumbuhan dan kandungan agar bibit rumput laut *Gracilaria* sp. dari sumber berbeda yang dipelihara dengan sistem tebar di hapa. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan XI Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*. Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian UGM, Jilid 1, 299-305.
- Neto, H.S., Santaella, S.T., & Nunes, A.J.P. (2015). Bioavailability of crude protein and lipid from biofloc meals produced in an activated sludge systems for white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *R. Bras.Zootec.*, 44(8), 269-275.
- Preston, N.P., Jackson, C.J., Thompson, P., Austin, M., Burford, M.A., & Rothlisberg, P. (2001). Prawn farm effluent: composition, origin and treatment. Project No. 95/162. Fisheries Reaserach and Development Corporation, Cleveland, OH.
- Rahardjo, S., Suprihatin, Indrasti, N.S., Riani, E., Supriyadi, & Hardanu, W. (2015). Lahan basah buatan sebagai media pengolahan air limbah budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) bersalinitas rendah. *J. Manusia dan Lingkungan*, 22(2), 201-210.
- Songsangjinda, P. (2004). Integrated physical dan biological technologies for water recycling in shrimp farms. *In* Promotion of mangrove-friendly shrimp aquaculture in Southeast Asia (p. 36-49). Tigbauan, Iloilo, Philippines: Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Suwoyo, H.S., Fahrur, M., & Syah, R. (2016a). Potensi limbah padat tambak udang superintensif sebagai bahan baku pupuk organik. *Dalam* Yasir, I., Tresnati, J., Aslamiyah, S., Umar, M.T., & Firman (Eds.). *Prosiding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan III*, Universitas Hasanuddin. Makassar, hlm. 406-415.
- Suwoyo, H.S., Fahrur, M., Makmur, & Syah, R. (2016b). Pemanfaatan limbah tambak udang superintensif sebagai pupuk organik untuk pertumbuhan biomassa klekap dan nener bandeng. *Media Akuakultur*, 11(2), 97-110.
- Suwoyo, H.S., Tahe, S., & Fahrur, M. (2015). Karakterisasi limbah sedimen tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) superintensif dengan kepadatan berbeda. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2015*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya. Jakarta, hlm. 901-913.
- Syah, R., Makmur, & Fahrur, M. (2017). Budidaya udang vaname dengan padat penebaran tinggi. *Media Akuakultur*, 12(1), 19-26.
- Syah, R., Makmur, & Undu, M.C. (2014). Estimasi beban limbah nutrien pakan dan daya dukung kawasan pesisir untuk tambak udang vaname superintensif. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(3), 439-448.
- Syah, R., Suwoyo, H.S., Undu, M.C., & Makmur (2006). Pendugaan nutrient budget tambak intensif udang *Litopenaeus vannamei*. *Jurnal Riset Akuakultur*, 1(2), 181-202.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Metcalf, & Eddy (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. 3rd Ed. New York: McGraw-Hill, 1334 pp.
- Teichert-Coddington, D., Martinez, D., & Ramirez, R. (1995). Characterization of shrimp farm effluents in Honduras and chemical budget of selected nutrients. Thirteenth Annual Report. 1 September 1994 to 31 August 1995. Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA, 15 pp.
- Tookwinas, S. (1988). The environmental impact of marine shrimp farming effluents and carrying capacity estimation at Kung Krabaen bay, Eastern Thailand. *Asian Fisheries Science*, 11, 303-316.
- Trawanda, S.A., Rejeki, S., & Ariyati, R.W. (2014). Kuantitas dan kualitas rumput laut *Gracilaria* sp. bibit hasil seleksi dan kultur jaringan dengan budidaya metode *long line* di tambak. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(2), 150-158. Online: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jamt>.
- Troell, M., Ronnback, P., Halling, C., Kautsky, N., & Buschmann, A. (1999). Ecological engineering in aquaculture: use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture. *Journal of Applied Phycology*, 11, 89-97.
- Wibowo, A.H. (2017). Kebijakan pengendalian limbah tambak dengan IPAL communal. Direktorat Kawasan & Kesehatan Ikan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta, 17 hlm.