

KELIMPAHAN BAKTERI PENGHASIL SENYAWA AMONIUM DAN NITRIT PADA SEDIMEN TAMBAK SISTEM SEMI INTENSIF

Muhammad Badjoeri^a, Yuni Puji Hastuti^b,
Tri Widiyanto^a, & Iman Rusmana^c

^a *Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI*

^b *Fakultas Perikanan-IPB*

^c *Departemen Biologi-IPB*

Diterima redaksi : 26 April 2010, Disetujui redaksi : 27 Mei 2010

ABSTRAK

Sedimen salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas air tambak udang. Pada sedimen terjadi akumulasi dan perombakan bahan organik oleh bakteri. Kelimpahan dan aktivitas bakteri di sedimen berpengaruh terhadap konsentrasi senyawa toksik di tambak yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup dan pertumbuhan udang. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit dan amonium pada sedimen tambak udang sistem semi intensif, dan hubungannya dengan konsentrasi amonium, nitrit yang dihasilkan. Penelitian dilakukan di Tambak Pandu Karawang, DKP Karawang-Jawa Barat, pada Bulan April sampai September 2009. Sampel sedimen diambil pada 3 tambak semi intensif pada kedalaman berbeda, yaitu: 0-5 cm, 5-10 cm, dan 10-15 cm, yaitu pada tahap persiapan, 0 hari, 30 hari, 60 hari, 90 hari, 120 hari. Sampel diambil secara acak menggunakan core sampler. Analisis kelimpahan bakteri dengan metode MPN (Most Probable Number). Kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit terbanyak pada sedimen berumur 120 hari di kedalaman 0 – 5 cm, yaitu sebanyak 9×10^{22} sel/g dan paling sedikit pada sedimen berumur 30 hari di kedalaman 10 – 15 cm, yaitu sebanyak $1,5 \times 10^6$ sel/g. Kelimpahan bakteri penghasil amonium terbanyak pada sedimen berumur 120 hari di kedalaman 10 – 15 cm, yaitu sebesar $1,2 \times 10^{20}$ sel/g dan paling sedikit pada sedimen berumur 0 hari di kedalaman 0 – 5 cm, yaitu sebanyak $4,3 \times 10^3$ sel/g. Terlihat adanya korelasi positif antara kelimpahan bakteri dengan konsentrasi amonia dan nitrit yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan kelimpahan bakteri berpengaruh terhadap proses perombakan bahan organik dan senyawa nitrit dan amonium yang dihasilkan pada sedimen tambak.

Kata kunci : Kelimpahan, bakteri penghasil amonia, bakteri penghasil nitrit, sedimen, tambak semi intensif.

ABSTRACT

THE ABUNDANCE OF AMMONIUM AND NITRITE PRODUCING BACTERIA IN SEDIMENTS OF SEMI-INTENSIVE SHRIMP PONDS. *Pond sediment is one of the important factors that influence water quality. In the sediment, the accumulation and transformation of organic materials by various groups of bacteria take place. The abundance and bacterial activity in the sediment of shrimp ponds will affect the concentration of toxic compounds in the water bodies and eventually would affect the survival and growth of farmed shrimp. This study aims to determine the abundance of nitrite and ammonium-producing bacteria in the sediments of semi-intensive shrimp farming systems, and its relationship with the concentration of ammonium and nitrite produced. The research was conducted from April to September 2009 at The Inti Pandu Karawang Ponds, Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Karawang, West Java. Sediment sampling was performed from three ponds with different depth: 0-5 cm, 5-10 cm, and 10-15 cm at the time of preparation, 0 day, 30 days, 60 days, 90 days and 120 days. Samples were taken randomly using a "core sampler." Analysis of the bacterial abundance was done using MPN method (Most Probable Number). The most abundance of nitrite-producing bacteria was found in the sediment of 120 days at the depth of 0-5 cm (9×10^{22} cells/g) and at least was in the sediment of 30 days at the depth of 10-15 cm (1.5×10^6 cells/g). The most abundance of ammonium-producing bacteria was found in the*

sediment of 120 days at the depth of 10-15 cm (1.2×10^{20} cells/g) and the least was in the sediment of 0 day-old at depths of 0-5 cm (4.3×10^5 cells/g). There is a positive correlation between the bacterial populations and the total ammonia and nitrite compounds. This shows that the bacterial abundance affects the transformation process of organic materials and the amount of nitrite and ammonium produced in the sediment.

Key words : Abundance, ammonia-producing bacteria, nitrite-producing bacteria, sediment, semi-intensive ponds.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumberdaya alam yang potensial untuk menggerakkan roda perekonomian terutama melalui sektor kelautan dan perikanan. Dahuri (2004) mengemukakan bahwa data potensi luas lahan tambak di Indonesia mencapai 913.000 Ha dan yang dapat dimanfaatkan baru sekitar 40% atau seluas 344.759 Ha. Cholik *et al.* (2005) mengatakan bahwa kontribusi produk perikanan yang berasal dari tambak udang cukup tinggi, yaitu mencapai 38% dari hasil produk budidaya perikanan secara keseluruhan.

Udang dikategorikan sebagai produk unggulan karena hasil produksinya telah terbukti memiliki *backward* dan *forward linkage* yang cukup luas bagi aktifitas ekonomi masyarakat Indonesia. Kegiatan budidaya udang walaupun pemanfaatannya masih terbatas, namun permasalahan yang dihadapinya cukup kompleks dan memerlukan penanganan dari berbagai bidang disiplin ilmu. Permasalahan tersebut antara lain, menurunnya daya dukung lahan, menurunnya kualitas air dan sedimen tambak, serangan penyakit udang, ketersediaan teknologi yang menjamin kelangsungan dan kualitas produk, serta masalah-masalah sosial di sentra-sentra produksi. Menurunnya aktifitas usaha budidaya udang di beberapa sentra produksi beberapa tahun terakhir ini, telah membawa dampak yang signifikan bagi menurunnya pertumbuhan ekonomi masyarakat di beberapa kawasan budidaya tersebut (Dahuri, 2004).

Menurunnya kondisi kualitas air dan sedimen dasar tambak akibat meningkatnya

akumulasi bahan organik dan timbulnya senyawa toksik seperti amonium dan nitrit merupakan salah satu faktor penyebab penurunan produksi udang. Garno (2004) mengemukakan bahwa akumulasi bahan organik pada sistem tambak udang sudah dapat dideteksi sejak awal masuknya pakan buatan (pelet) ke dalam sistem tambak tersebut, dan kegagalan budidaya udang lebih diakibatkan oleh pencemaran organik yang terakumulasi di sedimen tambak dari pada akibat pencemaran yang berasal dari luar sistem tambak. Menurut Sabar dan Widiyanto (1998), peningkatan bahan organik pada tambak semi intensif terjadi mulai hari ke 60, dimana pada awal operasional konsentrasi bahan organik pada sedimen tambak sebesar 41,0 mg/L dan setelah 60 hari operasional konsentrasinya meningkat menjadi 140 mg/L, yang terdiri dari unsur nitrogen, fosfat, dan sulfur.

Meningkatnya konsentrasi senyawa toksik amonium dan nitrit di tambak merupakan faktor penghambat dalam budidaya udang. Senyawa-senyawa toksik tersebut diproduksi oleh aktifitas mikroba dan hasil ekskresi udang yang dibudidayakan. Amonia dihasilkan oleh bakteri amonifikasi dan senyawa nitrit diproduksi dari proses reduksi nitrat oleh bakteri denitrifikasi. Nitrit juga berupa senyawa *intermediat* dari proses nitrifikasi. Senyawa amonium dan nitrit bersifat toksik bila konsentrasinya sudah melebihi batas ambang.

Hampir 90% sumber protein pada perairan tambak berasal dari pelet, dimana 22% dikonversi menjadi biomassa udang, 7% dimanfaatkan oleh aktifitas mikroorganisme, 14% terakumulasi pada sedimen dan 57% tersuspensi di air tambak

(Jackson *et al.*, 2003). Konsentrasi senyawa toksik di tambak udang umumnya menunjukkan peningkatan pada hari ke 15 setelah udang ditebar, yaitu untuk amonium di sedimen mencapai 500 μM , total nitrat dan nitrit mencapai 15 μM . Sedangkan konsentrasi nitrogen organik terlarut pada hari ke tiga sudah mencapai sekitar 100 – 120 μM (Burford *et al.*, 2002).

Meningkatnya konsentrasi amonium bersifat toksik pada system tambak udang, walaupun mekanisme toksisitasnya belum diketahui dengan jelas akan tetapi terlihat keterkaitan antara jumlah amonia dan aktifitas fisiologis udang, yaitu terjadi peningkatan konsentrasi amonia pada jaringan dan darah (Schewedler *et al.*, 1985). Sedangkan senyawa nitrit bersifat toksik dan akan menghambat proses pengikatan oksigen oleh hemoglobin di dalam darah. Apabila senyawa nitrit diikat oleh darah akan terbentuk *methemoglobin* ($\text{Hb} + \text{NO}_2 = \text{Met-Hb}$), dan darah yang mengandung *Met-Hb* berwarna coklat (*brown blood diseases*) (Boyd, 1990).

Upaya untuk mengatasi permasalahan akumulasi bahan organik dalam sistem budidaya udang melalui pendekatan bioremediasi perlu dilakukan baik di kolom air maupun di sedimen tambak. Oleh karena itu data dan informasi kualitas air dan sedimen pada sistem tambak sangat diperlukan, terutama profil vertikal sedimen yang meliputi aspek mikrobiologis, fisika, dan kimia yang berkaitan dengan akumulasi senyawa-senyawa toksik. Kajian mengenai sedimen tambak ini penting dilakukan karena penelitian mengenai hal ini masih jarang dilakukan, khususnya untuk tambak-tambak udang di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit dan amonium yang terdapat pada sedimen tambak udang semi intensif, serta hubungannya dengan konsentrasi amonium dan nitrit yang dihasilkan baik yang terakumulasi pada sedimen maupun kolom air. Hasil penelitian ini diharapkan

dapat menjadi model untuk perbaikan sistem budidaya udang yang berkelanjutan dengan mempertimbangkan perbaikan kondisi mikrobiologis, fisik, dan kimia sedimen dasar tambak.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan April - September 2009 di Tambak Pandu Inti Rakyat (TIR) Departemen Kelautan dan Perikanan, Karawang, Jawa Barat. Luas tambak 5.000 m^2 , dengan pengelolaan tambak sistem semi intensif untuk udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*). Analisa kelimpahan bakteri serta parameter kimia dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Puslit Limnologi, LIPI, Cibinong - Bogor.

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 5 kali, yaitu setiap bulan selama empat bulan dan 1 kali pada waktu persiapan tambak, 1 minggu sebelum tanam. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan *sampling core* berbahan akrilik (Hidayat, 1978) sepanjang 20 cm dan berdiameter 5 cm. Pengambilan sampel dilakukan di daerah inlet dan outlet pada tiga tambak sistem semi intensif dengan tiga strata kedalaman sedimen yaitu: 0-5 cm, 5-10 cm, dan 10-15 cm. Sampel air diambil secara langsung pada tiga tambak sebanyak 250 mL dengan menggunakan botol sampel steril. Sampel sedimen dan air yang telah diambil kemudian ditutup rapat dan disimpan dalam *cooling box* (suhu ± 4 $^{\circ}\text{C}$).

Kelimpahan populasi bakteri penghasil senyawa nitrit dan amonium dianalisis dengan menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) pada medium pertumbuhan bakteri yang spesifik. Komposisi medium yang digunakan: 0,9 g Na_2HPO_4 , 0,2 g KH_2PO_4 , 0,1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,005 g $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,0184 g $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,25 g yeast ekstrak, 5 g glukosa, dan 2 g NaCl dengan penambahan 1 g NaNO_3 untuk bakteri penghasil nitrit (*denitrifying bacteria*) dan 5 g pepton untuk bakteri penghasil amonium (*amonifying*

bacteria) dalam 1 liter akuades. Inkubasi dilakukan dalam kondisi anaerob. Kondisi anaerob dibuat dengan metode *Oxygen-Free Nitrogen* (OFN), yaitu dengan mengalirkan gas N₂ ke dalam tabung yang berisi medium pertumbuhan menggunakan *syringe* steril selama 3 menit.

Sebanyak 1 gram sedimen dihomogenkan dengan larutan fisiologis 9 ml menggunakan *vortex* selama 20 menit. Sampel kemudian dibuat 3 seri pengenceran dan masing-masing dibuat sebanyak 3 kali ulangan. Sebanyak 1 ml sampel dari masing-masing pengenceran dimasukkan ke dalam 9 ml medium pertumbuhan bakteri denitrifikasi dan amonifikasi menggunakan *syringe* steril, kemudian diinkubasi selama 24 jam. Kelimpahan bakteri penghasil nitrit ditunjukkan oleh terdeteksinya senyawa nitrit dan kelimpahan bakteri penghasil amonium ditunjukkan oleh terdeteksinya senyawa amonium pada medium pertumbuhan. Deteksi senyawa nitrit dan amonium berdasarkan metoda Greenberg *et al.*, (1992).

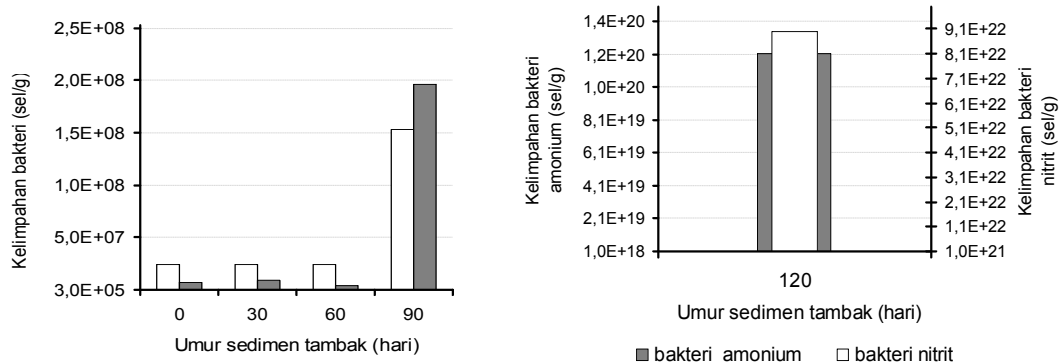
Analisis senyawa amonium dan nitrit sedimen (*pore water*). Sedimen di sentrifugasi menggunakan tabung sentrifuge 45 ml dengan kecepatan 5000 g RCF selama 30 menit pada suhu 4⁰C. Supernatan didekantasi dan disentrifugasi ulang pada 2000 g RCF selama 30 menit. Supernatan dipisahkan dan disaring menggunakan kertas saring *Whatman GF/C*

0,45 mikrometer, selanjutnya disimpan pada suhu 10 ⁰C. Analisa kadar nitrit dan amonium sedimen berdasarkan metoda Greenberg *at al.*, (1992).

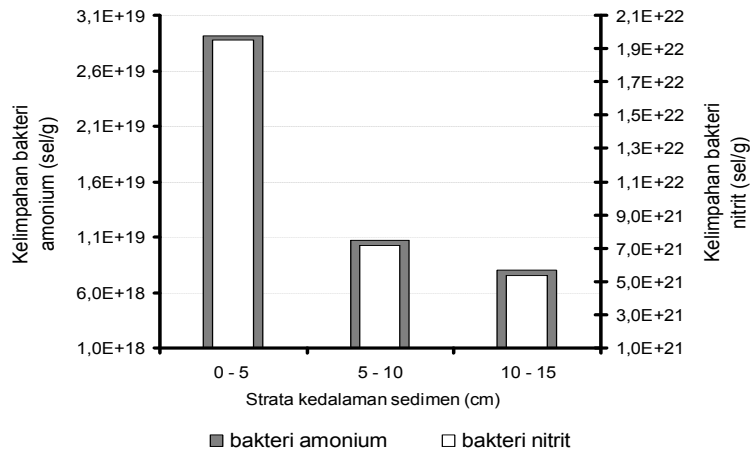
Pengukuran parameter fisika-kimia air dilakukan langsung di lapangan antara lain pH, suhu (⁰C), oksigen terlarut (mg/L), dan Salinitas (⁰/_∞) menggunakan alat *water quality checker* (WQC, Horiba-Japan), sedangkan nitrit (NO₂, mg/L), nitrat (NO₃, mg/L) dan Amonia (NH₄, mg/L) dianalisa di Laboratorium Mikrobiologi Puslit Limnologi LIPI dengan metoda spektrofotometri. Analisis Statistika yang digunakan analisis regresi berganda menggunakan program *SPSS ver. 12*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit (bakteri denitrifikasi) terbanyak ditemukan pada sedimen yang berumur 120 hari di kedalaman 0 – 5 cm, yaitu sebanyak 9 x 10²² sel/g dan paling sedikit ditemukan pada sedimen yang berumur 30 hari di kedalaman 10 – 15 cm, yaitu sebanyak 1,5 x 10⁶ sel/g. Kelimpahan bakteri penghasil amonium (bakteri amonifikasi) terbanyak sebesar 1,2 x 10²⁰ sel/g, yaitu pada sedimen yang berumur 120 hari di kedalaman 10 – 15 cm dan paling sedikit, sebanyak 4,3 x 10⁵ sel/g, ditemukan pada sedimen yang berumur 0 hari di kedalaman 0 – 5 cm (Gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Kelimpahan Populasi Bakteri Penghasil Nitrit dan Amonium pada Sedimen Tambak Semi Intensif selama 120 Hari Pemeliharaan Udang.

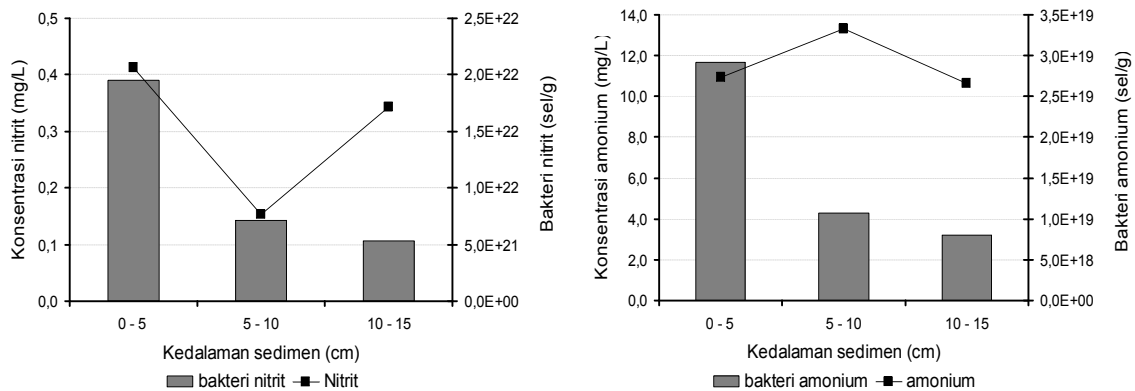


Gambar 2. Kelimpahan Rata-rata Populasi Bakteri Penghasil Nitrit dan Amonium pada Lapisan Sedimen Tambak Semi Intensif.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri denitrifikasi dan amonifikasi di lapisan sedimen tambak sangat berfluktuatif. Lapisan sedimen (kedalaman 0 – 15 cm) diduga merupakan habitat yang sesuai bagi pertumbuhan bakteri, karena akumulasi nutrisi organik di sedimen adalah sumber energi bakteri. Menurut Niewolak (1963 dalam Rheiheimer, 1985) bakteri denitrifikasi sangat aktif pada lapisan permukaan sedimen, bahkan pada sedimen laut sampai kedalaman 1 – 2 m masih ditemukan bakteri denitrifikasi (dari jenis *Pseudomonas*), sedangkan bakteri amonifikasi aktif di kolom air maupun di sedimen untuk

melakukan perombakan nitrogen organik dengan hasil akhir dilepaskannya amonia.

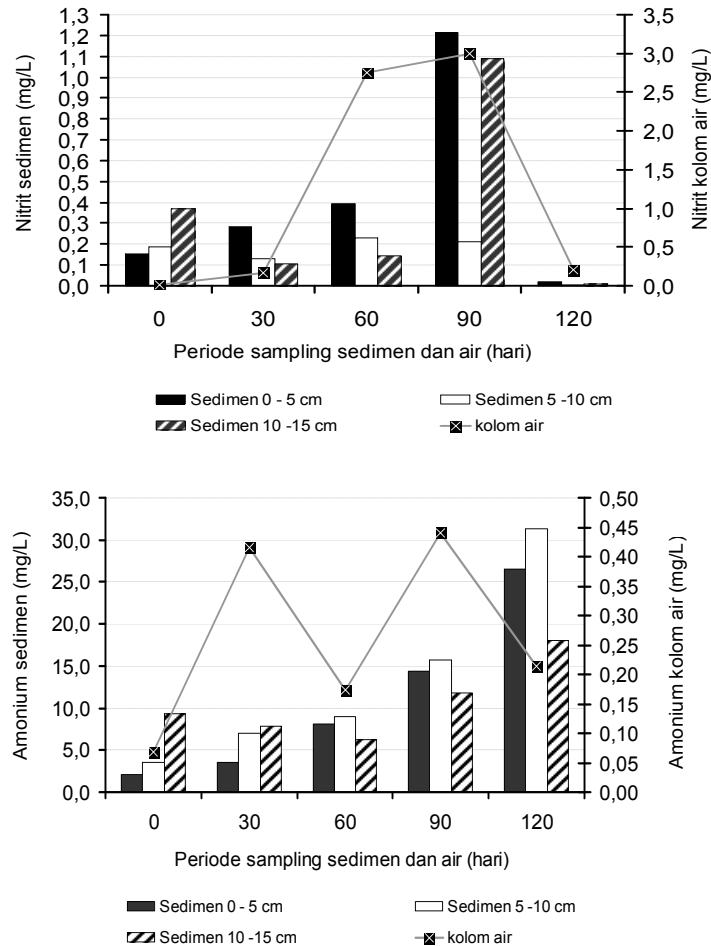
Secara keseluruhan terlihat kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit (bakteri denitrifikasi) berkorelasi positif dan berpengaruh nyata terhadap konsentrasi nitrit yang terakumulasi di sedimen ($p_{\alpha 0,05} = 0,0615$, $R^2 = 0,94$), dan kelimpahan bakteri penghasil amonium (bakteri amonifikasi) menunjukkan pengaruh nyata terhadap konsentrasi amonium yang terakumulasi di sedimen ($p_{\alpha 0,05} = 0,0044$, $R^2 = 0,99$). Kondisi ini menunjukkan bahwa kelimpahan bakteri menentukan proses perombakan senyawa organik dalam memproduksi senyawa nitrit dan amonium di sedimen tambak (Gambar 3).



Gambar 3. Kelimpahan Bakteri Penghasil Senyawa Toksik dan Konsentrasi Nitrit dan Amonium yang Terakumulasi pada Kedalaman Sedimen 0 – 15 cm

Senyawa nitrit dan amonium yang terakumulasi di sedimen (*pore water*) tambak memperlihatkan nilai konsentrasi yang berbeda pada tiap kedalaman sedimen (Gambar 4).

korelasi positif dengan nitrit yang terlarut di kolom air ($p_{\alpha,0,05} = 0,0637$, $R^2 = 0,94$). Konsentrasi amonium yang terakumulasi di setiap kedalaman sedimen juga menunjukkan korelasi positif dengan amonium yang



Gambar 4. Konsentrasi Nitrit dan Amonium yang Terakumulasi di Sedimen dan Kolom Air pada Tambak Udang Semi-intensif

Konsentrasi nitrit tertinggi ditemukan di lapisan sedimen 0 -5 cm pada umur 90 hari (1,22 mg/L) dan terendah pada lapisan sedimen 5 – 10 cm pada umur 120 hari (0,007 mg/L). Konsentrasi amonium tertinggi ditemukan pada lapisan sedimen 5-10 cm pada umur 120 hari (31,33 mg/L) dan terendah pada lapisan sedimen 0 -5 cm pada umur 0 hari (2,13 mg/L). Secara keseluruhan konsentrasi senyawa nitrit yang terakumulasi di setiap kedalaman sedimen menunjukkan

terlarut di kolom air ($p_{\alpha,0,05} = 0,5444$, $R^2 = 0,4$).

Konsentrasi senyawa nitrit di kolom air terlihat lebih tinggi (0,011 - 3,003 mg/L) dibandingkan konsentrasi nitrit di sedimen (0,007 – 0,368 mg/L). Kondisi ini diperkirakan karena terjadinya pelepasan senyawa nitrit dari sedimen ke kolom air. Menurut Kaspar (1983), Gould and Mc. Cready (1982), dan Jorgensen (1989) proses reduksi nitrat oleh bakteri denitrifikasi di

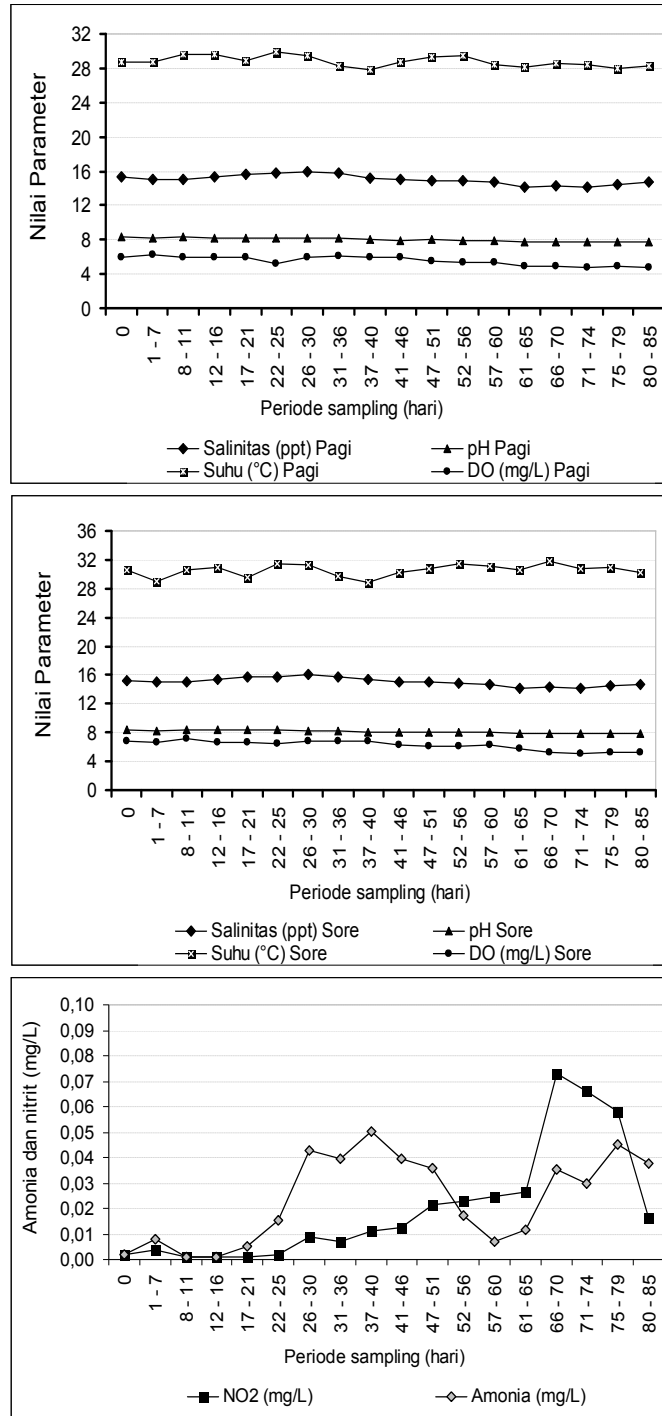
sedimen laut kapasitasnya mencapai 38 - 95%. Sedangkan konsentrasi senyawa amonium di kolom air relatif lebih rendah (0,087 – 0,441 mg/L) bila dibandingkan dengan ammonium yang terakumulasi di sedimen (2,130 – 31,330 mg/L). Hal ini dikarenakan kolom air merupakan area yang bersifat aerob di bandingkan bagian dasar tambak yang bersifat mikro aerofilik, sehingga amonium di kolom air akan dioksidasi menjadi senyawa nitrit dan nitrat oleh bakteri nitrifikasi (Atlas & Bartha, 1998). Pada tambak semi intensif akumulasi bahan organik di sedimen dapat terjadi secara signifikan, hal ini berhubungan dengan pakan yang diberikan untuk meningkatkan pertumbuhan udang sebagian besar akan mengendap di dasar tambak dan senyawa anorganik akan dilepaskan ke kolom air sebagai hasil dari dekomposisi sisa pakan (Boyd, 1992).

Kedalaman sedimen 0 - 5 cm merupakan area yang kontak langsung dengan kolom air, oleh karena itu apabila lapisan sedimen 0-5 cm mengandung senyawa toksik yang lebih besar daripada lapisan di bawahnya perlu diperhatikan dan diantisipasi karena lapisan ini merupakan area terjadinya perombakan senyawa organik yang aktif dan hasil perombakan akan dilepaskan langsung ke kolom air. Lapisan sedimen 0 - 5 cm juga area terakumulasinya bahan organik baik yang masih baru (sisa pakan) ataupun senyawa organik yang sudah lama tertimbun di dalamnya yang berasal dari sisa kegiatan budidaya sebelumnya. Biasanya sisa bahan

organik dari kegiatan sebelumnya berada pada kedalaman sedimen 5-10 cm atau kedalaman 10-15 cm. Lapisan sedimen permukaan 0-5 cm (*surface layer*) dapat melepaskan senyawa toksik dari timbunan sisa kegiatan di atasnya dan dari lapisan sedimen di bawahnya.

Konsentrasi nitrit dan amonium yang terakumulasi pada lapisan sedimen menunjukkan adanya korelasi positif dan signifikan ($p_{0,05} = 0,1454$, $R^2 = 0,92$). Hal ini menunjukkan bahwa, konsentrasi senyawa nitrit yang terakumulasi di sedimen diduga berasal dari senyawa amonium yang terurai menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi dan selanjutnya nitrat direduksi oleh bakteri penghasil senyawa nitrit (denitrifikasi).

Hasil pengukuran data pendukung fisika-kimia air di tambak semi intensif menunjukkan kondisi yang sesuai untuk aktivitas metabolisme bakteri dan pertumbuhan udang di tambak (Atlas & Bartha, 1998, dan Boyd, 1990), dan tidak terlihat adanya fluktuasi yang tinggi antara kondisi pagi dan sore hari (Gambar 5), yaitu pH 7,9 – 9,4), suhu 28,7 – 28,8 °C), oksigen terlarut (5,3 – 5,7 mg/L), salinitas (15,1 – 14,7 ppt), nitrit (0,001 - 0,073 mg/L) dan amonia (0,001 – 0,05 mg/L). Menurut Saleh *et al.* (1991) dan Boyd & Fast (1992) nilai parameter lingkungan di perairan tambak yang dianjurkan diantaranya salinitas 15 – 30 ppt, suhu 25 – 30 °C, pH air 7 – 9, oksigen terlarut 3,5 – 8 mg/L, amonia 0 - 0,25 mg/L dan nitrit 0 – 0,1 mg/L.



Gambar 5. Parameter Pendukung Fisika – Kimia di Perairan Tambak Udang Semi Intensif.

KESIMPULAN

Kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit dan amonium pada sedimen tambak udang semi intensif berfluktuatif dan

bervariasi pada setiap kedalaman yang berbeda. Secara keseluruhan menunjukkan bahwa kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit (bakteri denitrifikasi) dan amonium (bakteri amonifikasi) berpengaruh

terhadap konsentrasi nitrit dan amonium yang terakumulasi di sedimen dan kolom air. Kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit tertinggi terjadi pada umur tambak 120 hari pada kedalaman sedimen 0 – 5 cm, yaitu sebesar 9×10^{22} sel/gram sedimen, dan terendah pada umur tambak 30 hari, kedalaman sedimen 10 – 15 cm, yaitu sebesar $1,5 \times 10^6$ sel/gram sedimen. Sedangkan kelimpahan bakteri penghasil amonia tertinggi terjadi pada umur tambak 120 hari, kedalaman 10 – 15 cm, yaitu sebesar $1,2 \times 10^{20}$ sel/gram, dan terendah pada umur tambak 0 Hari, kedalaman 0 - 5 cm, yaitu sebesar $4,3 \times 10^5$ sel/gram. Kelimpahan bakteri penghasil amonia dan nitrit berkorelasi positif dengan konsentrasi amonia dan nitrit di sedimen dan kolom air tambak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Gadis Sri Haryani, selaku Kepala Puslit Limnologi yang telah memberikan dorongan moril dan materil demi kelancaran penelitian ini. Selain itu juga ucapan terima kasih kepada staf BKPI LIPI, yang telah memfasilitasi Program Insentif Peneliti dan Perakayasa Ristek. Tak lupa ucapan terima kasih kami sampaikan kepada: Ir. Widi Riyanto, Sekar Larashati, M.Si, Ir. Lena Novita, Adisti Juniar, Yayah Mardiaty, yang telah banyak membantu kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga kepada Institusi dan staf Tambak Pandu Karawang yang telah memberikan sarana dan prasarana tambak untuk lokasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Atlas, R. M., & R. Bartha, 1998, *Microbial Ecology Fundamentals and Application*. 4th ed. Benjamin/Cummings Science Publishing, California. 694 p.

- Boyd, C. E., 1990, *Water Quality in Ponds for Aquaculture*, Birmingham Publishing Co. Birmingham. 482 p.
- Boyd, C.E., & A.W. Fast, 1992, *Pond Monitoring and Management*. In: A.W. Fast and L.J. Lester (Eds.). *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, Elsevier Sci. Publ. Netherlands, p. 497-514.
- Burford, M.A., N.P. Preston, P.M. Glibert & W.C. Dennison, 2002, *Tracing the Fate of ¹⁵N-enriched Feed in an Intensive Shrimp System*, *Aquaculture*, 206 : 199 – 216
- Cholik, F., Ateng, G.J., R.P. Poernomo, & Akhmad, J., 2005, *Akuakultur Tumpuan Harapan Masa Depan Bangsa*, Masyarakat Perikanan Nusantara dengan Akuarium Air Tawar, Taman Mini Indonesia Indah.
- Dahuri, R., 2004, *Kebijakan Pembangunan Kelautan dan Perikanan Nasional*, Dalam Kaitannya Dengan Penataan Ruang Nasional dan Daerah, Rakerda BKTRN Pekanbaru 8 Maret 2004, Departemen Kelautan dan Perikanan RI.
- Garno, S.Y., 2004, *Bio-manipulasi. Paradigma Baru dalam Pengendalian Limbah Organik pada Budidaya Perikanan di Waduk dan Tambak*, Orasi Ilmiah Ahli Peneliti Utama, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, 58 hal.
- Greenberg, A.E., L.S. Clesceri, & A.D. Eaton, 1992, *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 18th Edition, Publication Office American Public Health Association, Washington DC.
- Gould, W. D., & R. G. L. Mc Cready, 1982, *Denitrification in Several Soils: Inhibition by Sulfur Anions*, *Can. J. Soil*, 62:333-342.
- Hidayat, 1978, *Methods of Soil Analysis*. Japan International Cooperation Research Agency (JICA), Joint Food Crop Research Program.

- Jackson, C., N.P. Preston, & M.A. Burford, 2003, Nitrogen Budget and Effluent Nitrogen Components at an Intensive Shrimp Farm, *Aquaculture*, 218: 397-411.
- Jorgensen, K.S., 1989, Annual of Denitrification and Nitrate Ammonifikacion in Estuarine Sediment, *Appl. Environ. Microbiol.* 55(7):1841-1847.
- Kaspar, H.F., 1983, Denitrification, Nitrate Reduction to Ammonium, and Inorganic Pools in Intertidal Sediments, *Mar. Biol.*, 74:133-139.
- Rheinheimer, G., 1985, *Aquatic Microbiology*, 3rd (ed.). John Wiley & Sons. Chichester, 257 p.
- Sabar, F., & T. Widiyanto, 1998, Profil Senyawa Karbon Organik pada Sistem Perairan Tambak Udang Windu, 1998, Hasil-hasil Penelitian Puslitbang Limnologi LIPI tahun 1997-1998, Pusat Penelitian dan Pengembangan Limnologi LIPI, Cibinong- Bogor.
- Saleh, B., Z. Arifin & D. Sulistinarto, 1991, Peningkatan Produksi Budidaya Udang Windu (P. Monodon Fab.) Semi Intensif, Indonesian Fisheries Information System, Direktorat Jenderal Perikanan dan International Development Research Centre, 19 hal.
- Schewedler, T.E., C.S. Tucker, & M.H. Bealeu, 1985, Non-infectious diseases, In. TUCKER (Ed.). *Channel Catfish CSulture, Development in Aquaculture and Fisheries Science*, Vol. 15. Elsevier, New York, 249 pp.