

KETERSEDIAAN HARA NITROGEN (N) DAN FOSFOR (P) DI PERAIRAN DANAU TOBA, SUMATERA UTARA

Sulung Nomosatyo & Lukman

Staf Peneliti Puslit Limnologi - LIPI

Diterima redaksi : 19 Juni 2011 , disetujui redaksi : 10 November 2011

ABSTRAK

Danau Toba di Sumatera Utara adalah danau dengan tingkat pemanfaatan cukup tinggi baik di wilayah daratan maupun di perairannya. Kegiatan-kegiatan tersebut akan memberikan pasokan hara yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan perairan danau. Telah dilakukan penelitian ketersediaan komponen hara fosfor (TP; Total Phosphorus) dan nitrogen (TN; Total Nitrogen) di perairan Danau Toba dengan tujuan untuk evaluasi kondisi kesuburan dan tingkat ancaman degradasi perairan Danau Toba. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan April 2009 dan Oktober 2009 di 12 stasiun yang mewakili perairan, serta beberapa sungai utama yang menjadi inlet Danau Toba. Pasokan hara dari inlet-inlet Danau Toba, yaitu dari beberapa sungai yang terpilih menunjukkan adanya variasi yang tinggi. Distribusi horizontal TP dan TN bervariasi berdasarkan stasiun, sedangkan distribusi vertikal terlihat lebih tinggi kadarnya setelah kedalaman 100 m. Tingkat status trofik Danau Toba berdasarkan kadar TP berada antara oligotrofik hingga hipereutrofik, namun secara rata-rata berada pada kisaran mesotrofik. Sementara itu berdasarkan kadar TN, umumnya masih menunjukkan status oligotrofik. Meskipun ketersediaan ortofosfat di lapisan permukaan, yang merupakan hara utama pertumbuhan alga, relatif masih rendah, tetapi secara umum komponen nitrogen cenderung sebagai faktor pembatas pertumbuhan alga, dengan N:P <16 (massa). Pola distribusi vertikal TN dan TP cenderung meningkat dengan bertambahnya kedalaman.

Kata Kunci: Danau Toba, Senyawaan Nitrogen (N) dan Fosfor (P), pasokan hara, distribusi hara

ABSTRACT

NITROGENOUS (N) AND PHOSPHORUS (P) NUTRIENTS AVAILABILITY IN LAKE TOBA, NORTH SUMATERA. *Lake Toba is a high utilization lake, both in the mainland and in its waters. These activities will provide a supply of nutrients that can affect to the trophic state of waters. Has been studied availability of nutrients, especially total phosphorus (TP) and total nitrogen (TN), in order to evaluate trophic state condition and the threat of Lake Toba waters degradation. Research activities conducted at Lake Toba, North Sumatra Province on April 2009 and October 2009 at 12 stations, which represent the waters of lake, as well as some of the major rivers as Toba Lake inlet. Nutrient supply from the inflowing water, showed a high variation. Horizontal distribution of TP and TN varies according to the station, while the vertical distribution condition show that the higher levels were on 100 m depth. Base on TP level, water trophic status was between oligotrophic to hipereutrophic, but on average was in mesotrophic range. the trophic status was still oligotrophic. Vertical distribution pattern of TN and TP tended to increase with increasing depth. Even the availability of orthophosphate in the surface layer, which is the main nutrient of algae growth, is still relatively low, but in general, the nitrogenous tend to be a limiting factor for algae growth, with mass of N: P ratio <16.*

Key words: Lake Toba, Nitrogenous (N), Phosphorus (P), nutrient supply, nutrient distribution.

PENDAHULUAN

Senyawaan nitrogen dan fosfor di perairan darat, adalah senyawaan yang sangat penting sebagai sumber unsur hara bagi organisme nabati. Tinggi rendahnya senyawaan tersebut menjadi kriteria status perairan darat (Jorgensen & Vollenweider, 1989). Peningkatan muatan nitrogen anorganik ke dalam sungai dan danau seringkali sebagai akibat aktivitas pertanian, cairan limbah, dan polusi dari atmosfer akibat manusia. Di danau-danau oligotrof yang tidak produktif, ketersediaan fosfor sering menjadi faktor pembatas utama unsur hara untuk pertumbuhan vegetasi. Sebagaimana meningkatnya muatan fosfor ke dalam perairan tawar dan danau-danau menjadi lebih produktif, nitrogen menjadi lebih penting sebagai unsur hara pembatas pertumbuhan. Rasio N/P dapat digunakan sebagai pendekatan di perairan untuk melihat manakah yang lebih berperan sebagai faktor pembatas dalam pertumbuhan fitoplankton (Downing & McCauley, 1992).

Fosfor memainkan peran utama di dalam metabolisme biologis. Dibandingkan dengan mikronutrien lain yang dibutuhkan oleh biota, fosfor memiliki kelimpahan minimum dan umumnya merupakan unsur pertama pembatas produktivitas biologis. Keberadaan fosfor di perairan daratan diantaranya dapat berbentuk ortofosfat (PO_4^{-3}) yang merupakan bentuk fosfat anorganik terlarut yang secara langsung dapat digunakan oleh komponen nabati, dan fosfor dengan proporsi yang cukup besar terikat dalam fosfat organik dan sel-sel penyusun organisme hidup atau mati, serta di dalam atau diadsorpsi menjadi koloid organik. Nitrogen sebagaimana fosfor adalah satu penyusun utama protoplasma sel organisme, dan merupakan unsur hara pokok yang mempengaruhi produktivitas perairan tawar. Nitrogen organik terlarut (DON; *Dissolved Organic Nitrogen*) sering menyusun lebih dari 50% nitrogen terlarut

total di perairan tawar (Wetzel, 1981, Canfield, *et al.*, 2005).

Di wilayah Danau Toba kegiatan manusia sudah berlangsung dengan sangat intensif, baik di wilayah daratannya maupun di dalam perairan itu sendiri. Kegiatan-kegiatan tersebut akan memberikan pasokan hara yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan perairan danau. Perairan Danau Toba, merupakan salah satu danau yang menjadi daerah pariwisata utama di Indonesia, dengan kota-kota tujuan wisata yang telah cukup berkembang adalah Parapat, Balige dan Pangururan. Kegiatan lainnya yang juga telah ada adalah kegiatan usaha perikanan tangkap, yang tercatat sejak tahun 1950-an dengan jenis ikan tangkapan dominan ikan mujaer (*Oreochromis mossambicus*) dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) (Soerjani *et al.*, 1979). Pemanfaatan perairan Danau Toba lainnya adalah untuk budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA), dan pada tahun 1999 tercatat 2.400 unit telah beroperasi (Arifin, 2004).

Kondisi ketersediaan hara di perairan Danau Toba, khususnya Total Fosfor (TP), Total Nitrogen (TN), dan ortofosfat (PO_4^{-3}) sangat penting diketahui, mengingat aktivitas masyarakat di sekitarnya yang telah cukup tinggi serta pemanfaatan perairan yang juga telah berkembang.

Telah dilakukan penelitian kondisi ketersediaan komponen hara fosfor dan nitrogen di perairan Danau Toba dengan tujuan untuk evaluasi kondisi kesuburan dan tingkat ancaman degradasi perairan Danau Toba.

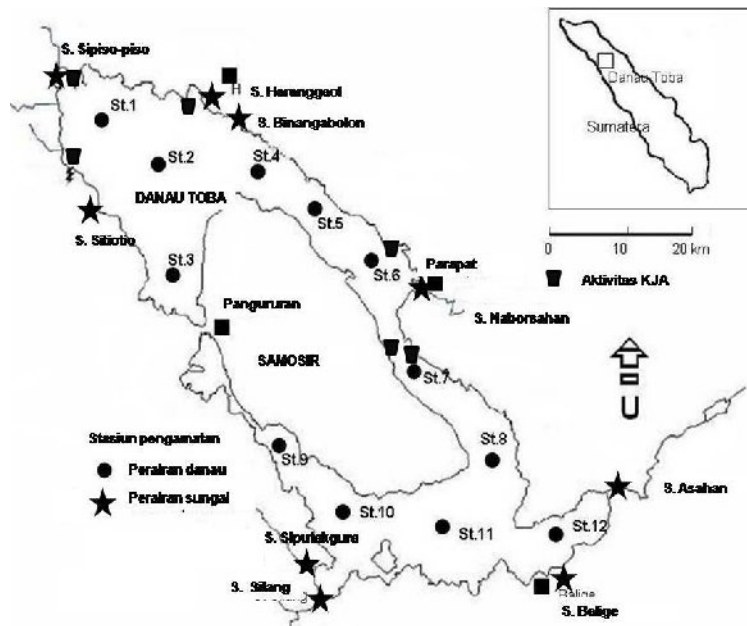
BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilakukan di Danau Toba, Provinsi Sumatera Utara pada bulan April 2009 dan Oktober 2009. Pengambilan air untuk contoh pengukuran kadar hara menggunakan *Kamerrer Water Sampler*. Air sebanyak 250 ml disimpan di dalam botol contoh dan diawet dengan H_2SO_4 . Untuk melihat distribusi

ketersediaan hara secara horizontal, contoh air diambil dari 12 stasiun yang mewakili perairan Danau Toba, dan sebagai pembandingan untuk bulan Oktober 2009 diukur di wilayah KJA Haranggaol dan wilayah pariwisata Parapat, serta beberapa sungai utama yang menjadi inlet Danau Toba (Gambar 1). Untuk melihat distribusi ketersediaan hara secara vertikal pada empat stasiun (Sta.2, Sta.5, Sta.7, dan Sta.11) diambil dari strata kedalaman 0 m, 100 m, 200 m, dan 300 m.

dibebaskan ditetapkan dengan menggunakan metode brucin yang diukur pada λ 425 nm. Parameter Klorofil-a ditetapkan dengan mengekstrak klorofil dengan aseton 9+1, dan diukur pada λ 750, 664, 647, dan 630 nm.

Untuk menghitung pasokan hara dari sungai-sungai terpilih dilakukan penghitungan debit sesaat. Kondisi debit aliran sungai diukur dengan metode pengukuran kecepatan arus menggunakan alat *current meter* type Swoffer model 2100 dan profil kedalaman air.



Gambar 1. Peta stasiun penelitian di Danau Toba

Analisis senyawaan unsur hara perairan meliputi Total Fosfor (TP), Total Nitrogen (TN), ortofosfat (PO_4^{3-}), dan klorofil-a dilakukan di laboratorium menggunakan metode spektrofotometri (APHA AWWA, 1995). Total Fosfor ditetapkan dengan mendekstruksi contoh air dengan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ dalam keadaan asam, dan ortofosfat yang dibebaskan diukur ortofosfatnya. Senyawaan ortofosfat ditetapkan dengan metode asam askorbat yang diukur pada λ 880 nm. Senyawaan Nitrogen (TN), ditetapkan dengan mendekstruksi contoh air dengan asam borat dalam keadaan basa, dan nitrat (NO_3^-) yang

HASIL DAN PEMBAHASAN

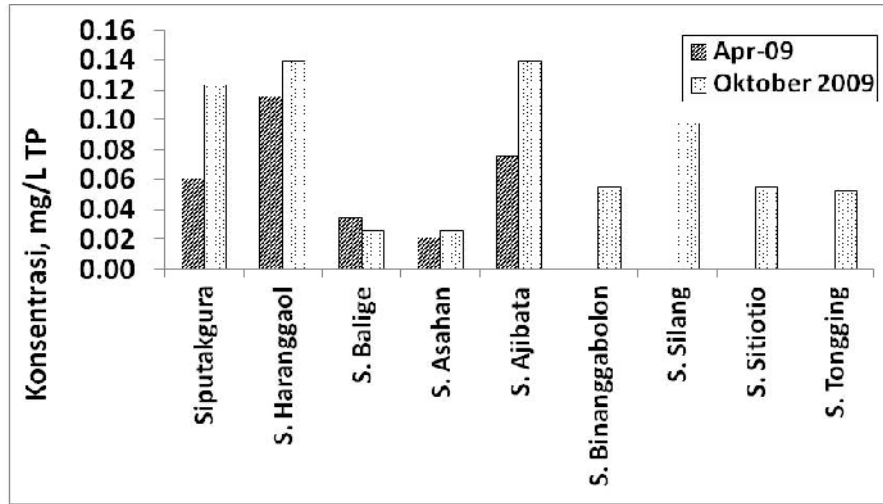
Pasokan Hara dari Inlet Danau Toba

Pasokan hara dari inlet-inlet Danau Toba, yaitu dari beberapa sungai yang terpilih menunjukkan adanya variasi yang tinggi. Sungai (S) Ajibata (S. Naborsahan), S. Haranggaol dan S. Siputakgura menunjukkan kadar TP dan TN yang cenderung tinggi. Kadar TP tertinggi di S. Naborsahan dan S. Haranggaol yaitu pada pengukuran bulan Oktober 2009 yang mencapai 0,139 mg/l, disusul oleh S. Siputakgura (0,124 mg/l) dan S. Silang (0,097 mg/l). Sementara itu, kadar TP yang terukur keluar melalui S. Asahan berada

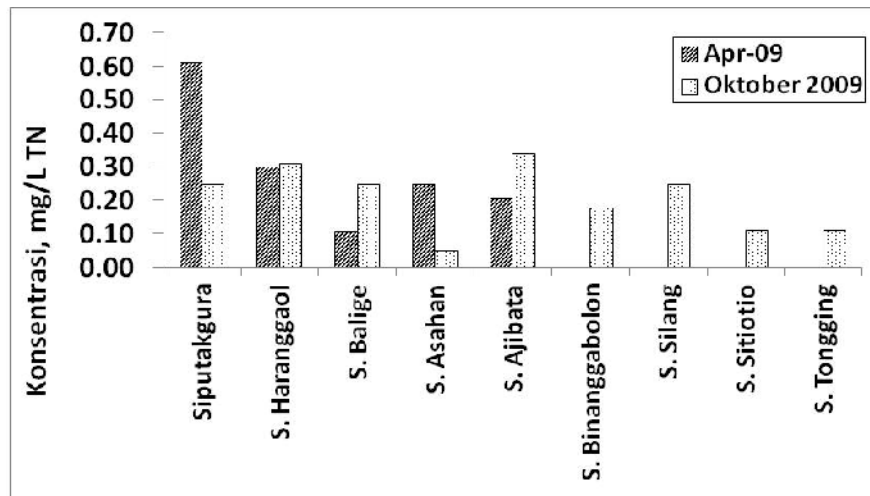
pada kisaran 0,021 - 0,026 mg/l (Gambar 2). Kadar TP terendah ditemukan di S. Tongging (0,053 mg/l), S. Binangabolon dan S.Sitiotio (0,055 mg/l).

Pada pengamatan terhadap kadar TN dari beberapa sungai yang menjadi inlet Danau Toba menunjukkan bahwa konsentrasi di sungai-sungai Siputakgura,

Naborsahan dan Haranggaol juga cenderung tinggi. Sungai Siputakgura dengan kadar TN tertinggi, teramati pada bulan April 2009 mencapai 0,611 mg/l, sedangkan kadar TN terendah teramati di S. Tongging dan S. Sitiotio dari pengamatan bulan Oktober 2009, masing-masing 0,111 mg/l (Gambar 3).



Gambar 2. Kadar TP yang terukur pada beberapa sungai yang menjadi inlet Danau Toba



Gambar 3. Kadar TN yang terukur pada beberapa sungai yang menjadi inlet Danau Toba

Tabel 1. Beban masukan TP dari sungai-sungai yang masuk ke perairan Danau Toba

No.	Sungai	April 2009			Oktober 2009			Muatan TP Rataan	
		Debit Sesaat (m ³ /dt)	Kadar TP (mg/m ³)	Muatan TP (mg/dt)	Debit Sesaat (m ³ /dt)	Kadar TP (mg/m ³)	Muatan TP (mg/dt)	(mg/dt)	(kg/hari)
1	Tongging	0,615	ta	ta	0,581	53	30,79	30,79*	2,66*
2	Sitio-tio	0,173	ta	ta	0,187	55	10,28*	10,28*	0,89*
3	Haranggaol	0,135	116	15,66	0,316	139	43,92	14,77	2,57
4	Binagabolon	ta	ta	ta	0,165	55	9,07	9,07*	0,78*
5	Naborsahan	2,382	76	181,03	1,958	139	272,16	226,60	19,58
6	Balige	1,766*	34	60,04	1,766	26	45,92	52,98	4,58
7	Siputakgura	1,432*	61	87,35	1,432	124	177,57	132,46	11,44
8	Silang	ta	ta	ta	10,606	97	1028,78	1028,78*	88,89*
9	Asahan	100**	21	2100,00	100**	26	2600,00	2.350,00	203,04

ta: Tidak ada data; *) Data Oktober 2009; **) Outlet Danau Toba

Tabel 2. Beban (muatan) masukan TN dari sungai-sungai yang masuk ke perairan Danau Toba

No.	Sungai	April 2009			Oktober 2009			Muatan TN Rataan	
		Debit Sesaat (m ³ /dt)	Kadar TN (mg/m ³)	Muatan TN (mg/dt)	Debit Sesaat (m ³ /dt)	Kadar TN (mg/m ³)	Muatan TN (mg/dt)	(mg/dt)	(kg/hari)
1	Tongging	0,615	ta	ta	0,581	111	64,49	64,49*	5,57*
2	Sitio-tio	0,173	ta	ta	0,187	111	20,76	20,76*	1,79*
3	Haranggaol	0,135	299	40,36	0,316	309	97,64	69,00	5,96
4	Binagabolon	ta	ta	ta	0,165	179	29,53	29,53*	2,55*
5	Naborsahan	2,382	204	485,93	1,958	340	665,72	575,82	49,75
6	Balige	1,766*	108	190,73	1,766	247	436,20	313,47	27,08
7	Siputakgura	1,432*	611	874,95	1,432	247	353,70	614,33	53,08
8	Silang	ta	ta	ta	10,606	247	2.619,68	2.619,68*	226,34*
9	Asahan	100**	248	24.800	100**	49	4.900	14.850	1283,04

ta: Tidak ada data; *) Data Oktober 2009; **) Outlet Danau Toba

Kadar TP dan TN yang tinggi berasal dari sungai-sungai yang melewati pemukiman penduduk dan pemanfaatan lahan yang tinggi. Sungai Naborsahan mengalir di kawasan Parapat, sedangkan S. Silang, dan S. Siputagura adalah sungai yang melintasi wilayah aktivitas pertanian dan perkebunan. Penggunaan lahan yang dominan di sub daerah tangkapan air (DTA) Naborsahan adalah pertanian lahan kering (42%), penggunaan lahan di sub DTA Silang di dominasi oleh lahan terbuka (25%), pertanian lahan kering (22%), dan hutan industri (17%) (Lukman *et al.*, 2010).

Tingginya pasokan hara juga tergantung pada debit aliran dari sungai-sungai yang diamati. Debit sesaat tertinggi yang tercatat adalah S. Silang yang mencapai 10,6 m³/dt, yang pengaruhnya

adalah muatan hara yang paling besar. Muatan TP rata-rata yang tercatat dari S. Silang mencapai 88,9 kg/hari, dan muatan TN rata-rata mencapai 226,3 kg/hari (Tabel 1 ; 2). Dilihat dari rata-rata beban hara dari S. Silang tersebut, relatif kecil bila dibandingkan dengan sungai yang sudah mengalami pencemaran seperti sungai Marimba di Zimbabwe yang beban masukannya bisa mencapai 468 kg/hari TP dan 2.084 kg TN/hari (Nhapi *et al.*, 2002).

Ketersediaan Unsur Hara secara Horizontal

Pada air permukaan, kadar TP yang terukur berkisar antara 0,005 mg/l (Sta. 2; April 2009) – 0,116 mg/l (Sta. 6; April 2009) sedangkan kadar TN antara 0,013 mg/l (Sta. 8; April 2009) – 0,457 mg/l (Sta.

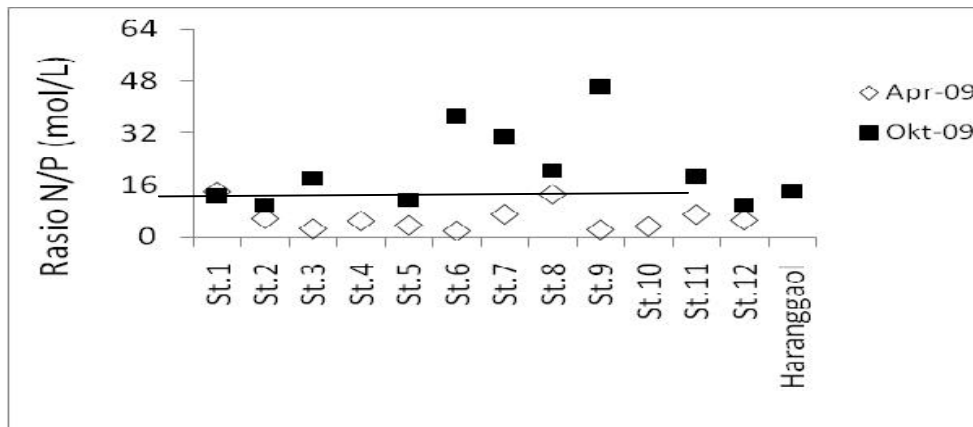
Haranggaol; Oktober 2009). Kadar rata-rata TP adalah antara 0,022 – 0,028 mg/l dan TN antara 0,055 – 0,186 mg/l (Tabel 3).

Mengacu pada ketentuan tingkat status trofik perairan Peraturan Menteri LH nomor 28/2009 (Anonim, 2009), kadar TP Danau Toba berada pada status antara oligotrofik ($< 0,010$ mg/l) hingga hipereutrofik ($\geq 0,100$ mg/l), namun secara rata-rata berada pada kisaran mesotrofik (0,025 mg/l; $<0,03$ mg/l). Sementara itu berdasarkan kadar TN, umumnya masih menunjukkan status oligotrofik ($< 0,650$ mg/l).

Komponen nitrogen di perairan Danau Toba hampir di setiap stasiun cenderung sebagai faktor pembatas pertumbuhan alga karena memiliki rasio massa N:P <16 , kecuali di St 6, 7, 8, dan 9 pada bulan Oktober (Gambar 4). Rasio kadar N/P (massa (mmol/L)) perairan Danau Toba berada pada kisaran 1,9 - 46,3. Rasio TN/TP ini merupakan "Redfield ratio" yang didapatkan untuk karakteristik plankton dan air laut pada samudera di seluruh dunia (Redfield, 1958 *dalam* Nöges *et al.*, 2008).

Tabel 3. Kadar TP dan TN pada permukaan Danau Toba

Stasiun	Kadar TP (mg/l)		Kadar TN (mg/l)	
	April 2009	Oktober 2009	April 2009	Oktober 2009
1	0,008	0,016	0,051	0,093
2	0,005	0,021	0,013	0,093
3	0,016	0,018	0,019	0,148
4	0,045	0,020	0,102	ta
5	0,034	0,018	0,057	0,093
6	0,116	0,018	0,102	0,302
7	0,026	0,018	0,083	0,253
8	0,018	0,008	0,108	0,074
9	0,018	0,013	0,019	0,272
10	0,021	ta	0,032	ta
11	0,018	0,021	0,057	0,179
12	0,008	0,021	0,019	0,093
Haranggaol	ta	0,071	ta	0,451
Rata-rata	0,028	0,022	0,055	0,186



Gambar 4. Rasio N/P (massa, mol/L) di Danau Toba

Kesetersediaan Unsur Hara secara Vertikal

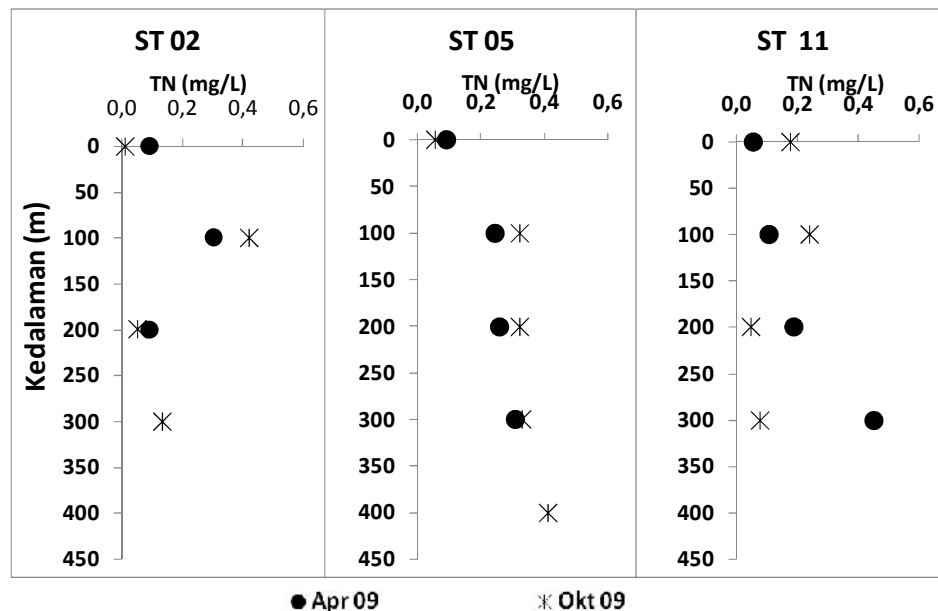
Distribusi vertikal Total Nitrogen (TN) di Danau Toba walaupun tidak menunjukkan pola yang mirip antara bagian utara danau (Sta. 2), tengah (Sta. 5), dan selatan (Sta. 11), tetapi secara umum baik pada bulan April maupun Oktober 2009, profil kadar TN cenderung memiliki pola yang sama. Setelah kedalaman 100 m kadar TN lebih tinggi bila dibandingkan di permukaan, dan cenderung meningkat dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 5). Walaupun profil ini tidak tampak di Stasiun 2, tetapi pada kedalaman >100 m, kadar TN lebih tinggi dibanding permukaan.

Distribusi vertikal Total Fosfor (TP) di Danau Toba di bulan April dan Oktober 2009 menunjukkan pola yang menaik kadarnya sejalan dengan bertambahnya kedalaman di setiap stasiun (Gambar 6). Kecuali di Stasiun 5 pada bulan April 2009, yang mewakili tengah danau, pada

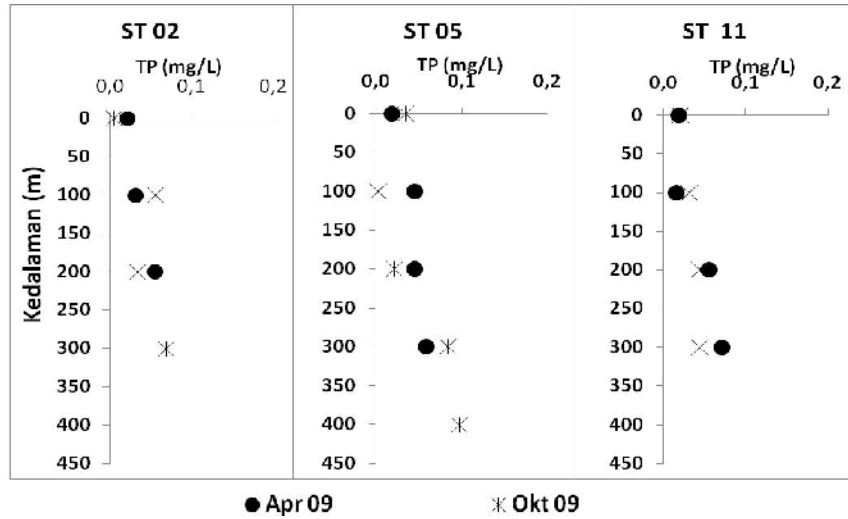
kedalaman 100 m kadar TP lebih rendah bila dibandingkan dengan kedalaman lainnya.

Secara keseluruhan kadar TN dan TP di permukaan Danau Toba terlihat lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar di bagian dasar (Gambar 7 ; 8) maupun di sungai-sungai yang masuk ataupun yang keluar (S. Asahan) (Gambar 2; 3). Kadar TN di permukaan danau di bulan Oktober rata-rata lebih tinggi bila dibandingkan dengan kadar TN di bulan April 2009 (Tabel 3; Gambar 7, 8).

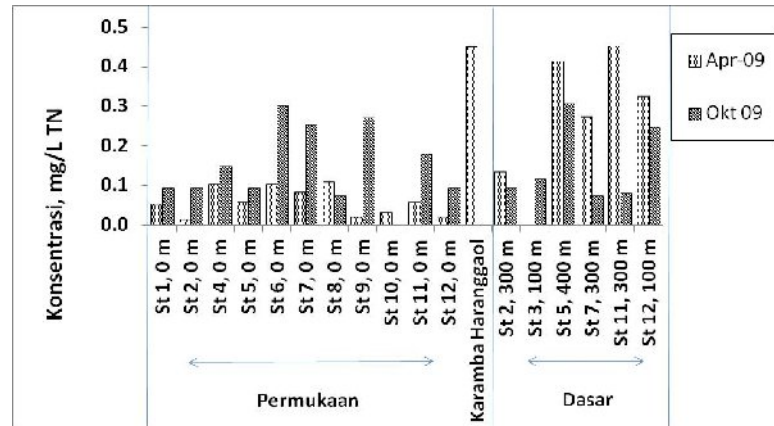
Kadar TN di bulan April yaitu berkisar antara 0,013-0,108 mg/l dengan rata-rata 0,058 mg/l, sedangkan di bulan Oktober adalah berkisar antara 0,074-0,302 mg/l dengan rata-rata 0,162 mg/l. Di bagian dasar, kadar TN di bulan April dan Oktober 2009 berturut-turut adalah berkisar antara 0,000 – 0,452 mg/l dengan rata-rata 0,266 mg/l dan 0,035 – 0,309 mg/l dengan rata-rata 0,179 mg/l.



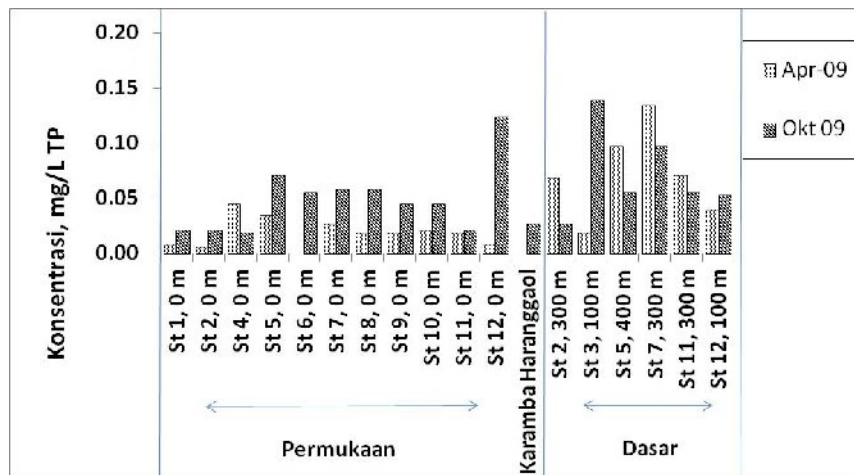
Gambar 5. Distribusi spasial Total Nitrogen (TN) di perairan Danau Toba



Gambar 6. Distribusi spasial Total Fosfor (TP) di Danau Toba



Gambar 7. Distribusi Total Nitrogen (TN) Danau Toba bulan April dan Oktober 2009



Gambar 8. Distribusi Total Fosfor (TP) Danau Toba bulan April dan Oktober 2009

Kadar TP di permukaan pada bulan April 2009 berkisar antara 0,013-0,045 mg/l dengan rata-rata 0,029 mg/l, di bulan Oktober 2009 berkisar antara 0,008-0,021 mg/l dengan rata-rata 0,017 mg/l. Di bagian dasar danau kadar TP pada bulan April 2009 berkisar antara 0,018 – 0,134 mg/l dengan rata-rata 0,134 mg/l dan di bulan Oktober 2009 berkisar antara 0,021- 0,058 mg/l dengan rata-rata 0,047 mg/l.

Tingginya rata-rata kadar TN dan TP di bagian dasar danau menunjukkan fenomena yang menarik, karena menunjukkan adanya akumulasi TN dan TP di bagian dasar danau. Hal ini tidak terlepas dari proses biogeokimia kedua senyawaan unsur hara tersebut. Senyawaan P akan mengendap ketika ortofosfat di zona epilimnion yang bersifat aerobik akan mengalami ko-presipitasi dan adsorpsi dengan partikulat atau logam makro seperti besi, mangan, aluminium dan senyawaan organik ke bagian yang lebih dalam. Kadar TN dan TP yang berasal dari sungai-sungai adalah merupakan salah satu pasokan unsur hara yang masuk ke dalam danau.

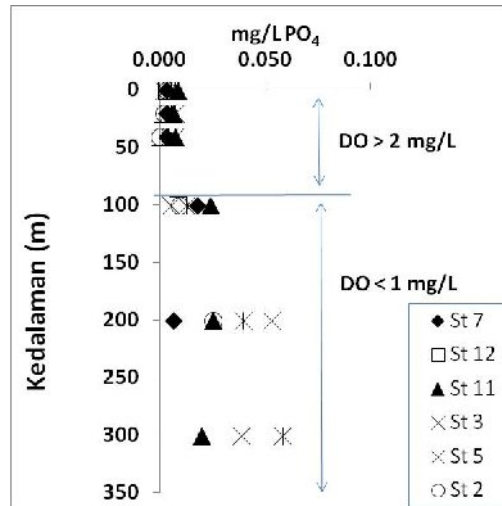
Pengaruh KJA dapat dilihat di satu stasiun yang padat KJA, yaitu di Haranggaol. Kadar TN dan TP di stasiun Haranggaol (Gambar 7; 8) menunjukkan nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kadar di stasiun lainnya di bagian permukaan danau. Aktifitas pemberian pakan ikan diduga menjadi sumber masukan dari unsur hara TN dan TP.

Produktivitas di danau ini tergolong rendah, diindikasikan dengan kedalaman Secchi yang berada pada kisaran 7 – 15 m (Lukman, 2011). Hal ini dikarenakan kadar ortofosfat yang merupakan jenis senyawaan fosfor yang tersedia bagi fitoplankton di lapisan permukaan perairan Danau Toba sampai kedalaman 40 meter (Kedalaman

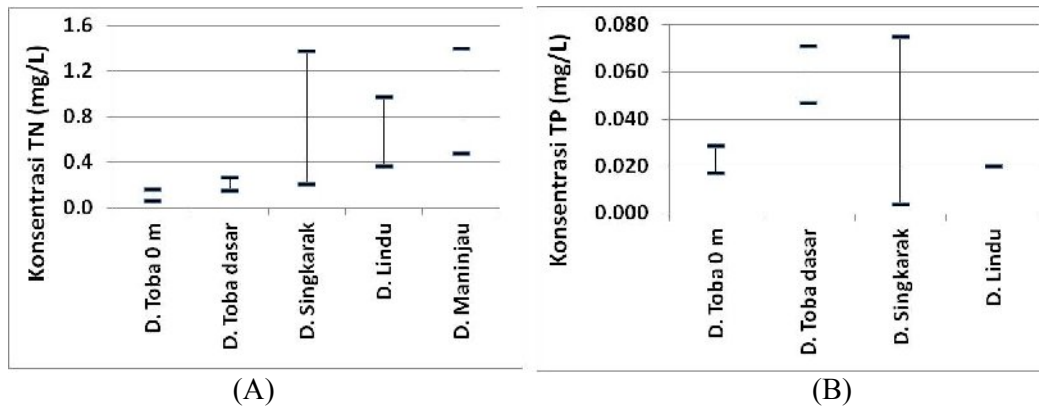
eufotiknya \approx 27m; Lukman, 2011) relatif masih rendah yaitu berkisar antara 0,00 - 0,007 mg/l. Tampaknya semua bentuk partikulat dari senyawaan fosfor ini akan terakumulasi ke bagian dasar danau, yang ditandai dengan tingginya kadar TP di lapisan perairan bagian dalam.

Secara keseluruhan dinamika ortofosfat yang merupakan unsur hara fosfor tersedia bagi pertumbuhan fitoplankton di Danau Toba sangat tergantung pada kondisi oksigen terlarut (DO) di kolom air danau tersebut. Kadar oksigen di Danau Toba sampai kedalaman 100 m masih bersifat aerobik sedangkan kadar DO setelah kedalaman 100 m sudah bersifat anaerobik. Kadar ortofosfat di daerah permukaan relatif kecil sedangkan setelah kedalaman 100 m dengan berkurangnya kadar DO, ortofosfat mulai dilepaskan dari bentuk partikulatnya (Gambar 9). Tingginya kadar ortofosfat ini dapat jadi berasal dari proses degradasi dari senyawaan organik fosfat maupun adanya pelepasan dari TP yang terakumulasi di bagian dalam, atau sebagaimana menurut Liam (1992) bahwa senyawaan ortofosfat yang dibebaskan dari sedimen berdifusi ke bagian lapisan atas (Liam, 1992).

Bila dibandingkan dengan danau lain seperti Danau Maninjau (Sulastri, 2002), Danau Singkarak (Sulawesty *et al.*, 2002; Sulawesty, 2007), Danau Lindu (Lukman, 2002; Lukman dan Ridwansyah, 2003), rata-rata kadar TN dan TP Danau Toba baik di permukaan maupun di dasar relatif lebih rendah (Gambar 10). Danau Singkarak mempunyai kandungan TN yaitu 0,206-1,374 mg/l sedangkan TP berkisar antara 0,004-0,075 mg/l. sedangkan kadar TN di Danau Lindu berkisar antara 0,365-0,974 mg/l, dan TP antara <0,02 mg/l (Gambar 10).



Gambar 9. Distribusi spasial ortofosfat bulan Oktober 2009 pada setiap stasiun di Danau Toba



Gambar 10. Perbandingan kadar TN (A) dan TP (B) Danau Toba dengan danau lain

KESIMPULAN

Ketersediaan unsur hara (TN dan TP) tidak terlepas dari distribusinya secara vertikal dan horizontal di kolom air Danau Toba. Kadar unsur hara di permukaan danau terlihat lebih kecil bila dibandingkan dengan kadar di bagian dasar kolom air dan di aliran sungai yang masuk ke Danau Toba. Berdasarkan rasio TN dan TP di lapisan permukaan perairan, senyawaan nitrogen lebih dominan sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan alga. Ketersediaan ortofosfat sebagai hara utama pertumbuhan alga di lapisan permukaan relatif masih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S., 2004. Pengelolaan Ekosistem Kawasan Danau Toba yang Berwawasan Lingkungan. Prosiding Lokakarya Danau Kedua Pengelolaan Danau Berwawasan Lingkungan di Indonesia. Forum Danau Indonesia (FDI) dan International Lake Environment Committee Foundation (ILEC). Hal. 89 – 95.
- Canfield DE, Kristensen E, & Thamdrup BO., 2005. *Aquatic Geomicrobiology, Advance in Marine Biology*. Volume ke-48. Oxford: Elsevier Academic Press.

- Downing, J.A., & E. McCauley, 1992. The Nitrogen:phosphorus Relationship in Lakes. *Limnol. Oceanogr.* 37:936-945.
- Jorgensen, S. E. & R. A. Vollenweider, 1989. Guidelines of Lake Management. *Principles of Lake Management*. Vol. 1. International Lake Environment Foundation. Shiga-Japan. 197p.
- Liam A. Kelly, 1992. Dissolved Reactive Phosphorus Release from Sediment Beneath a Freshwater Cage Aquaculture Development in West Scotland. *Hidrobiologia*. In: Sediment Water Interaction. B.T. Hart & P.G. Sly (eds). Belgium. 569-572.
- Lukman, 2002. Karakteristik Kualitas Air Kawasan Danau Lindu. Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002.
- Lukman & I. Ridwansyah, 2003. Kondisi Daerah Tangkapan dan Ciri Morfometri Danau Lindu Sulawesi Tengah. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, No. 35: 11 -20
- Lukman, 2011. Ciri Wilayah Eufotik Perairan Danau Toba. Prosiding Seminar Nasional Hari Lingkungan Hidup 2011. "Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup berbasis Kearifan Lokal. PPLH –LPPM Unsoed, Ikatan Ahli Lingkungan Hidup Indonesia. Tema II. Konservasi Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Hal. 130 - 139
- Smith, V.H., G.D. Tilman & J.C. Nekola, (1999). Eutrophication: Impacts of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems. *Environmental Pollution*, 100, pp: 179-196.
- Soerjani, M., S. Wargasasmitha, A. Djalil, & S. Tjitrosoedirdjo, 1979. Survey Ekologi Danau Toba. Laporan Akhir. Thn.1978 – 1979. Univ. Indonesia-Dep. PU. 24 hal.
- Sulastri, 2002. Komposisi, Kelimpahan dan Distribusi Fitoplankton sebagai Dasar Analisis Kondisi Pencemaran Danau Maninjau, Sumatera Barat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002. Puslit Limnologi – LIPI. Hal. 255-271
- Sulawesti, F., S. Sunanisari, E. Mulyana, M.S. Syawal, S. Nomosatryo & H. Fauzi. Kondisi Limnologi Danau Singakrak. Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002. Menuju Kestinambungan Pemanfaatan Sumberdaya Perairan. 22 April 2002. Bogor. Puslit Limnologi LIPI. Hal. 95-108.
- Sulawesty, F., 2007, Distribusi Vertikal Fitoplankton di Danau Singkarak, LIMNOTEK Perairan Darat Tropis Di Indonesia. Vol. XIV, No. 1 : 37 – 46.
- Wetzel, R. G., 1983. *Limnology*. W. B. Saunders College Publ., Philadelphia. 743 pp.