

DISTRIBUSI SPASIAL BAKTERI PEROMBAK NITROGEN DI PERAIRAN DANAU TOBA, SUMATERA UTARA

Muhammad Badjeori

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

e-mail : mbadjoeri@yahoo.com

Diterima redaksi : 27 November 2012, disetujui redaksi : 2 Mei 2013

ABSTRAK

Berbagai aktivitas antropogenik di Danau Toba berpotensi sebagai sumber asupan bahan organik ke perairan tersebut. Bahan organik tersebut akan terakumulasi di dasar atau terlarut di badan air. Bahan organik akan dirombak oleh bakteri menjadi bahan anorganik sebagai sumber hara plankton dan tumbuhan akuatik lainnya. Penelitian dilakukan di D. Toba pada Bulan April 2010 di 19 stasiun. Analisis bakteri dan kualitas air dilakukan di Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Penghitungan kelimpahan bakteri menggunakan metoda MPN (Most Probable Number). Tujuan penelitian untuk mengetahui distribusi spasial bakteri perombak nitrogen di D. Toba dan faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Analisis data menggunakan program statistika CCA (canonical corespondence analysis) multi variate statistical package. Berdasarkan kelimpahan populasinya menunjukkan distribusi spasial bakteri perombak nitrogen di perairan D. Toba sangat berfluktuasi dan dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia air. Distribusi spasial bakteri amonifikasi di perairan D. Toba, dicirikan dengan tingginya kandungan hara di lingkungannya terutama nitrogen total (TN). Sedangkan distribusi spasial bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi dicirikan dengan tingginya kandungan oksigen terlarut (DO), pH dan bahan organik (Total Organik Matter, TOM; Disolved Organic Matter, DOM dan Particulate Organic Matter; POM). Terdapat korelasi positif antara kelimpahan bakteri dengan faktor fisika-kimia lingkungan habitatnya.

Kata kunci: Distribusi, kelimpahan, bakteri, bahan organik dan D. Toba.

ABSTRACT

SPATIAL DISTRIBUTION OF NITROGEN DECOMPOSING BACTERIA IN LAKE TOBA, NORT SUMATERA. *Various anthropogenic activities on Lake Toba that have the potential as a source of organic matter to aquatic system. The organic matter will be accumulate in the bottom and dissolved in water bodies. Organic materials will be decomposed by bacteria into inorganic materials as a source of nutrients for plankton and other aquatic plants. The study was conducted in Lake Toba on April 2010 at 19 stations. Analysis of bacteria and water quality was conducted as Research Center for Limnology LIPI. Calculation of abundance of bacteria by Most Probable Number method. The purpose of the study was to determine the distribution of nitrogen decomposing bacteria and interactions with environmental factors in Lake Toba. Analysis of data by Canonical Correspondence Analysis. The results showed the spatial distribution of nitrogen decomposing bacteria is fluctuates and is affected by the physic-chemical conditions of the waters in their habitat. The spatial distribution of ammonifying bacteria in Lake Toba, characterized by a high content of organic matter in the environment, especially total nitrogen. The spatial distribution of nitrifying bacteria and denitrifying bacteria are characterized by a high content of dissolved oxygen, pH and organic matters. There is a positive correlation between the abundance of bacteria with environmental physic-chemical factors.*

Keywords: Distribution, abundance, bacteria, organic matter, and Lake Toba.

PENDAHULUAN

Dalam siklus nitrogen di perairan akan melibatkan aktivitas bakteri perombak nitrogen organik dan anorganik, yaitu bakteri amonifikasi (*ammonifying bacteria*), nitrifikasi (*nitrifying bacteria*) dan denitrifikasi (*denitrifying bacteria*). Bakteri tersebut berperan penting dalam proses remineralisasi nitrogen organik yang akhirnya menjadi hara bagi fitoplankton, dan mikroflora akuatik lainnya (Sepers, 1981).

Amonifikasi adalah proses perombakan bahan nitrogen organik dengan hasil akhir dilepaskannya amonium ke perairan. Proses ini dapat dilakukan oleh beberapa jenis bakteri yang mempunyai enzim proteolitik, di antaranya bakteri dari genus *Bacillus*, *Proteus* dan *Pseudomonas* (Sepers, 1981 & Rheinheimer, 1985). Enzim ini dapat memecah bahan nitrogen organik menjadi asam amino dan dilepaskannya amonium (Lampert & Sommer, 2007). Amonium yang terdapat di perairan akan dimanfaatkan oleh bakteri nitrifikasi (genus *Nitrosomonas*).

Nitrifikasi merupakan proses oksidasi enzimatik oleh bakteri yang berlangsung dalam dua tahap, yakni nitritasi dan nitratasi. Pada tahap nitritasi terjadi oksidasi amonium menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas*, dan nitrit yang terbentuk akan dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* (Gerardi, 2002). Proses nitrifikasi di perairan dapat berlangsung pada kondisi aerobik dan masih dapat berlangsung pada kandungan oksigen terlarut di perairan berkisar 0,5 - 0,7 mg/L dan akan terhambat jika kadar oksigennya mencapai 0,2 mg/L (Meske, 1985 dan Ferguson *et al.*, 2007). Denitrifikasi merupakan proses reduksi nitrat (NO_3) menjadi nitrit (NO_2), nitrogen oksida (NO dan N_2O) dan gas N_2 yang dilakukan oleh bakteri *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*,

Alcaligenes, *Flavobacterium*, *Thiobacillus* dan *Vibrio* (Gerardi, 2002).

Di daerah *hypolimnion* (lapisan *surface-sediment*) yang anaerob atau kandungan oksigennya sangat rendah merupakan area terjadinya proses denitrifikasi, namun demikian pada daerah aerobik proses denitrifikasi dapat juga berlangsung yaitu secara intra seluler di dalam mikrozona anoksik yang terdapat di dalam alga atau sel bakteri yang mampu membentuk heterokista (Gerardi, 2002; Siege, 2005).

Danau Toba merupakan salah satu danau yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas antropogenik, di antaranya perikanan budidaya dalam karamba jaring apung (KJA), objek wisata alam, petanian, transportasi air, keperluan MCK dan aktivitas domestik lainnya. Aktivitas tersebut berkontribusi sebagai sumber asupan bahan organik ke perairan yang dapat mempengaruhi kondisi kualitas air danau.

Menurut Barus (2007) pada bagian tengah badan air D. Toba kandungan nutrisi rendah dan oksigen terlarut masih terdeteksi sampai kedalaman 200 - 500 m dengan kecerahan air mencapai 11 - 14 m, tetapi pada lokasi yang dekat pemukiman dan banyak aktivitas KJA, kandungan nutriennya tinggi yang ditandai dengan pertumbuhan eceng gondok yang cukup subur.

Sebagian wilayah perairan D. Toba yang digunakan untuk budidaya ikan dalam KJA diduga menambah pasokan akumulasi bahan organik di sedimen melalui sisa pakan dan feses ikan budidaya, sehingga mengakibatkan jumlah bakteri heterotrof di bagian dasar perairan jumlahnya lebih tinggi dan pada kedalaman 300 m telah terjadi perombakan bahan organik yang dicirikan dengan tercium bau H_2S dari conto air (Lukman, 2009). Menurut Jackson *et al.*, (2003) 90% sumber protein pada sistem budidaya berasal dari pelet, dimana 57% tersuspensi di air, 22% dikonversi menjadi

biomassa ikan dan 14% terakumulasi di sedimen.

Hasil penelitian Retnaningdyah *et al.*, (2002) dan Samino & Retnaningdyah, (2006) melaporkan bahwa, salah satu sumber nitrat di perairan Waduk Sutami berasal dari wilayah pertanian akibat penggunaan pupuk nitrogen secara berlebih, sehingga memacu terjadinya *blooming* algae yang mengakibatkan menurunnya kandungan oksigen di perairan tersebut.

Menurut Leonard *et al.* (2000) proses perombakan bahan organik di perairan didominasi oleh bakteri aerobik, baik autotrof maupun heterotrof, sedangkan bakteri anaerobik (obligat maupun fakultatif) lebih berperan di dasar perairan atau di kolom air dalam keadaan anoksik. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses perombakan ialah ketersediaan oksigen, jumlah dan jenis bakteri, jenis bahan organik dan faktor fisika-kimia lingkungan. Ketersediaan nutrien dan oksigen di perairan menjadi faktor utama yang mempengaruhi bakteri sebagai perombak. Perombakan bahan organik berlangsung secara enzimatik, sehingga faktor-faktor lingkungannya juga sangat berpengaruh, antara lain pH, suhu, salinitas dan alkalinitas (Choo & Tanaka, 2000; Negata *et al.*, 2003).

Setiap jenis bakteri mempunyai karakteristik dan kemampuan yang berbeda dalam merombak bahan organik yang terdapat di perairan. Bakteri *Nitrobacter sp.* mampu mengoksidasi nitrit menjadi nitrat dengan menggunakan enzim oksidoreduktase dan mereduksi nitrat menjadi nitrit secara heterotrofik, tumbuh optimum pada pH 7,2 - 7,8 dan suhu 26 – 30 °C. Menggunakan nitrit sebagai sumber energi untuk melakukan fiksasi CO₂ secara autotrofik. Beberapa jenis *Nitrobacter* dapat menggunakan oksigen atau nitrat sebagai terminal penerima elektron. Bakteri ini terdapat di tanah, air payau dan lapisan sedimen dasar perairan yang banyak mengandung bahan organik (Bock & Koops, 1992). Sedan gkan bakteri

Nitrosomonas sp. termasuk bakteri aerobik, tumbuh optimum pada suhu 30 °C, pH 7,8 dan sensitif terhadap cahaya ultra violet. Banyak ditemukan di perairan laut, payau atau tawar, mampu mengoksidasi amonia menjadi nitrit (bakteri nitrifikasi). *Nitrosomonas europaea* hidup di air tawar (Koops & Moller, 1992; Firdus & Muchlisin, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi spasial bakteri perombak nitrogen organik di perairan D. Toba. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi data dasar untuk pengelolaan perairan D. Toba yang berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

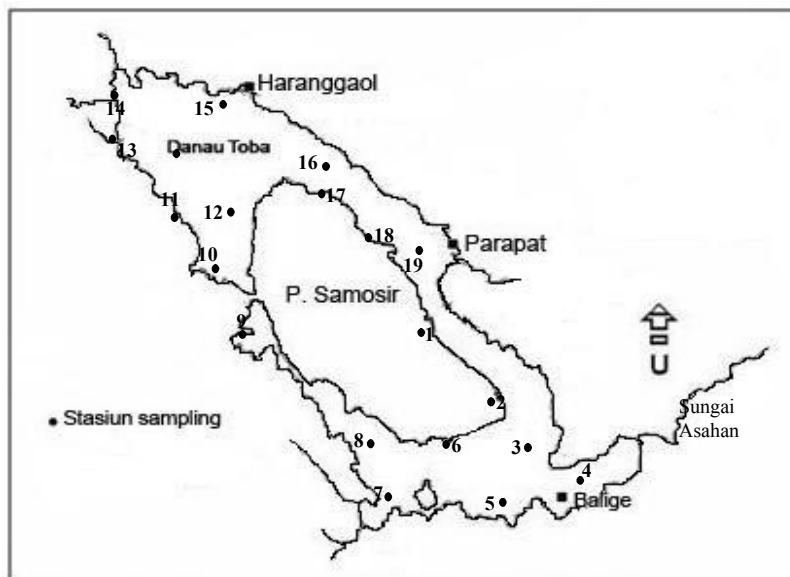
Penelitian dilakukan di D. Toba pada bulan April 2010. Pengambilan conto air dilakukan secara komposit dari air permukaan sampai dengan air dasar perairan menggunakan *water sampler*. Lokasi stasiun pengambilan conto di D. Toba diperlihatkan pada Gambar 1, meliputi 19 titik (stasiun) yang tersebar di perairan, mewakili sebelah utara danau (st. 10, 11, 12, 13 dan 14). 3 stasiun mewakili lokasi KJA, aktivitas pariwisata dan wilayah padat penduduk (st. 15, 18 dan 19). Sebelah timur danau ada 4 stasiun (st. 1, 16, dan 17). Sebelah Selatan danau ada 6 stasiun (st. 2, 3, 4, 5, 6, dan 7) dan sebelah barat diwakili oleh stasiun 8 dan 9.

Komposisi media yang digunakan untuk bakteri amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi terlihat pada Tabel 1. Penghitungan kelimpahan bakteri menggunakan metode Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT atau *MPN, Most Probable Number*) dengan 9 seri tabung uji, inkubasi selama 1 - 7 hari pada suhu ruang (Rodina, 1972; Cappucinno & Sherman, 1983). Pengukuran parameter fisika-kimia air meliputi pH, suhu, konduktivitas dan oksigen terlarut (DO) menggunakan alat *water quality checker* (WQC-Horiba). Analisis nitrogen total (TN, *total nitrogen*),

total bahan organik (TOM, *total organic matter*), bahan organik terlarut (DOM, *disolved organic matter*) dan bahan organik partikulat (POM, *particulate organic matter*) menggunakan metode spektrofotometri. Analisis bakteri dan fisika-kimia air dilakukan di Lab. Mikrobiologi Pusat Penelitian Limnologi LIPI Cibinong.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kelimpahan populasinya menunjukkan distribusi spasial bakteri perombak nitrogen yang terdiri dari bakteri amonifikasi, bakteri nitrifikasi dan bakteri denitrifikasi di perairan D. Toba sangat berfluktuasi (Tabel 2).



Gambar 1. Lokasi stasiun pengambilan sampel bakteri di Danau Toba

Tabel 1. Komposisi media untuk bakteri dan metode yang digunakan (Rhodina, 1972)

Bakteri	Komposisi media		Keterangan
1. Bakteri Amonifikasi (<i>Ammonifying Bacteria</i>)	1. Mn_2HPO_4	0,9 g	Metoda Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT) dengan 9 seri tabung uji - Untuk uji bakteri amonifikasi ditambahkan Bakto pepton 5 g.
	2. KH_2PO_4	0,2 g	
	3. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0,1 g	
	4. $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$	0,005 g	
2. Bakteri Nitrifikasi (<i>Nitrifying Bacteria</i>)	5. $CaCl_2 \cdot 6 H_2O$	18,4 g	- Unutk uji bakteri nitrifikasi ditambahkan NH_4Cl 1 g.
	6. Ekstrak Yeast	0,25 g	
3. Bakteri Denitrifikasi (<i>Denitrifying Bacteria</i>)	7. Glucosa	5 g	- Untuk uji bakteri denitrifikasi ditambahkan $NaNO_3$ 1 g, dan dilengkapi dengan tabung durham. - Media disterilisasi pada suhu $121^\circ C$, 1 atm, 15 menit
	8. NaCl	2 g	
	9. Aquadest	1L	

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan program statistika *CCA* (*canonical corespondence analysis*) *multivariate statistical package* (*MVSP3.1*) untuk mengetahui korelasi, interaksi dan pengaruh faktor lingkungan terhadap bakteri.

Kelimpahan populasi bakteri amonifikasi tertinggi ditemukan di stasiun 13 (210×10^3 sel/ml) dan kelimpahan terendah di stasiun 19 ($3,0 \times 10^3$ sel/ml), (lihat tabel 2). Tingginya kelimpahan bakteri amonifikasi di stasiun 13 diduga berkaitan

dengan asupan bahan organik yang berasal dari aktivitas manusia di wilayah tepinya yang merupakan area pemukiman penduduk yang cukup padat (wilayah Silacang dan Maras). Selain itu juga sebagian penduduk masih memanfaatkan perairan D. Toba untuk aktivitas MCK dan masih ada rumah-rumah penduduk yang tidak memiliki "septic tank" sehingga membuang limbah organik langsung ke perairan (Sianturi, 2004).

Hasil analisis kondisi kualitas air di stasiun 13 menunjukkan kandungan bahan organik total (TOM, 10,87 mg/l), adalah lebih rendah dibanding di stasiun lainnya kecuali stasiun 10 dan 18 (Tabel 4). Kondisi ini menunjukkan bahwa tingginya

kandungan bahan organik di suatu lokasi tidak selalu diikuti dengan tingginya kelimpahan bakteri di lokasi tersebut. Hal ini membuktikan pula bahwa, tidak semua bahan organik di perairan dapat dirombak oleh bakteri.

Bakteri nitrifikasi dibedakan atas bakteri nitritasi dan bakteri nitratasi. Kelimpahan bakteri nitritasi tertinggi ditemukan di stasiun 12 ($9,3 \times 10^3$ sel/ml), sedangkan bakteri nitratasi tertinggi ditemukan di stasiun 17 (2×10^3 sel/ml), (lihat tabel 2). Hasil analisis kualitas air di stasiun 12 menunjukkan kandungan TOM (19,79 mg/l), DOM (9,89 mg/l), POM (9,89 mg/l) dan TN (0,484 mg/l) relatif tinggi (Tabel 4).

Tabel 2. Kelimpahan bakteri perombak nitrogen di perairan Danau Toba

Stasiun Sampling	Bakteri Amonifikasi ($\times 10^3$ sel/ml)	Bakteri Nitritasi ($\times 10^3$ sel/ml)	Bakteri Nitratasi ($\times 10^3$ sel/ml)	Bakteri Denitrifikasi ($\times 10^3$ sel/ml)
1	20,0	0,91	0,61	1,50
2	20,0	0,91	1,50	0,43
3	12,0	0,62	1,10	1,10
4	11,0	2,30	0,30	1,10
5	12,0	0,36	1,10	0,36
6	7,5	4,30	0,92	1,50
7	15,0	0,92	0,61	2,10
8	4,3	2,30	1,20	0,73
9	93,0	0,93	0,30	0,30
10	91,0	0,61	0,61	0,91
11	20,0	0,30	0,60	0,36
12	11,0	9,30	0,93	1,50
13	210,0	4,30	0,93	0,72
14	3,6	1,50	0,72	0,30
15	9,1	0,36	0,30	2,30
16	11,0	0,61	1,20	2,70
17	7,3	0,73	2,00	0,36
18	14,0	2,70	0,91	0,36
19	3,0	7,50	1,10	0,91

Kelimpahan populasi bakteri nitritasi di perairan D. Toba umumnya lebih tinggi dibanding bakteri nitrifikasi. Pola distribusi ini, menurut Rheinheimer (1985) kelimpahan populasi bakteri nitritasi dan nitrifikasi di perairan sangat berfluktuatif dan dipengaruhi oleh kondisi musim. Pada musim peralihan kelimpahan bakteri *Nitrosomonas* sp. (bakteri nitritasi) lebih besar dibanding bakteri *nitrobacter* sp. (bakteri nitrifikasi). Kondisi ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Badjoeri (2005) di Danau Maninjau dan Badjoeri (2006) di Danau Loa Kang yang melaporkan bahwa, distribusi spasial bakteri nitrifikasi di Danau Loa Kang pada musim kemarau jumlah bakterinya lebih sedikit dibanding musim peralihan dan musim hujan. Menurut Hartoto, *et al.*, (1998) perbandingan jumlah bakteri nitritasi dan nitrifikasi di kolom air adalah 13:1 sedangkan di sedimen 28:1. Lebih sedikitnya bakteri nitrifikasi dikarenakan bakteri nitrifikasi lebih sensitif (peka) terhadap jumlah oksigen di bawah normal.

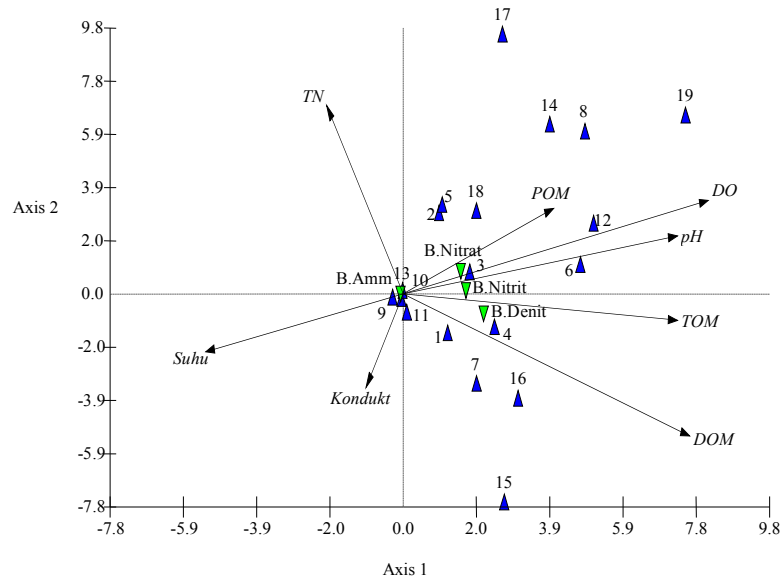
Bakteri denitrifikasi tersebar disemua stasiun pengambilan conto dengan kelimpahan yang sangat berfluktuatif. Kelimpahan populasi bakteri denitrifikasi tertinggi di stasiun 16 ($2,7 \times 10^3$ sel/ml) dan terendah di stasiun 9 ($0,3 \times 10^3$ sel/ml), (lihat tabel 2).

Kondisi kualitas air di stasiun 16 menunjukkan kandungan TOM 12,93 mg/l, DOM 8,69 mg/l, POM 4,24 mg/l dan TN 0,161 mg/l diduga berkaitan dengan kondisi wilayah tepiannya yang berupa hutan (pinus) dan lahan perkebunan dan diperkirakan apabila terjadi air limpasan (*run off*) akan menjadi sumber asupan bahan organik ke perairan. Menurut Kirchman (2008) bahan organik nitrogen yang berasal dari air limpasan akan terurai menjadi nitrat di perairan dan pada kondisi oksigen rendah (aerofilik) bakteri denitrifying akan memanfaatkan nitrat untuk pertumbuhannya (Gerardi, 2002; Siege, 2005).

Interaksi bakteri perombak nitrogen pada tiap stasiun pengambilan conto dengan faktor fisika-kimia lingkungan (berdasarkan analisis CCA) diperlihatkan pada gambar 2. Menurut Sudarso (2013) semakin panjang panah variabel/faktor lingkungan yang mengarah pada spesies (bakteri) maupun stasiun pengambilan conto, maka berarti kontribusi faktor lingkungan tersebut pada bakteri maupun stasiun pengambilan conto semakin besar. Begitu juga sebaliknya jika panah yang panjang membentuk sudut ($\approx 180^\circ$), maka variabel tersebut cenderung berkorelasi negatif dengan variabel yang ada di baliknya.

Hasil analisis CCA menunjukkan, bakteri amonifikasi posisinya relatif terletak ditengah-tengah axis (lihat gambar 2), hal ini diinterpretasikan adanya interaksi yang kuat antara bakteri amonifikasi dengan kandungan nitrogen total (TN) di lingkungannya, atau berarti kandungan nitrogen total di perairan memberikan kontribusi (pengaruh) kuat di lingkungan. Kondisi ini dicirikan dengan tingginya kandungan TN di lingkungan ($r = 0,598$), sedangkan korelasi TN terhadap bakteri tidak berpengaruh nyata ($r = 0,367$). Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Badjoeri (2009) di Suaka Perikanan Danau Loa Kang bahwa terdapat korelasi positif antara kandungan TN dengan kelimpahan bakteri amonifikasi ($r = 0,59$).

Selain kandungan TN yang tinggi, juga dicirikan dengan tingginya kandungan oksigen terlarut (DO), pH, bahan organik total (TOM) dan bahan organik terlarut (DOM). Hal ini menunjukkan bahwa, bakteri amonifikasi di perairan D. Toba tersebar pada area yang banyak mengandung bahan organik nitrogen dan oksigen terlarut. Seperti yang ditemukan pada stasiun 9, 10 dan 13 yang kelimpahannya masing-masing 93.000 sel/ml, 91.000 sel/ml dan 210.000 sel/ml (Tabel 2).



Gambar 2. Grafik interaksi antara bakteri perombak nitrogen, faktor lingkungan dan stasiun pengambilan conto di perairan Danau Toba.

Sebaran bakteri nitrifikasi (bakteri nitritasi dan nitratasi) dan bakteri denitrifikasi berinteraksi kuat dengan faktor lingkungan habitatnya yang dicirikan dengan kandungan DO, pH dan bahan organik (TOM dan DOM) yang tinggi. Berdasarkan hasil analisis korelasi (Tabel 3) menunjukkan sebaran bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi di D. Toba dipengaruhi DO ($r = 0,705$), pH ($r = 0,633$), TOM ($r = 0,633$) dan DOM ($r = 0,661$). Badjoeri (2006) melaporkan bahwa, terdapat korelasi positif ($r = 0,608$) antara bakteri nitritasi dan bakteri nitratasi dengan kandungan TOM dan TN di Suaka Perikanan Danau Loa Kang.

Secara umumnya terlihat adanya korelasi yang kuat antara bakteri perombak nitrogen dengan faktor lingkungannya, yaitu $r = 0,764$ (pada axis1 lingkungan) dan $r = 0,613$ (pada axis2 lingkungan).

Hasil analisis kondisi kualitas air di D. Toba (Tabel 4) menunjukkan pH air relatif basa (berkisar 7,76 - 8,90) dengan kelarutan oksigen cukup tinggi (7,33 - 8,467 mg/l) dan suhu air berkisar 26,5 – 27,4 °C. Kondisi tersebut mendukung pertumbuhan dan aktivitas bakteri. Menurut Gerardi

(2002) dan Boyd (1990) bakteri nitrifikasi adalah bakteri aerob dan nitrifikasi dapat berlangsung bila ada ketersediaan oksigen terlarut. Pada kelarutan oksigen $< 0,5$ mg/l atau terjadi persaingan oksigen dengan organisme lain, maka proses nitrifikasi berjalan lambat dan nitrifikasi berjalan normal pada konsentrasi DO 3,0 mg/l, suhu 25 - 35 °C dan pH 7 - 8.

Menurut Boyd (1990) perombakan bahan organik di perairan oleh bakteri membutuhkan oksigen terlarut yang cukup, suhu dan pH yang sesuai, walaupun pH dan suhu optimal tiap jenis bakteri berbeda-beda, tetapi pada umumnya perombakan bahan organik dapat berlangsung pada suhu berkisar $> 5 - 35$ °C dan kondisi pH berkisar netral sampai agak alkali. Kondisi kandungan bahan organik di perairan D. Toba terlihat kandungan TOM (22,82 mg/l) dan DOM (13,69 mg/l) di stasiun 15 (Teluk Haranggaol) paling tinggi yang merupakan wilayah yang padat penduduk dan zona aktivitas budidaya ikan dengan karamba jaring apung sehingga kontribusi asupan bahan organik yang cukup tinggi keperairan tersebut.

Tabel 3. Korelasi antara variabel lingkungan dengan bakteri perombak nitrogen

	Axis 1 Bakteri	Axis 2 Bakteri	Axis 1 Lingkungan	Axis 2 Lingkungan	TOM	DOM	POM	TN	DO	Suhu	pH	Kondukt
Axis 1 Bakteri	1,000											
Axis 2 Bakteri	0,395	1,000										
Axis 1 Lingkungan	0,764	0,000	1,000									
Axis 2 Lingkungan	0,000	0,613	0,000	1,000								
TOM	0,483	-0,051	0,633	-0,083	1,000							
DOM	0,505	-0,277	0,661	-0,451	0,747	1,000						
POM	0,265	0,167	0,347	0,272	0,813	0,220	1,000					
TN	-0,134	0,367	-0,176	0,598	-0,092	-0,123	-0,028	1,000				
DO	0,538	0,182	0,705	0,297	0,315	0,274	0,219	0,178	1,000			
Suhu	-0,348	-0,112	-0,456	-0,183	-0,033	0,085	-0,123	0,374	0,006	1,000		
pH	0,483	0,113	0,633	0,185	0,409	0,288	0,347	-0,060	0,788	-0,157	1,000	
Kondukt	-0,065	-0,181	-0,085	-0,296	0,154	0,104	0,135	0,095	0,143	0,353	0,460	1,000
	Axis 1 Bakteri	Axis 2 Bakteri	Axis 1 Lingkungan	Axis 2 Lingkungan	TOM	DOM	POM	TN	DO	Suhu	pH	Kondukt

Tabel 4. Kondisi kualitas air di perairan Danau Toba

Stasiun	TOM (mg/l)	DOM (mg/l)	POM (mg/l)	TN (mg/l)	DO (mg/l)	Suhu (oC)	pH	Konduktivitas (μ S/cm)
1	15,22	7,97	7,25	0,484	8,467	27,3	8,900	0,205
2	15,22	5,80	9,42	0,452	8,250	27,1	8,227	0,162
3	20,02	10,14	9,88	0,516	8,320	27,3	8,220	0,162
4	12,17	10,14	2,03	0,452	8,293	27,4	8,200	0,163
5	18,26	10,87	7,39	0,484	8,300	26,9	8,408	0,163
6	18,26	12,17	6,09	0,387	7,900	27,0	8,190	0,162
7	14,49	10,14	4,35	0,484	7,950	27,1	8,020	0,163
8	15,22	10,14	5,07	0,581	7,680	27,4	8,113	0,167
9	12,17	6,92	5,26	0,452	7,330	27,1	7,848	0,166
10	8,30	6,52	1,78	0,484	7,710	27,2	7,757	0,164
11	12,17	5,07	7,10	0,484	7,810	27,0	7,890	0,165
12	19,78	9,89	9,89	0,484	7,910	27,0	7,990	0,162
13	10,87	5,80	5,07	0,452	7,690	27,0	8,027	0,161
14	12,93	9,89	3,04	0,484	7,820	27,2	8,220	0,160
15	22,82	13,69	9,13	0,419	7,670	26,7	8,000	0,164
16	12,93	8,69	4,24	0,161	7,550	26,5	8,320	0,162
17	12,17	2,77	9,41	0,581	7,750	26,7	8,050	0,162
18	7,25	6,22	1,02	0,581	7,630	26,6	8,100	0,163
19	11,41	5,80	5,62	0,323	7,750	26,7	8,050	0,163

KESIMPULAN

Distribusi spasial bakteri perombak nitrogen di perairan Danau Toba sangat berfluktuasi dan dipengaruhi oleh kondisi fisika-kimia air di habitatnya. Tingginya kelimpahan bakteri di beberapa stasiun diduga adanya kontribusi asupan bahan organik yang berasal dari aktivitas budidaya ikan dengan karamba dan aktivitas domestik dari wilayah tepiannya.

Distribusi spasial bakteri amonifikasi di perairan Danau Toba, dicirikan dengan tingginya kandungan bahan organik di lingkungannya terutama nitrogen total (TN). Sedangkan distribusi spasial bakteri nitrifikasi dan bakteri denitrifikasi dicirikan dengan tingginya kandungan oksigen terlarut (DO), pH, bahan organik total (TOM) dan bahan organik terlarut (DOM). Terdapat korelasi positif antara kelimpahan dan distribusi bakteri dengan faktor fisika-kimia lingkungan habitatnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Ir. Lukman, M.Si. sebagai koordinator kegiatan Kompetitif “Antisipasi Bencana Perairan Danau Toba melalui Penetapan Dayadukung Pemintakatan Wilayah Budidaya Perikanan” yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk ikut dalam kegiatan tersebut. Bapak Sulung Nomo Satryo Bapak Sulung Nomo Satryo, M.Si atas kerja samanya di lapangan dan Bapak Dr. Yoyok Sudarso yang telah membantu dalam menganalisa data hasil penelitian, serta semua rekan-rekan di Limnologi LIPI.

DAFTAR PUSTAKA

Badjoeri, M., 2005. Kajian Pendahuluan Profil Vertikal Kelimpahan Bakteri pada Kolom Air dan Sedimen di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Dalam* : Interaksi Daratan dan

Lautan. Pengaruhnya terhadap sumber daya dan lingkungan. Setyawan, W.B, P. Purwati, S. Sunanisari, D. Widarto, R. Nasution dan O. Atijah (Eds.), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. LIPI Press, Jakarta. hal. 355-368.

Badjoeri, M., 2006. Distribusi Bakteri Nitrifikasi di Danau Paparan Banjir. Studi kasus : di Suaka Perikanan Danau Loa Kang, Kalimantan Timur. *Jurnal Biologi Indonesia*. IV (2): 87 – 97.

Badjoeri, M., 2009. Distribusi Spasial Bakteri Amonifikasi di Suaka Perikanan Danau Loa Kang, Kalimantan Timur. *Jurnal Biologi Indonesia*. V (4): 489 – 502.

Barus, T.A., 2007. Keanekaragaman hayati Ekosistem Danau Toba dan Upaya Pelestariannya. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Limnologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara. Medan. 21 hal.

Bock, E., & H.P. Koops, 1992. The genus *Nitrobacter* and Related Genera. In. *A Handbook on the Biology of Bacteria*. 2nd. A. Ballow, H.G. Truper, M. Dworkin, W. Harder & K.H. Schleifer ((Eds.), Springer-Verlag, New York: 2302-2309.

Boyd, C.E., 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama. 482p.

Cappucino, J.G., & Sherman, N., 1987. Microbiology : A Laboratory Manual. The Benjamin and Cumming Publishing Company Inc, California. 456p.

Coo, P.S. & K. Tanaka, 2000. Nutrients Levels in Ponds During the Grow-out and Harvest Phase of *Penaeus monodon* Under Semi Intensive or Intensive Culture. *Journal of JIRCAS*, 8:13-20.

- Ferguson, J.S., David, J. R & Rob, J.M. van Spanning, 2007. Biochemistry and Molecular Biology of Nitrification. In: Biology of The Nitrogen Cycle. 1st ed. Bothe. H., J.S. Ferguson, and W.E. Newton (Eds.). Elsevier. Amsterdam, The Netherland, p. 209 – 222.
- Firdus & Z.A. Muchlisin, 2010. Degradation Rate of Sludge and Water Quality of Septic Tank (water closed) by Using Starbio and Freshwater Catfish as Biodegradator. *Jurnal Natural*, 10:1-6.
- Gerardi, M.H., 2002. Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process. John Wiley & Sons, Inc. New York. 193p.
- Hartoto, D.I., S. Sunanisari, M.S. Syawal, Yustiawati, I. Ridwansyah & S. Nomosatryo, 1998. Alternatif Tata Guna Danau Teluk Berdasarkan Sifat Limnologis. Hasil-Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Limnologi, Tahun 1997-1998. Pusat Penelitian dan Pengembangan Limnologi – LIPI. Cibinong. Hal 12 - 102.
- Jackson, C., P.J. Thompson & M. Buford, 2003. Nitrogen Budget and Effluent Nitrogen Components at an Intensive Shrimp Farm. *Aquaculture* 218: 397-411.
- Kirchman. D.L., 2008. Microbial Ecology of Ocean. 2nd (eds.). John Wiley & Sons Inc. New Jersey. 569p.
- Koops, H.P. & U.C. Moller, 1992. The Lithotrophic Ammonia-oxidizing Bacteria. In. *A Handbook on the Biology of Bacteria*. 2nd. A. Ballow, H.G. Truper, M. Dworkin, W. Harder & K.H. Schleifer ((Eds.), Springer-Verlag, New York: 2302-2309.
- Lampert & U. Somme, 2007. Limnoecology. The Ecology of Lanke and Stream. 2nd (ed.). Oxford University Press, Inc. New York. 335p.
- Leonard, N.; J.P. Blancheton & J.P. Guiraud, 2000. Population of Heterotrophic Bacteria in an Experimental Resirculation Aquaculture System. *Journal of Aquaculture Engineering*, 22: 109-120.
- Lukman, 2009. Antisipasi Bencana Lingkungan Perairan Danau Toba Melalui Penetapan Dayadukung dan Pemintakatan Wilayah Budidaya Perikanan. Laporan Akhir Tahun 2009 Kegiatan Kompetitif LIPI. Pusat Penelitian Limnologi LIPI.
- Meske, C., 1985. Fish Awuaculture. Frederick Vogt (Ed & Translated). Pergamon Press. Frankfurt. 313p.
- Negata, T.B.; Meon; & D.L. Kirchman, 2003. Microbial Degradation of dissolved organic matter in sea water. *Journal of Limnology and Oceanography*, 48:745-754.
- Retnaningdyah, C., Prayitno, Y. Rosyitawati, M. Y. C. Dewi & A. N. Hartini, 2002. Potensi Mikroalga sebagai Bioindikator Tingkat Pencemaran Bahan Organik di Perairan Waduk. National Seminar on Research and Studies Research Grant conducted by Ministry of National Education, Directorate General of Higher Education, TPSDP, Jakarta Dec 27-28.
- Rheinheimer, G., 1985. Aquatic Microbiology. 3rd (eds). John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 257p.
- Rodina, A.G., 1972. Methods in Aquatic Microbiology. Univ. Park Press, Baltimore. p 251-322.
- Samino, S. & C. Retnaningdyah, 2006. Monitoring Dinamika Komunitas Fitoplankton dan Zooplankton di Waduk Sutami Malang Periode Januari-Maret 2006. Penelitian Kerjasama Perum Jasa Tirta I dengan Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Malang.
- Sepers, A.B.J., 1981. Diversity of Ammonifying Bacteria. *Hydrobiologia*. 83: 343-350.

- Sianturi, T., 2004. Degradasi Danau Toba. *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*. 2 (1): 1-3.
- Sigee, D.C., 2005. Freshwater Microbiology. Biodiversity and Dinamic Interaction of Microorganism in the Aquatic Environment. John Wiley & Sons Ltd. . Chichester. 524p.
- Sudarso, Y., 2013. Keterkaitan Masukan Bahan Organik dan Logam Merkuri terhadap Struktur Komunitas dab Produktivitas Serkunder Larva *Trichoptera* di Sungai Ciliwung (Jawa Barat). Desertasi. Sekolah Pasca Sarjana Institute Pertanian Bogor. Bogor. 131p.