

Profil tambak tradisional: tekstur tanah, total n-anorganik dan bakteri penghasilnya

Profiles of traditional farms: soil texture, total inorganic N and bacteria-producing estate

Yuni Puji Hastuti¹, Iman Rusmana², T Widiyanto³

¹ *Departemen Teknologi Manajemen Perikanan Budidaya, FPIK-IPB*

² *Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan IPA-IPB.*

³ *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*

**Email: yuni_ph2@yahoo.com*

ABSTRACT

Pond traditional system is the pond in still activity with a simple management system. This activity indicated by low technology and relatively low production level. Aquaculture activities in traditional pond not loss from nitrification and denitrification process, however this process is more low production rather than semiintensive and intensive system. This study aims to observe abundance of bacteria nitrification along with changes soil texture, and N-organic in the soil of traditional pond. Chemical and biological analyses were done using spectroscopy and Most Probable Number methods to determine the amount of nitrite and ammonium production of bacteria. Based of the result, each stratum traditional ponds have relatively similar abundance in nitrite producing bacteria of 7.08-7.47 Log CFU/g. Increasing abundance in ammonium producing bacteria was found in all stratum, range from 5.63 Log cfu/g to 8.12 Log cfu/g. From the first day of preparation, traditional ponds have a lot of nitrite and ammonium producing bacteria.

Keywords: traditional, pond, nitrification, abundance of bacteri.

ABSTRAK

Tambak sistem tradisional merupakan tambak yang dalam kegiatannya masih menggunakan sistem manajemen sederhana. Hal ini ditandai dengan penerapan teknologi sederhana, dan tingkat produksi relatif rendah. Kegiatan budidaya di tambak tradisional tidak akan terlepas dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, namun demikian proses ini relatif lebih rendah aktivasinya daripada tambak sistem semiintensif dan intensif. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit, amonium seiring dengan perubahan tekstur tanah, dan N-organik pada tanah tambak tradisional. Media pertumbuhan bakteri dikondisikan bebas oksigen (oxygen free nitrogen/OFN method), sedangkan kelimpahan bakteri dianalisis dengan rumus most probable number (MPN). Berdasarkan hasil, setiap strata tanah tambak tradisional memiliki jumlah bakteri penghasil nitrit yang relatif sama, yaitu antara 7,08-7,47 Log cfu/g. Peningkatan kelimpahan bakteri penghasil amonium terjadi pada semua strata, yaitu berkisar antara 5,63 Log cfu/g sampai dengan 8,12 Log cfu/g. Dari hari pertama persiapan, tambak tradisional telah memiliki kelimpahan bakteri penghasil nitrit dan amonium yang berlimpah.

Kata kunci: tradisional, tambak, nitrifikasi, kelimpahan bakteri.

PENDAHULUAN

Tambak sistem tradisional merupakan tambak yang dalam kegiatannya masih menggunakan sistem manajemen sederhana. Hal ini ditandai dengan penerapan teknologi belum sempurna dan produksi yang dicapai relatif masih rendah. Tambak sistem tradisional biasanya memiliki bentuk dan petakan yang tidak teratur. Kepadatan udang pada sistem tradisional dalam budidaya

udang sebaiknya di bawah 60 ekor/ha/musim (Amri, 2003). Luas petak yang dimiliki berkisar 3-10 hektar bahkan terkadang lebih. Biasanya, setiap petakan memiliki saluran keliling yang lebarnya 5-10 m. Oksigen dan pakan alami biasanya diperoleh dengan cara pemberian daun-daunan/tanaman di atas kolam, misalnya tanaman klekap.

Kegiatan budidaya di tambak tradisional tidak akan terlepas dari proses nitrifikasi dan denitrifikasi, namun demikian proses ini

relatif lebih rendah aktivitasnya daripada tambak sistem semiintensif dan intensif. Nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi yaitu proses pembentukan nitrit dan nitrat dari amonia. Proses nitrifikasi akan melibatkan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik yaitu kelompok bakteri yang terutama berperan dalam proses oksidasi amonia menjadi nitrit pada siklus nitrogen, juga pada proses penguraian nitrogen dalam sistem pengolahan limbah cair. Selain bakteri autotrofik, bakteri heterotrofik juga mampu mengoksidasi amonia atau nitrogen organik menjadi nitrit dan nitrat (Sylvia *et al.*, 1990).

Denitrifikasi merupakan proses utama pendegradasi senyawa nitrogen dalam kondisi tidak ada oksigen atau anaerob. Dalam proses denitrifikasi dihasilkan produk samping berupa N_2O yang termasuk dalam gas rumah kaca. Gas ini mampu memberikan kondisi pemanasan bumi dan kerusakan lapisan ozon di atmosfer (Cicerone 1989). Denitrifikasi merupakan konversi biologis senyawa nitrat (NO_3^-) menjadi nitrit (NO_2^-), nitrous oxide (N_2O) dan molekul nitrogen (N_2). Proses denitrifikasi dijalankan secara teratur dan bertahap oleh beberapa bakteri fakultatif anaerob (Pinar *et al.*, 1997).

Bakteri denitrifikasi menggunakan nitrat sebagai penerima elektron terakhir untuk memperoleh energy pada kondisi oksigen terbatas atau anaerob. Secara taksonomi dan ekologi, bakteri denitrifikasi tersebar dalam kelompok bakteri anaerob fakultatif dan anaerob obligat. Bakteri yang berperan dalam proses denitrifikasi termasuk dalam bakteri yang heterotrofik. Bakteri yang hidup dalam lingkungan estuary antara lain *Alteromonas*, *Pseudomonas*, *Erythrobacter*, *Alcaligenes*, dan *Aquaspirillum* (Zumft, 1997). Bakteri denitrifikasi lebih kompetitif apabila hidup dalam lingkungan dengan kadar oksigen yang rendah, tetapi terdapat juga beberapa proses denitrifikasi yang berlangsung secara aerobik (Zumft, 1997). Hal ini berkaitan dengan adanya sistem regulator sensor mikroorganisme anaerob fakultatif. Oleh karena itu bakteri ini memiliki kemampuan beradaptasi dari aerob ke kondisi anaerob demikian sebaliknya. Bakteri *Serratia liquifaciens* merupakan salah satu bakteri

tanah estuari yang termasuk dalam bakteri denitrifikasi fakultatif, bersifat kompetitif pada suhu rendah ($5-10^\circ C$) dan produksi gas N_2O lebih rendah dari suhu $20^\circ C$ (Rusmana, 2003).

Berdasarkan sumber karbonnya, bakteri denitrifikasi bersifat heterotrof yang memerlukan karbon organik seperti asam asetat, gliserol, dan glukosa untuk pertumbuhannya (Teixera & Olivera 2002). Karbon dibutuhkan sebagai donor elektron dalam kondisi yang rendah oksigen atau anaerob. Perbandingan antara sumber karbon sebagai *elektron donor* dan nitrat sebagai *elektron acceptor* sangat penting. Keberadaan sumber karbon sangat mempengaruhi bakteri-bakteri dalam melakukan proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Ketika kondisi perairan atau tanah tambak kaya nitrat namun miskin sumber karbon maka dominasi aktivitas kelompok bakteri denitrifikasi akan terlihat, sebaliknya, jika pada perairan dan tanah sumber karbon tinggi maka bakteri fermentatif akan lebih dominan. Kemampuan bakteri dalam memanfaatkan berbagai sumber karbon yang tersedia sangat berpengaruh terhadap kemampuan bakteri tersebut bertahan hidup dalam lingkungannya. Zumft (1997) menyatakan bahwa senyawa nitrit dapat terakumulasi sebagai hasil proses denitrifikasi sebagai akibat reduksi nitrat menjadi nitrit.

Derajat keasaman merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri pengoksidasi amonia (Esoy *et al.*, 1998). Nilai pH optimum untuk pertumbuhan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik berkisar dari 7,5 sampai 8,5 (Ratledge, 1994). Sedangkan bakteri yang bersifat heterotrofik lebih toleran pada lingkungan asam, dan tumbuh lebih cepat dengan hasil yang lebih tinggi pada kondisi dengan konsentrasi oksigen terlarut rendah (Zhao *et al.*, 1999).

Salah satu analisis tingkat kesuburan tambak adalah dengan mengkaji tanah tambak dari segi tekstur, kandungan C, N dan P pada lapisan tanah top soil (0-5 cm) dan subsoil (5-20 cm) (Hidayanto *et al.*, 2004). Setiap *profile* yang terbentuk, dipengaruhi oleh sistem dan manajemen kegiatan di atasnya. Tanah terdiri dari kandungan

nitrogen tinggi (bahan organik yang halus) serta nitrogen rendah (bahan organik kasar). Unsur nitrogen dapat membahayakan kondisi tambak yaitu apabila dalam tambak terdapat kandungan amonia (NH_3) dan nitrit (NO_2^-). Nitrogen dalam perairan dapat berupa molekul organik maupun campuran garam-garam inorganik yaitu nitrat nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit nitrogen ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) Chester (1990). Selain itu, nitrogen juga ada dalam lingkungan tambak berupa ammonia terionisasi (NH_4^+) yang bisa disebut sebagai ammonium. Namun amonium tidak berbahaya apabila kondisi perairan dibandingkan ammonia. Siklus dan keberadaan nitrogen (*nitrogen flow*), dipengaruhi oleh komposisi dan kelimpahan mikroba serta kecepatan tumbuhnya, daya serap tumbuhan yang di sekitarnya, temperatur, redoks potensial tanah, dan tekstur tanah (Alongi, 1998).

Terbatasnya penggunaan teknologi, tidak adanya pakan buatan serta minimnya bahan-bahan kimia yang digunakan dalam tambak sistem tradisional, diharapkan mampu memberikan gambaran sebenarnya tentang kondisi senyawa toksik nitrit dan ammonium serta bakteri penghasilnya dalam tanah tambak secara alami. Tambak tradisional merupakan wadah budidaya yang dalam pemeliharaan biotanya tidak melibatkan campur tangan manusia terlalu banyak, pakan dan sistem teknologinya masih sangat mengandalkan alam. Hal ini didukung dengan adanya kepadatan biota peliharaan yang lebih rendah dibanding dengan sistem tambak intensif maupun semi intensif.

Absennya pakan buatan dan teknologi lainnya yang lebih mengandalkan alam, diharapkan memberikan dampak lingkungan yang lebih aman. Sedangkan dampak lingkungan yang dihasilkan dari budidaya udang yang mengandalkan pakan buatan (intensif system) tidak akan terlepas dari unsur N sebagai bagian dari metabolisme hidupnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit, ammonium seiring dengan perubahan tekstur tanah dan N-anorganik (nitrit, nitrat dan ammonium) pada tanah tambak tradisional.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel tanah

Lokasi penelitian di Tambak Pandu Inti Rakyat Karawang. Analisis kelimpahan bakteri serta parameter kimia dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Puslit Limnologi, LIPI, Cibinong, Bogor. Sampel tanah tambak diambil dengan *sampling core* berbahan akrilik sepanjang 20 cm dan berdiameter 5 cm (Hidayat 1978). Titik pengambilan sampel adalah di daerah *inlet* dan *outlet* tambak tradisional dengan tiga kedalaman/ strata (0-5 cm, 5-10 cm dan 10-15 cm). Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel tanah dari daerah mangrove sebagai kontrolnya. Cara yang digunakan untuk mendapatkan sampel tanah tambak adalah pipa (PVC) dengan metode "Diagram sampel tanah ASIARESIST", yaitu *Analysis of Antimicrobial Resistance Associated with Asian Aquacultural Environments* (Somsiri *et al.* 2005). Selanjutnya, preparasi sampel disimpan pada suhu sekitar 4°C.

Persiapan media pertumbuhan bakteri

Bakteri penghasil senyawa nitrit (NO_2^-) dan amonium (NH_4^+) ditumbuhkan pada media cair yang memiliki komposisi 0,9 gr Na_2HPO_4 , 0,2 gr KH_2PO_4 , 0,1 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,005 gr $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 18,4 mg $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,25 gr Yeast Ekstrak, 5 gr Glukosa, 2 gr NaCl, 1000 ml Aquades, 1 gr NaNO_3 dan 5 gr Pepton. Media diambil menggunakan pipet dan kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 9 ml dan dikondisikan bebas oksigen (*oxygen free nitrogen/OFN method*).

Analisis biologi tanah

Analisis kelimpahan bakteri penghasil senyawa kimia amonium (NH_4^+) dan nitrit (NO_2^-) dilakukan dengan menggunakan pengenceran tiga seri *Most Probable Number* (MPN). Sampel tanah ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam 9 ml larutan fisiologis dalam tabung uji (*test tube*).

Pengenceran dilakukan dengan sistem bertingkat. Sebanyak 1 ml sampel dimasukkan ke dalam tabung berisi media yang telah disemprot dengan gas N_2 dengan

metode *Oxygen Free Nitrogen* (OFN) untuk mencapai kondisi anaerobik.

Sebanyak 1 gram tanah 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 dilakukan dengan metode Greenberg *et al.*, (1992). Kelimpahan bakteri dianalisis dengan rumus *most probable number* (MPN) sebagai berikut:

$$\text{Cell/ml} = \text{nilai tabel MPN} \times 1/\text{tabung ditengah}$$

Hasil cell/ml yang diperoleh dilogaritman menjadi *logaritma colony forming unit* (Log cfu/g) yang mengindikasikan bahwa 1 koloni bakteri dalam setiap gram sampel sama dengan satu cell bakteri.

Analisis kimia tanah

Air pori tanah dianalisis untuk mendapatkan nilai kuantitatif amonium dan nitrit di dalam tanah. Sampel tanah disentrifuge pada 8000 rpm selama 30 menit

pada suhu 4°C, supernatan didekantasi dan disentrifugasi ulang pada 8000 rpm selama 30 menit. Selanjutnya disaring dengan kertas saring ukuran 0,45 mikrometer, Whatman GF/C dan disimpan pada suhu 10°C. Analisis senyawa nitrit dan ammonium dilakukan menggunakan metode Greenberg *et al.* (1992).

Analisis fisika tanah (tekstur tanah)

Analisis tekstur tanah dilakukan berdasarkan pipet % kandungan debu, liat dan pasirnya. Kandungan persentase debu, liat maupun pasir kemudian dibaca dengan diagram tekstur tanah berdasar segitiga Millar (Brower *et al.*, 1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekstur tanah tambak

Hasil analisis tekstur tanah menunjukkan sampai pada hari ke-30 strata 0-5 cm memiliki tekstur yang sama yakni liat sangat halus. Hal tersebut berbeda dengan strata 5-10 dan 10-15 cm yang memiliki tekstur liat. Pada hari ke-60, terdapat perubahan tekstur pada strata 0-5 cm dari liat sangat halus menjadi liat. Hari ke-90 sampai 120 tidak dilakukan pengambilan sampel, karena pada hari ke-40 sampai dengan hari ke-60 terjadi kematian massal di seluruh petak tambak (Tabel 1).

Tabel 1. Tekstur tanah dan total N-anorganik.

Hari ke-	Strata kedalaman	Tekstur (pipet %)	Jumlah total N-anorganik (%)
0	0-5 cm	Berliat sangat halus	2.28
	5-10 cm	Liat	3.77
	10-15 cm	Liat	9.39
30	0-5 cm	Berliat sangat halus	8.51
	5-10 cm	Liat	0.22
	10-15 cm	Liat	0.15
60	0-5 cm	Liat	8.74
	5-10 cm	Liat	0.08
	10-15 cm	-	0.62

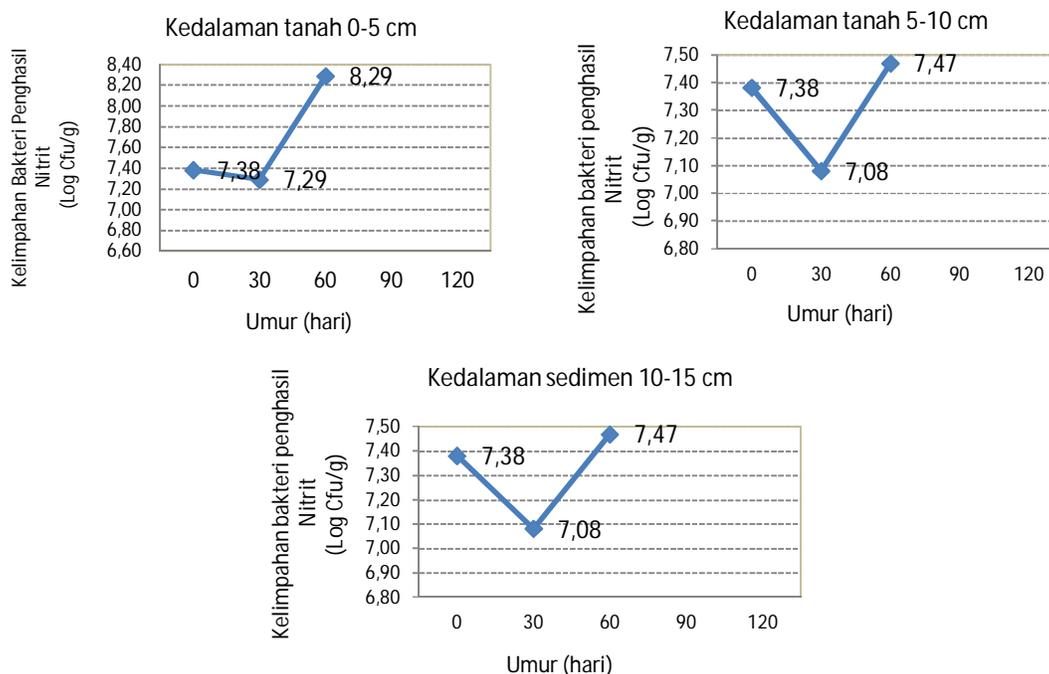
Kelimpahan bakteri penghasil senyawa nitrit dan amonium

Berdasarkan hasil kelimpahan bakteri penghasil nitrit dalam tanah, setiap strata tanah tambak tradisional memiliki jumlah bakteri yang relatif sama yaitu antara 7,08–7,47 Log Cfu/g (Tabel 1). Kelimpahan tertinggi terdapat pada strata 0-5 cm pada hari ke-60 (Gambar 1). Dilihat dari tekstur tanah, pada hari ke-60 strata I (kedalaman 0-5 cm) memiliki perubahan ukuran partikel tanah yaitu dari berliat sangat halus menjadi liat. Pada hari ke-0 sampai dengan hari ke-30, tekstur tanah strata I juga memiliki jenis yang sama yaitu berliat sangat halus. Namun pada hari ke-60 mengalami perubahan menjadi liat. Kondisi strata I berbeda dengan strata II (5-10 cm) dan strata III (10-15 cm). Strata II dan III cenderung memiliki tekstur dan kelimpahan bakteri yang sama (Tabel 1). Hasil metabolisme udang tidak akan terlepas dari munculnya unsur nitrogen dalam tambak. Kondisi ini akan memudahkan terjadinya aktivitas bakteri denitrifikasi pada lapisan atas tanah dan terdapat reaksi dekomposisi. Oleh karena itu strata I (0-5 cm) yang merupakan strata paling atas dan langsung berhubungan dengan aktivitas perairan, lebih memberikan dampak/

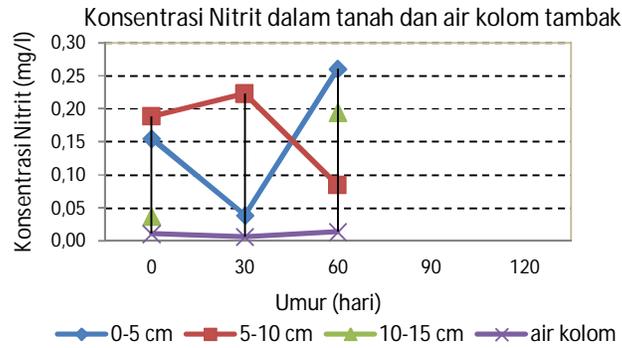
perubahan terhadap kualitas air di dalamnya (Gambar 2 dan Gambar 3). Strata 0-5 cm merupakan strata paling atas (top soil) yang secara langsung berhubungan dengan masuknya limbah budidaya dan suplai senyawa toksik ke dalam kolom air tambak (Hidayanto *et al.*, 2004).

Adanya bakteri penghasil senyawa nitrit pada hari ke-0 di dalam tanah diduga berasal dari endapan partikel yang terbawa sumber air atau simpanan tanah dasar tambak. Perubahan tekstur tanah dan kelimpahan bakteri penghasil nitrit seiring dengan bertambahnya hari disebabkan oleh bertambahnya sisa metabolisme dari biota budidaya (udang). Sisa metabolisme tersebut dimanfaatkan oleh mikroorganisme di dalamnya. Dekomposisi suatu bahan organik sangat berkaitan dengan kelimpahan mikroorganisme (Bostrom *et al.*, 2003)

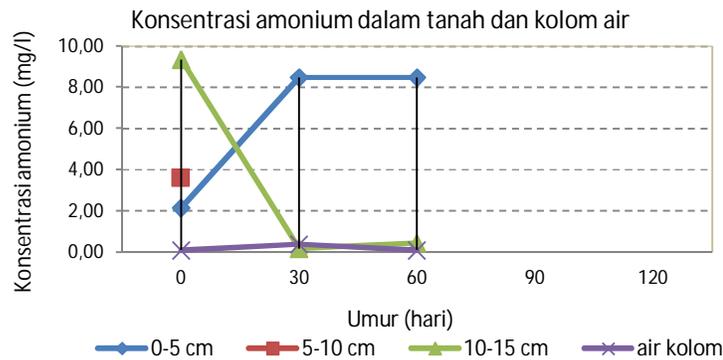
Kelimpahan bakteri penghasil nitrit juga ditunjukkan aktivitasnya dengan melihat konsentrasi nitrit yang ada. Seiring dengan bertambahnya umur udang, setiap kedalaman tanah memiliki konsentrasi nitrit yang berubah-ubah. Hal ini dimungkinkan karena semakin berkurangnya kandungan oksigen dalam tanah sehingga proses nitrifikasi semakin berkurang.



Gambar 1. Kelimpahan bakteri penghasil nitrit di tanah tambak udang tradisional pada kedalaman yang berbeda.



Gambar 3. Senyawa nitrit dalam air pori tanah pada tiap kedalaman dan kolom air.



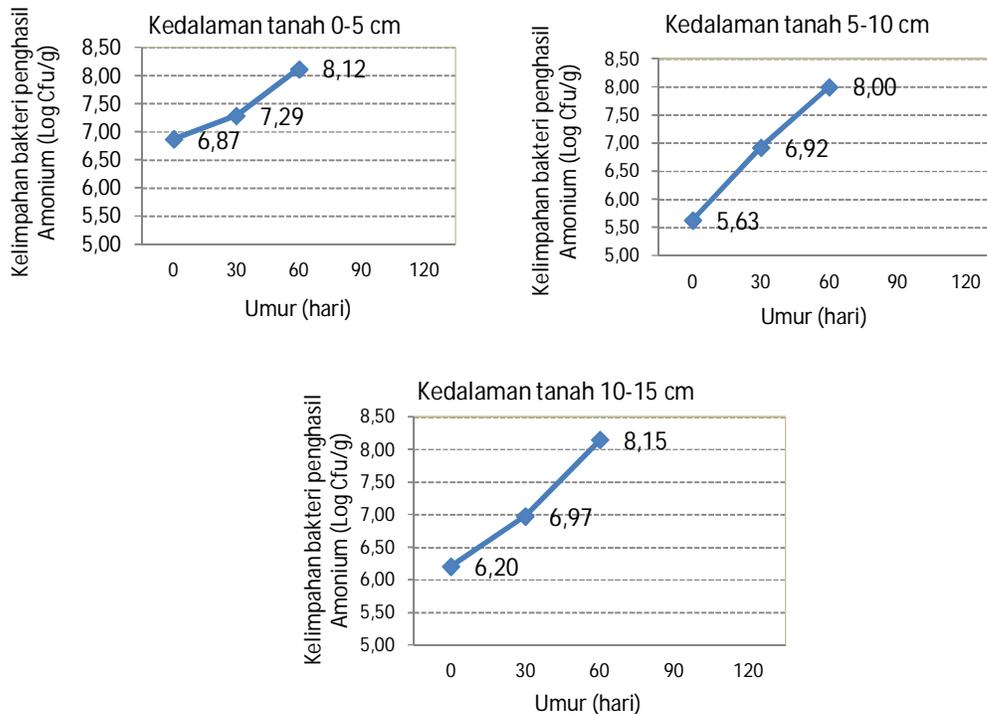
Gambar 4. Senyawa amonium dalam air pori tanah pada tiap kedalaman dan kolom air.

Hasil analisa juga menunjukkan bahwa, konsentrasi nitrit dikolom air terlihat lebih rendah dibanding konsentrasi nitrit di air pori tanah. Kondisi ini diduga karena terjadinya aktifitas bakteri nitrifikasi dalam kolom perairan dan aktifitas denitrifikasi dalam tanah. Kalaupun terjadi pelepasan nitrit dari tanah ke dalam kolom perairan, jumlahnya relatif sangat kecil. Nitrat yang dihasilkan dari proses nitrifikasi atau hasil perombakan bahan organik sisa pakan di reduksi oleh bakteri pereduksi nitrat dan dihasilkan nitrit (Boyd, 1990; Rheinheimer, 1985). Proses reduksi nitrat menjadi nitrit dipengaruhi oleh senyawa organik yang digunakan sebagai sumber karbon (Blaszczyk, 1993).

Berdasarkan hasil yang diperoleh, kelimpahan bakteri penghasil amonium dalam tanah berbanding lurus dengan umur udang (Gambar 4). Semakin bertambah umur udang, semakin meningkat pula jumlah bakteri penghasil amoniumnya. Peningkatan kelimpahan bakteri penghasil amonium terjadi pada semua strata, yaitu berkisar antara 5,63 Log Cfu/g sampai dengan 8,12 Log Cfu/g (Gambar 4). Diduga, dari awal

persiapan budidaya dalam dasar tambak sudah terakumulasi bakteri penghasil amonium yang mencapai 5,63 Log Cfu/g. Seiring dengan bertambahnya umur udang semakin banyak hasil metabolisme biota dan organisme di dalam tambak sehingga akibatnya semakin meningkat jumlah bakteri penghasil amoniumnya.

Apabila dibandingkan dengan konsentrasi amonium dalam tanah, peningkatan jumlah bakteri penghasil amonium setiap strata tidak diiringi peningkatan konsentrasi amoniumnya. Konsentrasi amonium dalam setiap strata tanah relatif tinggi. Konsentrasi amonium tertinggi terdapat pada hari ke-0 tanah dengan kedalaman 10-15 cm yaitu 9,36 mg/l. Namun demikian, semakin bertambah umur udang, semakin menurun konsentrasi amoniumnya. Hal ini diduga karena terdifusinya senyawa amonium dari lapisan 10-15 cm menuju lapisan di atasnya. Hal ini dimungkinkan, melihat konsentrasi amonium di lapisan 0-5 cm (lapisan tanah paling atas) semakin meningkat seiring bertambahnya umur udang (berbanding terbalik dengan lapisan 10-15 cm (lapisan bawah).



Gambar 4. Kelimpahan bakteri penghasil amonium di tanah tambak udang tradisional pada kedalaman yang berbeda.

Dibandingkan dengan kolom air, konsentrasi amonium dalam kolom air lebih rendah dibandingkan konsentrasi amonium dalam tanah. Namun demikian, semakin bertambahnya umur udang semakin menurun jumlah amonium dalam kolom air. Diduga, tingginya amonium di dalam tanah tidak terekspose ke dalam kolom air. Kalau ada senyawa amonium yang terekspose ke kolom perairan, langsung mengalami proses nitrifikasi menjadi nitrit ataupun nitrat. Dalam kondisi anaerob, kandungan nitrit dapat meningkat seiring dengan menurunnya tingkatan nitrat (Samuelson 1985) begitu pula pada kondisi sebaliknya. Proses nitrifikasi merupakan proses oksidasi yang sangat tergantung pada ketersediaan oksigen (Sinha *et al.*, 2007).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang ada dapat disimpulkan bahwa semakin bertambah umur udang tekstur dasar tambak mengalami perubahan akibat aktivitas biota di dalamnya. Kelimpahan bakteri penghasil senyawa toksik nitrit menunjukkan variasi yang tinggi dari setiap kedalaman (0-5 cm, 5-10 cm dan

10-15 cm). Sedangkan kelimpahan bakteri penghasil senyawa ammonium memiliki keragaman yang hampir sama pada tiap kedalaman. Setiap kelimpahan bakteri penghasil senyawa toksik dalam lapisan tanah memberikan pengaruh terhadap konsentrasi senyawa toksik dalam kolom air.

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi, D.M. 1998. Coastal Ecosystem Process. Boca Radon, Florida: CRC Press.
- Amri, K. 2003. Budidaya Udang Windu Secara Intensif. PT. Agro Media Pustaka. Tangerang. 98 Hal.
- Blaszczyk, M. 1993. Effect of medium composition on the denitrification of nitrate by *Paracoccus denitrificans*. *Appl. Environ. Microbiol.* 59(11), 3951-3953.
- Bostrom, B., Pettersson, K. 2003. Different pattern of phosphorus release from Lake Tanahts in laboratory experiments. *Hydrobiologia* 92, 415-429.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Co. Birmingham. 482 p.
- Brower, J., Zar, J., Ende von, C. 1990. Field and Laboratory Methods for General

- Ecology. Wm. C. Brown Publisher, Dubuque, Iowa.
- Chester R. 1990. Marine Geochemistry. London: UnWin Hyman Ltd.
- Cholik, F., Ateng, G.J., Poernomo, R.P., Akhmad, J. 2005. Akuakultur tumpuan harapan masa depan bangsa. Masyarakat Perikanan Nusantara dengan Akuarium Air Tawar. Taman Mini Indonesia Indah.
- Cicerone, R. 1989. Analysis of sources and sink of atmospheric nitrous oxide (N₂O). J. Geophysical Res. 94, 18265-18271.
- Esoy, A., Odegaard, H., Bentzen, G. 1998. The effect of sulphide and organic matter on the nitrification activity in biofilm process. Water Science Technology 37 (1), 115-122.
- Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., Eaton, A.D. 1992. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. Publication Office American Public Health Association, Washington DC.
- Hidayanto, Heru, W., Yossita, F. 2004. Analisis tanah tambak sebagai indikator tingkat kesuburan tambak. Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian 7 (2), 180-186.
- Hidayat. 1978. Methods of Soil Analysis. Japan International Cooperation Research Agency (JICA). Joint Food Crop Research Program.
- Pinar, Guadalupe, Duque, E., Haidour, A., Olivia, J.M., Sanchez-Barbero L., Calvo, V., Ramos, J.L. 1997. Removal of high concentrations of nitrate from industrial wastewater by bacteria. Applied and Environmental Microbiology 63, 2071-2073.
- Ratledge, C. 1994. Biochemistry of Microbial Degradation. Amsterdam: Kluwer Academic Publisher.
- Rheinheimer, G. (Eds). 1977. Microbial Ecology of a Brackish Water Environment. Ecologi. Stud. 25. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin. Xii+ 288p.
- Rusmana, I. 2003. Physiology of nitrous oxide production in estuarine dissimilative nitrate reducing bacteria. [Thesis]. University of Essex Colchester.
- Samuelsson, M.O. 1985. Dissimilatory nitrate reduction to nitrite, nitrous oxide, and ammonium by *Pseudomonas putrefaciens*. American Society for Microbiol. 50, 812-815.
- Sinha, B., Ajit, P., Annachhatre. 2007. Partial nitrification operational parameters and microorganism involved. Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 6, 285-313.
- Somsiri, T., Oanh, D.T.H., Chinabut, S., Phuong, N.T., Shariff, M., Yusoff, F.Md. Bartie, K., Giacomini, M., Robba, M., Bertone, S., Huys, G., Teale, A. 2006. A simple device for sampling pond sediment. Aquaculture 258, 650-654.
- Sylvia, D.M., Furbmann, J.J., Hartel, P.G., Zuberer, D.A. 1990. Principles and Application of Soil Microbiology. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Texeira, P., Oliveira, R. 2002. Metabolism of alcaligenes denitrificans in bio film vs planctonic cells. Journal of Applied Microbiology 92, 256-260
- Zhao, H.W., Mavinic, D.S., Oldham, W.K., Koch, F.A. 1999. Controlling factors for simultaneous nitrification and denitrification in a two-stage intermittent aeration process treating domestic sewage. Water Resources 33 (4), 961-970.
- Zumft, W.G. 1997. Cell biology and molecular basic of denitrification. Microbiol. and Mol. Biol. Rev: 533-616.