



KONSENTRASI UNSUR HARA DAN KLOOROFIL-a DI DANAU TOWUTI, SULAWESI SELATAN

Sulastri, Syahroma Husni Nasution, dan Sugiarti

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

E-mail: lastri@indo.net.id

Diterima: 5 Maret 2015, Disetujui : 17 September 2015

ABSTRAK

Danau Towuti merupakan salah satu danau oligotrofik di kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Danau ini memiliki keanekaragaman sumberdaya ikan endemik yang tinggi dan bernilai ekonomis guna mendukung masyarakat disekitarnya. Pengelolaan sumberdaya ikan endemik secara berkelanjutan melalui penetapan kawasan konservasi belum dikembangkan di danau ini. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui konsentrasi unsur hara dan klorofil-a untuk digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam memilih calon kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik di Danau Towuti. Penelitian dilakukan diwilayah litoral danau yang mencakup 7 stasiun pada tahun 2009 serta 10 dan 11 stasiun pada tahun 2010 dan tahun 2011. Lokasi mencakup stasiun di kawasan Tominanga dan Kawatang. Sampel air untuk pengamatan amoniak, nitrat, total nitrogen, total fosfor, fosfat dan klorofil-a diambil secara stratifikasi menurut kedalaman danau dan dianalisis mengikuti prosedur metode standar (APHA, 1992). Rata-rata konsentrasi nitrat, amonia, total nitrogen, fosfat, total fosfor dan klorofil pengamatan tahun 2009 menunjukkan kondisi perairan alami atau oligotrofik. Pengamatan 2010 dan 2011 di stasiun di kawasan Kawatang, konsentrasi TP menunjukkan nilai yang tinggi dengan kisaran masing-masing 0,180 – 0,265 mg/L dan < 0,001 – 0,950 mg/L. Demikian juga TN, amonia dan klorofil-a pada tahun 2011 beberapa stasiun dikawasan ini menunjukkan konsentrasi yang tinggi dengan kisaran masing-masing 0,903 – 2,810 mg/L; 0,001 – 0,146 mg/L dan 0,0 – 23,665 µg/L. Di stasiun kawasan Tominanga selama kurun waktu pengamatan konsentrasi TN, TP, nitrat, fosfat, klorofil-a umumnya menunjukkan kondisi perairan alami, sedangkan amonia konsentrasinya bervariasi. Berdasarkan konsentrasi unsur hara dan klorofil-a, disimpulkan kawasan Tominanga lebih sesuai dipilih sebagai kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik di Danau Towuti.

Kata kunci: Unsur hara, klorofil-a, litoral, oligotrofik, konservasi, Danau Towuti.

ABSTRACT

NUTRIENT AND CHLOROPHYLL-a CONCENTRATION IN LAKE TOWUTI, SOUTH SULAWESI. Lake Towuti is one of oligotrophic lakes located in South Sulawesi. This lake has an importance and high economic value of endemic species to support the life of local people. Sustainable management of the endemic species conducted through conservation development has not been done in this lake. This study was aimed to know the nutrient and chlorophyll-a concentration used to determine conservation zone of endemic species in Lake Towuti. The study was conducted at littoral zone consist of 7 stations in 2009, 10 and 11 stations located at Kawatang and Tominanga area in 2010 and 2011, respectively. Water samples for analysis of nitrate, ammonia, total nitrogen, phosphate, total phosphorus and chlorophyll-a were taken stratifically based on the water depth and analysis according to the standard method procedure (APHA, 1992). The average concentration of nitrate, ammonia, total nitrogen, phosphate, total phosphorus and chlorophyll-a observed in 2009 showed that the status of water quality was in natural condition or oligotrophic. Observation in 2010 and 2011, at the stations of Kawatang area, TP concentration showed higher value in the range 0.180 – 0.265 mg/L and < 0.001 – 0.950 mg/L. In this area concentration of TN, ammonia and chlorophyll-a were also high observed in 2011 in the range 0.903 – 2.810 mg/L; 0.001 – 0.146 mg/L and 0.0 – 23,665 µg/L, respectively. In stations of Tominanga area, the concentration of nitrate, phosphate, TN, TP and Chlorophyll-a showed that the status of water quality was in natural condition, while the concentration of ammonia showed a variation observed in 2010 and 2011. Based on the concentration of nutrient and chlorophyll-a, Tominanga was more suitable for conservation area of endemic fish resources in Lake Towuti.

Key Words: Nutrient, chlorophyll-a, oligotrophic, conservation, Lake Towuti

PENDAHULUAN

Danau Towuti merupakan salah satu danau oligotrofik yang terletak di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Kecerahan perairan D. Towuti di wilayah pelajik dilaporkan mencapai 22,22 m, sedangkan konsentrasi nitrat, fosfat dan klorofil-a menurut kedalaman masing-masing berkisar 0,000-0,323 mg/L; 0,000-0,018 mg/l dan 0,19 – 0,39 µg/L (Okino. *et al.*, 1992). Danau ini merupakan danau terbesar kedua di Indonesia yang terletak pada ketinggian 293 m dpl dengan Luas 561,1 km² dan kedalaman maksimum 203 m (Fernando, 1984 dalam Witten *et al.*, 1987; Hartoto & Awalina, 2002)

Danau Towuti memiliki keanekaragaman ikan endemik yang tinggi dan bernilai ekonomis penting untuk mendukung kehidupan masyarakat di sekitarnya. Terdapat 29 species ikan dari 13 famili dan 16 spesies diantaranya adalah ikan endemik, disamping itu terdapat 15 sampai 25 krustase dan beberapa jenis moluska yang bersifat endemik (Wiryoatmojo *et al.*, 2003; Nasution *et al.*, 2009^a). Rintelen & Cai (2009) melaporkan terdapat 13 jenis udang di Danau Towuti dan beberapa jenis diantaranya adalah udang endemik. Jenis- jenis udang hias endemik seperti *Caridina spinata*, *Caridina lingkonae* dan *Caridina glaubrechtii*. *Caridina spinata* merupakan komoditas ekspor. Kegiatan ekspor udang hias ini dikhawatirkan dapat menurunkan populasinya apabila tidak dikelola dengan baik karena terjadi penangkapan intensif (Nasution, 2011). Udang hias umumnya menempati perairan dangkal (< 3 – 5 m) dan perairan dalam (>15 m) dengan substrat kerikil sampai batuan keras (Boulder) (Rintelen & Cai, 2009).

Disamping itu jenis ikan endemik seperti ikan pangkilang (*Telmatherina celebensis*) dan ikan butini (*Glossogobius matanensis*) juga menjadi tangkapan utama nelayan di wilayah tersebut. Ikan Pangkilang yang memiliki ukuran 7 – 8 cm umumnya dijual dalam bentuk kering dengan harga jual berkisar Rp 60.000-Rp 80.000.- per kg. Ikan ini ditangkap menggunakan alat tangkap bagan yang juga dikawatirkan dapat mengancam populasi sumberdaya ikan

endemik bila tidak diatur pengelolaannya. Di beberapa kasus alat bagan ini menggunakan mata jaring yang lebih halus sehingga dikhawatirkan mempercepat penurunan populasi ikan. Oleh karena itu perlu upaya pengelolaan sumberdaya ikan endemik di D. Towuti melalui penetapan zona kawasan konservasi agar dapat memanfaatkan sumberdaya ikan secara berkelanjutan.

Zona kawasan konservasi sumberdaya ikan merupakan suatu habitat yang mampu mendukung secara terus menerus berlansungnya reproduksi dan pertumbuhan ikan atau habitat yang mampu mendukung sumber daya ikan untuk melakukan pemijahan, mencari makan, bermain dan berlindung dari ancaman kondisi buruk. Oleh karena itu pemilihan kawasan konservasi sumberdaya ikan perlu didasarkan pada integritas biologi perairan yakni kemampuan suatu habitat untuk mendukung dan memelihara keseimbangan komunitas biota yang adaptif terdiri dari komposisi spesies, diversitas, dan organisasi fungsional serta habitat tersebut dapat dibandingkan dengan habitat alami dari suatu region yang sama (Angermeier & Karr, 1995).

Telah dilakukan beberapa kajian guna menentukan calon kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik di danau Towuti, diantaranya adalah distribusi dan kelimpahan serta habitat sumberdaya ikan endemik, pemetaan wilayah penangkapan sumberdaya ikan dan kondisi sosial ekonomi perikanan di D. Towuti (Nasution, 2011). Parameter lainnya yang perlu diamati adalah konsentrasi unsur hara dan klorofil-a diwilayah litoral yang menjadi habitat sumberdaya ikan endemik di D. Towuti.

Unsur hara dan klorofil a merupakan parameter penting yang sering digunakan untuk mengetahui kualitas perairan dikaitkan dengan status trofik perairan (Wetzel, 2001; Handerson & Markland, 1987). Di perairan, unsur hara merupakan unsur utama yang diperlukan untuk menopang pertumbuhan dan reproduksi fitoplankton (Harper, 1995), namun meningkatnya masukan unsur hara ke perairan dapat mendorong pertumbuhan fitoplankton dan memicu terjadinya

eutrofikasi. Eutrofikasi perairan yang diindikasikan oleh tingginya produksi alga dapat meningkatkan bahan organik dan penggunaan oksigen oleh mikroorganisme dalam merombak bahan organik tersebut. Hilangnya oksigen sebagai hasil dari proses dekomposisi bahan organik ini selanjutnya berdampak kepada kematian organisme perairan atau sumberdaya ikan (Round, 1984). Eutrofikasi yang diindikasikan menurunnya kecerahan perairan dan tingginya material tersuspensi dapat mengganggu aktivitas ikan dalam reproduksi dan mencari makan (Jobling, 1995; Nurminen *et al.*, 2010). Oleh karena itu tingkat kontaminasi unsur hara juga sering digunakan untuk menilai tingkat kesuburan, integritas biologi, dan status ekologi perairan (Wetzel, 2001; Sulastri *et al.*, 2010). Sondergaard *et al.* (2005) memilih parameter fosfor untuk mengklasifikasi status ekologis danau-danau Danish dan melaporkan TP memiliki respon dan korelasi positif terhadap klorofil-a, total nitrogen, total suspended solid (TSS) dan peubah parameter biologi lainnya seperti biomasa fitoplankton, zooplankton dan ikan.

Walaupun Danau Towuti tergolong perairan alami atau oligotrofik, namun dalam menentukan zona kawasan konservasi perlu dipilih kondisi kualitas perairan yang terbaik. Menurut Wetzel (2001), wilayah litoral yang berdekatan dengan pantai merupakan zona transisi yang menghubungkan daerah tangkapan air (*catchment area*) dengan wilayah perairan terbuka dan memberikan habitat unik berbagai jenis organisme. Seperti juga di D. Towuti berbagai jenis biota endemik seperti udang menempati perairan dangkal atau wilayah litoral (Rintelen & Cai, 2009). Menurut Bocaniov (2013), zona litoral danau yang berdekatan dengan pantai kondisi lingkungannya lebih banyak dipengaruhi oleh beban masukan material alohtonus dari daratan sekitarnya. Berkembangnya aktivitas antropogenik di area sekitar D. Towuti dengan cepat dapat mempengaruhi kondisi kualitas air, diantaranya dapat diindikasikan oleh peningkatan unsur hara dan peningkatan klorofil-a di wilayah litoral perairan danau.

Oleh karena itu dalam menentukan calon kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik perlu diketahui tingkat konsentrasi unsur hara dan klorofil-a di wilayah litoral di D. Towuti. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui konsentrasi unsur hara dan klorofil-a di wilayah litoral sebagai dasar dalam memilih calon kawasan konservasi sumber daya ikan endemik di D. Towuti.

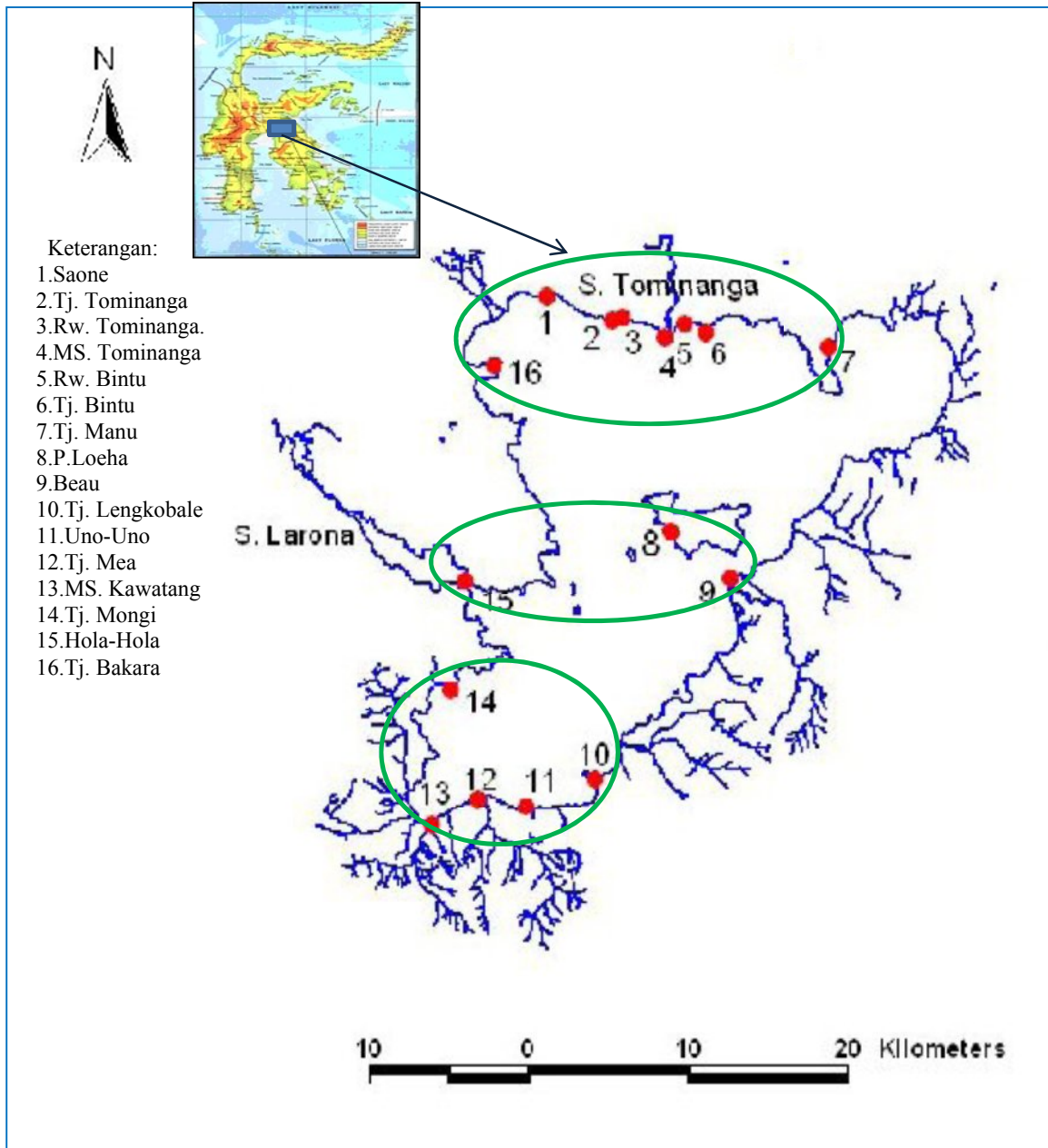
METODE

Penelitian dilakukan di Danau Towuti. Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan pada tahun 2009 (Juni dan Oktober); 2010 (September) dan 2011 (Juni dan September). Pemilihan waktu pengamatan didasarkan pertimbangan periode iklim, mengingat masukan unsur hara ke danau berasal dari aliran sungai dan anak sungainya, hujan, run off dan atmosfer (Goldman & Horne, 1983). Di Sulawesi Selatan secara khusus menurut wilayah memiliki perbedaan periode musim. Di Sulawesi Selatan bagian Utara yang mencakup wilayah penelitian ini merupakan daerah basah yang hampir tiap bulan ada hujan, namun hujan terendah atau bawah normal dijumpai pada bulan September dan Oktober dan hujan yang tinggi di Jumpai pada bulan April, Mei dan Juni (http://www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/Publikasi/Artikel/BERKAH_IKLIM_YANG_BERVARIASI.bmkg; BMKAG Maros, 2012). Pengambilan data dilakukan pada wilayah litoral danau yang merupakan habitat penting bagi sumberdaya ikan endemik (ikan, udang dan moluska) (Nasution 2009; Rintelen & Cai (2009).

Pengambilan data pada tahun 2009 dilakukan pada 7 stasiun (Stasiun dekat muara sungai (MS) Tominanga, Tj. Manu, P. Loeha, Tj. Bakara, sekitar Pulau Loeha, Beau dan stasiun dekat Muara sungai (MS) Kawatang). Pengamatan tahun 2010 dilakukan pada 11 stasiun (Saone, Tj. Tominanga, Rw. Tominanga, MS. Tominanga, Rw. Bintu, Tj. Bintu, Tj. Lengkobale, Uno-Uno, Tj. Mea, MS Kawatang, Tj Mongi). Pemilihan stasiun berdasarkan keragaman fisik habitat seperti kondisi substrat, kedekatan dengan aliran air

masuk dan keluar danau dan kondisi vegetasi sekitar danau. Posisi geografi dan karakteristik kondisi fisik stasiun pengamatan disajikan pada Gambar 1 dan Table 1.

kedua kawasan tersebut lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya (Nasution, 2009; 2010). Pengambilan data untuk perairan dangkal dilakukan pada permukaan perairan dan pada perairan yang lebih dalam



Gambar 1. Lokasi stasiun pengambilan data tahun 2009 dan 2010

Pengambilan data tahun 2011 dilakukan di kawasan Kawatang dan Tominanga masing masing sebanyak 10 stasiun (Gambar 2 dan Tabel 2). Pemilihan kedua kawasan ini didasarkan dari hasil kajian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kelimpahan sumberdaya ikan di

dilakukan secara stratifikasi, yakni pada permukaan perairan (0 m), setengah kedalaman Secchi Dish (0,5 SD), kedalaman Secchi Dish (SD), kedalaman eufotik (2,7 SD) dan dasar perairan. Parameter yang diamati meliputi nitrat, amonia, fosfat, total nitrogen, total fosfor dan klorofil-a. Sampel

air untuk analisis nitrat, amonia, fosfat, total nitrogen dan total fosfor diambil menggunakan *vandorn bottle sampler* dan diawetkan mengacu metode standard APHA

(1992). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Hidrokimia, Puslit Limnologi-LIPI.

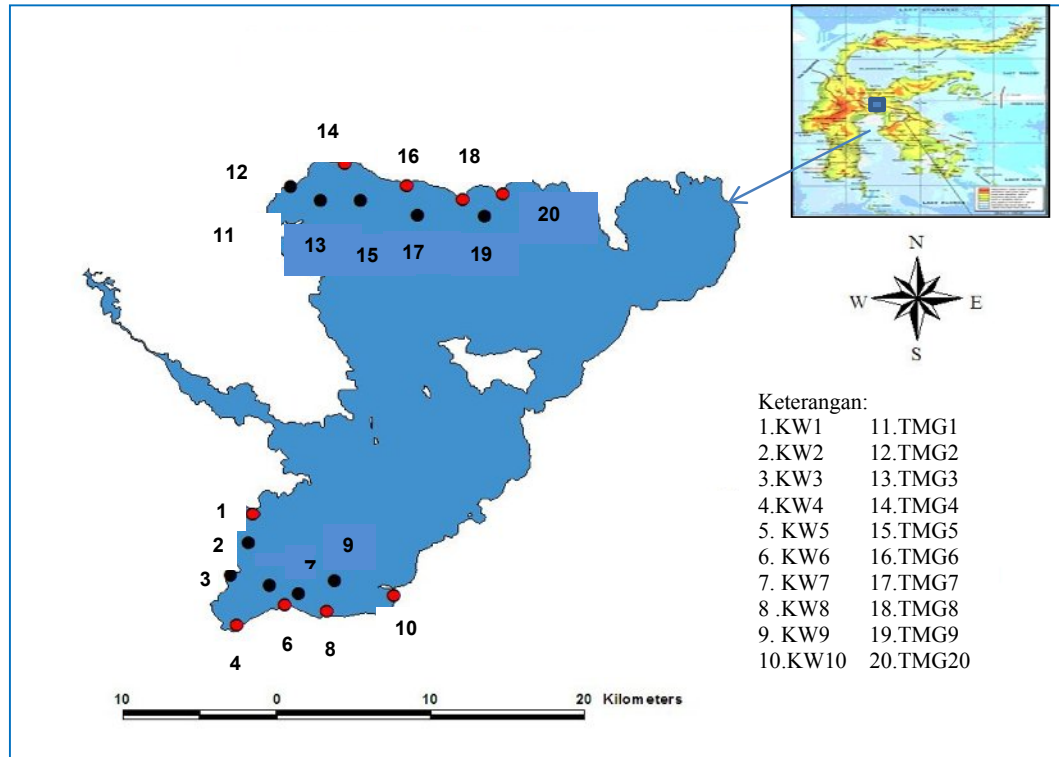
Tabel 1. Koordinat dan karakteristik fisik habitat stasiun pengamatan.

Kawasan	Nama stasiun	Koordinat	Karakteristik habitat
Tominanga	Saone	E: 02° 38,568' S :121° 27,646'	Substrat: batuan >15 cm, kerikil, pasir Lingkungan sekitar: pantai curam. vegetasi riparian masih baik
	Tj Tominanga	E: 02° 39,394' S: 121° 29,852'	Substrat: Batuan >15 cm, kerikil, pasir, kayu, ranting, serasah daun terendam Lingkungan sekitar: Vegetasi riparian relatif masih baik, tidak ada makrofita air, pantai curam
	Rw Tominanga	E02° 39,271' S 121° 30,182'	Substrat: Pasir halus Lingkungan sekitar: rawa, banyak rumput terendam karena air tinggi, pantai landai
	MS. Tominanga **	E 02° 39,939' S 121° 31,630'	Substrat: Batuan >15 cm, kerikil, pasir Lingkungan sekitar: banyak kayu terapung (bunut), rumput, tidak ada makrofita air, ada aliran air masuk ke danau dari Sungai Tominanga
	Rawa Bintu	E: 02° 39,460' S: 121° 32,257'	Substrat: Pasir, tanaman rumput terendam Lingkungan sekitar: ditemukan banyak ikan Pangkilang, Bontibonti dan Bungo, pantai curam
	Tj Batu	E: 02° 39,772' S: 121° 33,007'	Substrat: Batuan >15 cm, kerikil, pasir, kayu, ranting, serasah daun terendam Lingkungan sekitar: Tidak terdapat makrofita air, vegetasi riparian masih baik, pantai curam
	Tj Manu	E: 02° 40,406' S: 121° 37,081'	Substrat: Pasir hitam Lingkungan sekitar: tidak terdapat makrofita air,
	Tj. Bakara*	E 02° 40,893' S 121° 25,873'	Substrat: Batuan >15 cm, lumpur berpasir Lingkungan sekitar: Ada vegetasi air berbatang tinggi (pandan).
Tengah	P. Loeha*	E 02° 46,505' S 121° 31,830'	Substrat: Batuan >15 cm, lumpur Lingkungan sekitar: Pulau di tengah danau; tidak ada makrofita air, jauh dari pemukiman
	Beau*	E 02° 48,091' S 121° 33,848'	Substrat: Lumpur Lingkungan sekitar: Ada aliran air masuk dari S. Babasalo; rawa-rawa; ada banyak vegetasi air, dekat pemukiman,
	Hola-Hola*	E: 02° 48,187' S: 121° 24,941'	Substrat: Tumbuhan lumut dari pantai sampai kedalaman 5 m. Lingkungan sekitar: aliran air keluar dari danau (Hulu sungai Larona),
Kawatang	Tj. Lengkobale	E 02° 54,872' S 121° 29,278'	Substrat: Batuan >15 cm, kerikil dan pasir Lingkungan sekitar: Tumbuhan menaungi sebagian permukaan air danau, banyak penebangan hutan,
	Uno-Uno	E 02° 55,794' S 121° 26,956'	Substrat: Batuan >15 cm, kerikil dan pasir, Lingkungan sekitar: Tidak terdapat makrofita air
	Tj. Mea	E 02° 55,532' S 121° 25,301'	Substrat: Kayu terendam, pasir dan kerikil. Lingkungan sekitar: Vegetasi riparian mulai rusak dan banyak penebangan pohon.
	MS Kawatang**	E 02° 56,377' S 121° 23,720'	Substrat: Lumpur, batu, tanaman rumput danau endapan lumpur berbungin. Lingkungan sekitar: Rawa-rawa; paparan banjir; ada aliran masuk ke danau dari Sungai Kawatang dan anak-anak sungainya.
	Tj. Mongi	E 02° 51,865' S 121° 24,419'	Substrat: Batu besar, pasir. Lingkungan sekitar: Vegetasi riparian didominasi pohon Tambewa.

*Pengamatan 2009; ** pengamatan 2009 & 2010.

Analisis parameter nitrat menggunakan metode brucine, analisis ammonia menggunakan metode phenate, analisis Total Nitrogen menggunakan metode destruksi dilanjutkan dengan metode brucine, total fosfor menggunakan metode

destruksi dilanjutkan dengan metode asam askorbat, analisis fosfat menggunakan metode asam askorbat dan analisis klorofil – a menggunakan metode kolorimetrik yang dirujuk dari APHA (1992).



Gambar 2. Lokasi stasiun pengambilan data tahun 2011

Tabel 2. Koordinat stasiun pengamatan tahun 2011.

Kawasan	Stasiun	Koordinat	
Kawatang	KW1 (Tj Mongi)	E:121 ⁰ 24,25'	S: 02 ⁰ 51,59'
	KW2 (Tj Lopomula)	E:121 ⁰ 24,15'	S:02 ⁰ 51,59'
	KW3 (Tj Teteu)	E:121 ⁰ 23,25'	S:02 ⁰ 51,39'
	Kw4 (MS. Kawatang)	E:121 ⁰ 23,45'	S:02 ⁰ 54,15'
	KW5 (Antara MS. Kawatang & Tj Mea)	E:121 ⁰ 25,0'	S:02 ⁰ 56,20'
	Kw6 (Tj Mea)	E:121 ⁰ 25,30'	S:02 ⁰ 54,40'
	KW7 (Antara Tj Mea & Uno-uno)	E:121 ⁰ 26,0'	S:02 ⁰ 55,0'
	KW8 (Uno-uno)	E:121 ⁰ 26,57'	S:02 ⁰ 55,48'
	KW9 (Antara Uno-uno & Lengkobale)	E:121 ⁰ 27,15'	S:02 ⁰ 54,30'
	KW10 (Tj Lengkobale)	E:121 ⁰ 27,17'	S:02 ⁰ 54,30'
Tominanga	TMG1 (Tj Bakara)	E: 121 ⁰ 25,50'	S:02 ⁰ 40,35'
	TMG2 (Tj Batu)	E: 121 ⁰ 26,40'	S:02 ⁰ 38,30'
	TMG3 (Antara Saone & Tj Batu)	E:121 ⁰ 27,45'	S:02 ⁰ 38,30'
	TMG4 (Saone)	E:121 ⁰ 27,39'	S:02 ⁰ 38,34'
	TMG5 (Antara Saone dan Tj Tominanga)	E:121 ⁰ 29,10'	S:02 ⁰ 40,0'
	TMG6 (Tj Tominanga)	E:121 ⁰ 29,51'	S:02 ⁰ 39,24'
	TMG7 (Antara MS. Tominanga & Tj Tominanga)	E:121 ⁰ 30,10'	S:02 ⁰ 40,35'
	TMG8 (MS. Tominanga)	E:121 ⁰ 31,45'	S:02 ⁰ 40,0'
	TMG9 (Antara Rw Bintu & MS.Tominanga)	E:121 ⁰ 32,3'0	S:02 ⁰ 40,35'
	TMG10 (Tj Bintu)	E:121 ⁰ 33,15'	S:02 ⁰ 39,45'

HASIL DAN PEMBAHASAN**Total Nitrogen, Total Fosfor, dan Fosfat**

Hasil pengamatan unsur hara total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) tahun 2009 menunjukkan kondisi kualitas air Danau Towuti kondisi perairan alami atau oligotrofik (Tabel 3). Klasifikasi status

trofik untuk perairan danau menurut Wetzel (2001) tertera pada Table 4. Hasil pengamatan tahun 2010 dan 2011 yang mencakup area yang lebih luas. konsentrasi TN dan TP menunjukkan kondisi yang bervariasi.

Tabel 3. Rata-rata konsentrasi nitrat, amonia, fosfat, total nitrogen (TN), total fosfor (TP), dan klorofil-a Danau Towuti tahun 2009.

Stasiun	Parameter					
	N-NO ₃ mg/L	N-NH ₄ mg/L	TN mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	klorofil-a µg/L
Juni						
MS. Tominanga	0,006	<0,001	0,325	0,008	0,038	0
Tj Manu	0,076	<0,001	0,118	0,003	0,015	0,415
Hola-hola	0,132	<0,001	0,603	0,016	0,037	0,344
MS Kawatang	0,088	<0,001	0,299	0,007	0,021	0
Rata-rata	0,076	<0,001	0,336	0,009	0,028	0,190
Oktober						
MS Tominanga	0,068	0,001	0,182	<0,001	<0,001	0,002
Tj Manu	0,697	<0,001	0,793	<0,001	<0,001	0
P Loeha	<0,001	<0,001	0,165	<0,001	<0,001	0,241
Hola-hola	0,045	0,006	0,594	<0,001	<0,001	0
MS Kawatang	0,015	0,007	0,277	0,007	0,027	0,332
Beau	0,179	<0,001	0,218	<0,001	<0,001	0
Tj Bakara	0,038	0,009	0,480	<0,001	0,02	0
Rata-rata	0,149	0,003	0,387	0,001	0,007	0,082

Tabel 4. Klasifikasi status trofik danau dalam hubungannya dengan fosfor, nitrogen dan klorofil-a (Wetzel 2001).

Parameter	Oligotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Hypereutrofik
Total fosfor (mg/m ³)				-
Rata-rata	8,0	26,7	84,4	
Kisaran	3,0 – 17,7	10,9 – 95,6	16,0 – 386	750 – 1200
Total nitrogen (mg/m ³)				-
Rata-rata	661	753	1875	-
Kisaran	307 – 1630	361 – 1387	393 – 6100	-
Chlorophyll-a (mg/m ³)				
Rata-rata	1,7	4,73 - 11	14,3	
Kisaran	0,3 – 4,5		3 - 78	100 - 150

Hasil pengamatan tahun 2010 dan 2011 di stasiun kawasan Tominanga konsentrasi total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) umumnya menunjukkan kondisi perairan alami atau status oligotrofik (Tabel 5 dan 6).

Tabel 5. Konsentrasi nitrat, ammonia, total nitrogen, fosfat, total fosfor dan klorofil-a D. Towuti pada permukaan perairan tahun 2010.

Zone	Station	N-NO ₃ mg/L	N-NH ₄ mg/L	TN mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	Chlorophyll-a µg/L
September							
Tominanga	Saone	0,017	0,045	0,312	<0,001	<0,001	0
	Tj Tominanga	0,026	0,038	0,936	<0,001	<0,001	0
	Rawa Tominanga	0,003	0,045	0,209	<0,001	<0,001	0,573
	MS Tominanga	<0,002	0,001	0,873	<0,001	<0,001	0,528
	Rawa Bintu	<0,002	0,165	0,716	<0,001	<0,001	0,857
	Tj Batu	<0,001	0,038	0,473	<0,001	<0,001	0,241
Average		0,008	0,055	0,587	<0,001	<0,001	0,367
September							
Kawatang	Lengkobale	0,059	0,031	0,594	<0,001	0,180	0,523
	Uno-Uno	0,012	0,011	0,199	<0,001	-	0
	Tj Mea	0,002	0,018	0,255	<0,001	0,265	0
	MS Kwatang	<0,001	0,058	0,136	<0,001	0,040	0,286
	Tj Mong	0,001	0,045	0,482	<0,001	0,185	0
Average		0,015	0,033	0,333	<0,001	0,134	0,162

Tabel 6. Konsentrasi unsur hara dan klorofil-a danau Towuti pada permukaan perairan, tahun 2011.

Station	N-NO ₃ mg/L	N-NH ₄ mg/L	TN mg/L	P-PO ₄ mg/L	TP mg/L	Klorofil-a µg/L
September						
TMG1 (Tj Bakara)	0,005	0,013	0,279	0,004	0,011	0
TMG2 (Tj Batu)	0,028	<0,001	0,234	0,004	0,006	0
TMG 3 (Antara Saone & Tj. Batu)	0,005	0,010	0,271	0,006	0,009	0,042
TMG 4 (Saone)	0,014	0,012	0,210	0,006	0,007	0
TMG 5 (Antara Saone & Tj tominanga)	0,060	0,023	0,370	0,004	0,004	0,530
TMG 6 (Tj Tominanga)	0,011	0,008	0,497	0,004	0,006	0
TMG 7 (Antara Tj Tominanga & MS Tominanga)	0,003	<0,001	0,433	<0,001	<0,001	0,042
TMG 8 (MS Tominanga)	0,005	<0,001	0,210	0,006	0,010	0,807
TMG 9 (MS Tominanga & Tj. Batu)	0,023	0,036	0,861	0,006	0,006	0
TMG 10 (Tj Batu)	0,028	<0,001	0,234	0,004	0,006	0
Average	0,018	0,01	0,36	0,004	0,007	0,141
Juni						
KW1 (Tj.Mongi)	0,022	0,064	0,903	0,003	0,042	0
KW2 (Lopomula)	<0,001	0,127	1,004	0,001	0,061	0,001
KW3 (Teteu)	<0,001	0,038	1,227	0,003	0,060	0,334
KW4 (MS. Kawatang)	<0,001	0,054	1,765	0,001	0,066	0,334
KW5 (Antara MS Kawatang & Tj Mea)	<0,001	0,093	1,157	<0,001	0,077	0,332
KW6 (Tj. Mea)	<0,001	0,181	2,810	<0,001	0,077	2,800
KW7 (Antara Tj.Meas & Uno- Uno)	0,054	0,045	1,108	0,005	0,095	0
KW8 (Uno-Uno)	<0,001	0,001	1,255	<0,001	<0,001	23,665
KW9 (Antar Uno-Uno & Lengkobale)	0,070	0,130	1,105	<0,001	<0,001	0,812
KW10 (Lengkobale)	<0,001	0,146	1,194	<0,001	<0,001	0
Average	0,015	0,088	1,353	0,001	0,048	2,828

Di stasiun kawasan Kawatang pada pengamatan tahun 2010 dan 2011 konsentrasi total fosfor (TP) umumnya menunjukkan yang tinggi (0,040 - 0,265 mg/L), sedangkan konsentrasi TN yang tinggi di jumpai pada pengamatan tahun 2011. Rendahnya total fosfor stasiun kawasan Tominanga dapat dipahami karena stasiun di kawasan ini mendapat pengaruh masukan air dari Sungai Tominanga yang mengalir melalui danau Matano dan D. Mahalona yang statusnya oligotofik serta daerah aliran sungai (DAS) sekitarnya masih alami (Hartoto & Awalina, 2002).

Di kawasan Kawatang, di beberapa stasiun telah terjadi penebangan hutan di wilayah sekitarnya. Disamping itu Sungai Kawatang yang bermuara ke stasiun di kawasan Kawatang menunjukkan terjadinya sedimentasi, sehingga diduga juga memberi kontribusi terhadap peningkatan unsur hara kawasan ini. Menurut Kopačėk *et al.* (2000) & Hood *et al.* (2003) dalam Bergstrořm (2010) kondisi tutupan vegetasi, tanah dan hidrologi mempengaruhi pelepasan organik karbon dan nitrogen terlarut serta anorganik fosfor dari teresterial sekitarnya dan mengalir ke perairan danau.

Di stasiun kawasan Kawatang, konsentrasi TP dan TN menunjukkan konsentrasi tinggi, masing-masing berkisar <0,001 - 0,950 mg/L dan (0,903 - 2,280 mg/L) (Tabel 6). Menurut Wetzel (2001) konsentrasi total fosfor untuk air permukaan (surface waters) yang tidak terkontaminasi umumnya memiliki kisaran antara 10 µg/L sampai 50 µg/L. Selanjutnya menurut SEPA (Swedish Protection Agency) (1991) tingkat konsentrasi total nitrogen > 1,5 mg/L dan TP > 0,05 mg/L menunjukkan bahwa perairan yang kaya unsur hara.

Konsentrasi TN dan TP menurut kedalaman perairan bervariasi pada masing-masing stasiun pengamatan (Gambar 3). Di Kawasan Tominanga Konsentrasi TN dan TP yang lebih tinggi umumnya dijumpai di kolom air permukaan sampai kedalaman eufotik (2,7SD). Kondisi ini umum dijumpai di perairan oligotrofik, karena organisme seperti fitoplankton, zooplankton yang hidup di zona eufotik dan ekskresi ikan dapat memberi banyak masukan terhadap

konsentrasi TN dan TP di zona tersebut. Fitoplankton dan zooplankton merupakan komponen fosfor yang tersedia dalam bentuk partikulat (*particulate phosphorus*) dan memiliki porsi besar di zona epilimnion (Leand dalam Wetzel, 2001). Aktivitas makan ikan yang mengambil makanan di dasar perairan juga berperan dalam meningkatkan nitrogen dan fosfor kolom air bagian atas. Cara makan ikan yang mengambil makanan di dasar perairan menyebabkan sumber pakan dan detritus terbawa ke kolom air serta menyebabkan difusi fosfor dan nitrogen terlarut dari sedimen ke kolom air. Disamping itu nitrogen dan fosfor di zona eufotik diperoleh dari ekskresi ikan sendiri dalam bentuk urin dan feces (Wetzel, 2001).

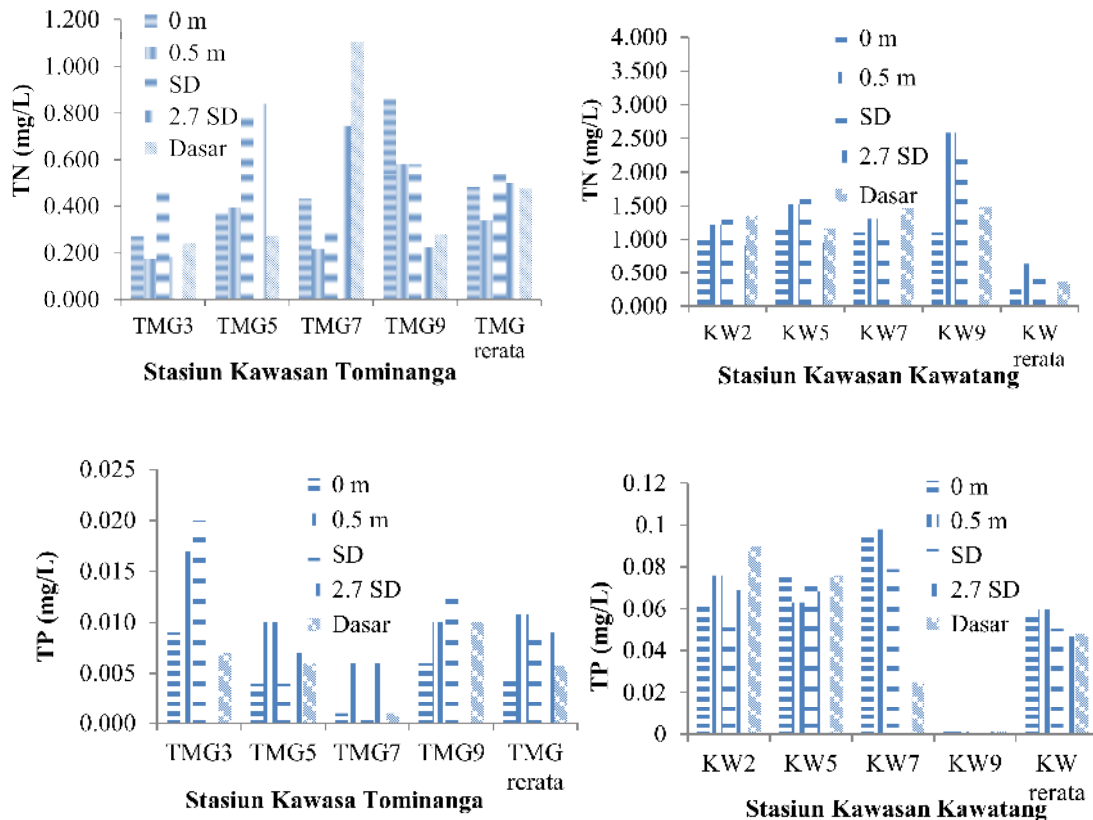
Konsentrasi TN yang tinggi (1,108 mg/L) dijumpai di dasar perairan Stasiun TMG 7 (Gambar 3). Stasiun ini berdekatan dengan muara Sungai Tominanga yang disekitarnya dikelilingi rawa sehingga diduga masukan serasah tumbuhan rawa dan alohtonous dari Sungai Tominanga mengendap ke dasar perairan dan memberikan masukan konsentrasi total nitrogen yang tinggi di kolom dasar di stasiun tersebut. Menurut Wetzel (2001) di wilayah litoral metabolisme tumbuhan air makrofita, alga dan bakteri efit tidak hanya sebagai sumber organik nitrogen di perairan danau, tetapi juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap aliran nitrogen dari sedimen ke kolom air.

Di stasiun kawasan Kawatang distribusi konsentrasi TN menurut kedalaman (Gambar 3) menunjukkan konsentrasi yang tinggi (>1,5 mg/L) dijumpai di stasiun KW9 dan KW5. Stasiun ini berdekatan dengan stasiun Lengkobale dan Tanjung Mea yang kondisi sekitarnya mengalami kerusakan karena penebangan hutan. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa kerusakan hutan atau vegetasi riparian menyebabkan penurunan luasan penutupan vegetasi tersebut sehingga konsentrasi unsur hara dari daratan sekitarnya mudah masuk ke perairan. Menurut Bocaniov (2013) danau besar seperti D. Towuti zona litoralnya yang berdekatan dengan pantai banyak

dipengaruhi beban masukan dari material allohtonus wilayah teresterial sekitarnya.

Selama kurun waktu pengamatan, konsentrasi fosfat baik di stasiun kawasan Tominanga ataupun stasiun di kawasan Kawatang menunjukkan nilai yang rendah (Tabel 3, 5 dan 6). Rendahnya konsentrasi ini dapat dipahami karena $P-PO_4$ yang cenderung berikatan dengan partikel-partikel tersuspensi dan selanjutnya mengendap di dasar perairan (Goldman & Horne, 1983). Konsentrasi fosfat di D. Towuti juga masih lebih rendah dibandingkan dengan danau-danau lainnya di Indonesia seperti D. Maninjau dan D. Batur yakni masing-masing berkisar 0,004 - 0,035 mg/L dan <0,002 - 0,018 mg/L (Sulastri *et al.*, 2012; Sulawesty & Awalina, 2013).

diketahui banyak ranting kayu dan tanaman tenggelam sehingga diduga dapat memberi kontribusi konsentrasi fosfat lebih besar di stasiun ini. Pada waktu pengamatan yang berbeda rata-rata konsentrasi fosfat menurut kedalaman di stasiun Tominanga menunjukkan nilai lebih tinggi, sedangkan di stasiun kawasan Kawatang menunjukkan konsentrasi lebih rendah. Fenomena ini sejalan konsentrasi klorofil yang tinggi di stasiun kawasan Kawatang dan sebaliknya konsentrasi klorofil-a stasiun kawasan Tominanga umumnya lebih rendah (Gambar 5). Oleh karena itu konsentrasi fosfat yang rendah di Stasiun Kawatang diduga berhubungan dengan pemanfaatan oleh fitoplankton.



Gambar 3. Konsentrasi total nitrogen (TN) dan total fosfor (TP) menurut kedalaman di D.Towuti tahun 2011.

Distribusi konsentrasi fosfat menurut kedalaman perairan tertera pada Gambar 5. Di kawasan Tominanga konsentrasi fosfat yang tinggi dijumpai di stasiun TMG 3 pada kedalaman Secchi dish. Stasiun ini terletak antara stasiun Lengkobale dan Tj Batu yang

Nitrat ($N-NO_3$) dan Amonia ($N-NH_4$)

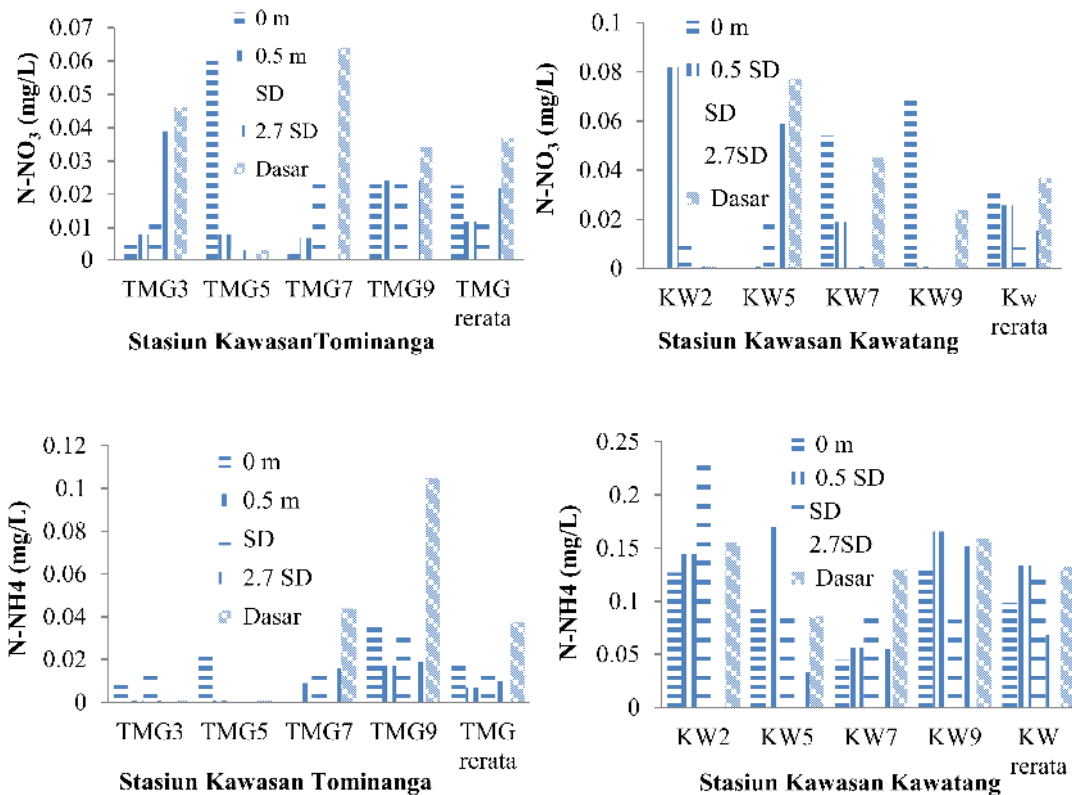
Konsentrasi nitrat ($N-NO_3$) selama kurun waktu pengamatan di stasiun kawasan Tominanga dan Kawatang menunjukkan kondisi perairan alami (Tabel 4, 6 dan 7 serta Gambar 4). Di perairan alami

konsentrasi nitrat dapat mencapai 1 mg/L (Goldman & Horne, 1983).

Konsentrasi nitrat di wilayah litoral D. Towuti masih lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi nitrat di wilayah litoral danau-danau lainnya di Indonesia seperti D. Maninjau, D. Kerinci, D. Singkarak dan D. Ranau, yakni masing-masing berkisar <0,050 - 0,354 mg/L; <0,020 - 0,500 mg/L; 0,115 - 0,433 mg/L ; <0,05 - 0,325 mg/L (Sulastri et al., 2012; Awalina & Siti Aisyah, 2000; Meutia et al., 2002; Meutia et al., 2000). Sumber nitrat di perairan danau berasal dari air hujan dan aliran permukaan, sehingga dapat dipahami lebih rendahnya konsentrasi di D. Towuti karena di D. Towuti pada umumnya kondisi daerah aliran sungai (DAS) dan sekitarnya belum banyak dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik dibandingkan danau lainnya di Indonesia.

eufotik umumnya lebih rendah. Kondisi ini umum dijumpai di perairan oligotrofik. Menurut Wetzel (2001) di perairan oligotrofik asimilasi nitrat oleh fitoplankton cukup menurunkan konsentrasi nitrat di zona eufotik atau zona produktif (*Tropogenic zone*). Kondisi berbeda dijumpai di kawasan Kawatang konsentrasi nitrat menurut kedalaman menunjukkan fluktuasi pada masing-masing stasiun (Gambar 4). Hal ini diduga nitrat di kawasan Kawatang banyak mendapat pengaruh dari aliran permukaan disekitarnya karena kondisi vegetasi disekitarnya di beberapa stasiun mengalami kerusakan.

Konsentrasi amonia menunjukkan nilai yang bervariasi selama pengamatan (Tabel 3, 5 dan 6). Hasil pengamatan tahun 2009 konsentrasi amonia menunjukkan kondisi perairan alami (Tabel 3, 6 dan 7).



Gambar 4. Konsentrasi nitrat dan amonia menurut kedalaman di D. Towuti pada tahun 2011.

Konsentrasi nitrat menurut kedalaman disajikan pada Gambar 4. Di Kawasan Tominanga, konsentrasi nitrat yang lebih tinggi umumnya di dijumpai di dasar perairan, Sebaliknya konsentrasi nitrat di kolom permukaan perairan sampai zona

Hasil pengamatan tahun 2010 konsentrasi amonia di stasiun kawasan Tominanga umunya melebihi nilai standar baku mutu kualitas air yang ditetapkan oleh pemerintah (>0,02 mg/L) (Peraturan Pemerintah, 1990), sedangkan hasil pengamatan 2011

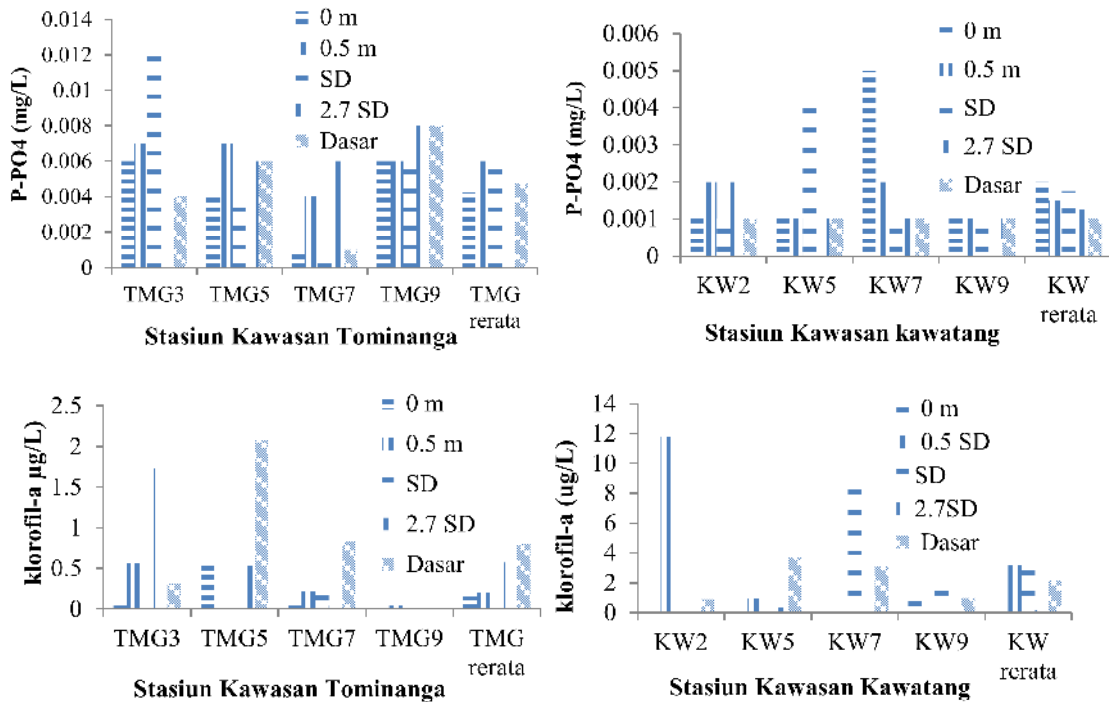
konsentrasinya lebih rendah. Menurut Wetzel (2001) distribusi amonia di perairan danau sangat bervariasi secara spasial ataupun musiman tergantung tingkat produktivitas danau. Di Kawasan Tominanga, pengamatan tahun 2010 konsentrasi amonia yang tinggi dijumpai di stasiun Rawa Bintu. Stasiun Rawa Bintu kondisinya banyak ditumbuhi tumbuhan air sehingga proses pembusukan tumbuhan air tersebut memberi masukan terhadap konsentrasi amonia di stasiun ini. Konsentrasi amonia yang rendah di kawasan Tominanga pada tahun 2011 diduga berhubungan dengan peningkatan masukan air dari Sungai Tominanga yang mengalirkan air dari D. Matano dan D. Mahalona yang kondisinya oligotrofik. Dilaporkan bahwa kondisi iklim di Sulawesi Selatan bagian utara lebih banyak bulan basah dan di Kabupaten Luwu Timur termasuk kawasan di sekitar D. Matano, Mahalona dan Towuti perbedaan musim kemarau dan musim hujannya tidak jelas (BMKG Maros, 2012). Oleh karena itu pengamatan pada tahun berbeda (2010 dan 2011) dengan bulan yang sama (September) di kawasan Tominanga menunjukkan nilai konsentrasi amonia yang bervariasi.

Di stasiun kawasan Kawatang pada umumnya konsentrasi amonia melebihi 0,02 mg/L baik pada pengamatan 2010 dan 2011. Konsentrasi ammonia yang tinggi di stasiun kawasan Kawatang kemungkinan disebabkan oleh banyaknya masukan bahan organik dari wilayah daratan sekitarnya seperti serasah vegetasi riparian yang tumbang dan masuk ke perairan serta masukan bahan organik dari sungai Kawatang yang mulai mengalami sedimentasi.

Di stasiun kawasan Tominanga konsentrasi amonia yang tinggi dijumpai di dasar perairan, sedangkan di kawasan Kawatang konsentrasi amonia menurut kedalaman berbeda dan bervariasi untuk masing-masing stasiun (Gambar 4). Kondisi ini bisa terjadi karena perairan di wilayah litoral danau sangat dipengaruhi kondisi daratan sekitarnya (Bocaniov, 2013).

Klorofil-a.

Konsentrasi klorofil-a pada pengamatan tahun 2009 dan 2010 menunjukkan perairan Danau towuti tergolong perairan alami atau oligotrofik menurut standard klasifikasi status trofik (Wetzel. 2001). Pengamatan 2011



Gambar 5. Konsentrasi fosfat dan klorofil-a menurut kedalaman D. Towuti tahun 2011.

di beberapa stasiun kawasan Kawatang perairannya menunjukkan konsentrasi klorofil yang tinggi atau katagori eutrofik (Wetzel 2001). Stasiun KW8 pada permukaan perairan konsentrasi klorofil-a mencapai 23 $\mu\text{g/L}$ (Tabel 6) dan pada stasiun KW 2 kedalaman 0,5 dari kedalaman Secchi Dish serta KW7 pada kedalaman Secchi Dish konsentrasinya masing-masing mencapai 11,767 $\mu\text{g/L}$ dan 8,311 $\mu\text{g/L}$ (Gambar 4). Tingginya konsentrasi klorofil-a di stasiun ini dapat dipahami karena didukung konsentrasi unsur hara TP yang merupakan parameter penting untuk pertumbuhan fitoplankton dan menunjukkan konsentrasi yang tinggi di stasiun kawasan Kawatang. Fakta ini menunjukkan bahwa kondisi perairan di beberapa stasiun kawasan Kawatang telah mengalami pengkayaan unsur hara yang diindikasikan oleh biomasa fitoplankton (klorofil-a) yang tinggi. Danau Ranau di Sumatera Selatan yang tergolong mesotrofik pada kedalaman 0 – 15 m, konsentrasi klorofil-a berkisar 0,100 – 3,430 mg/m^3 ($\mu\text{g/L}$) (Sulastrı et al., 2000). Di Danau Eutrofik Maninjau konsentrasi klorofil a di wilyah litoral berkisar 1,241 – 9,553 $\mu\text{g/L}$ (Sulastrı et al., 2012).

Ketika terjadi ledakan populasi fitoplankton (bloating) konsentrasi klorofil-a di D. Maninjau berkisar antara 22,72 – 168,70 $\mu\text{g/L}$ (Tanjung, 2013). Danau eutrofik Limboto konsentrasi klorofil berkisar 16,9 – 24,304 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Krismono, 2010) dan danau eutrofik Rawa Pening konsentrasi klorofil berkisar 9,98 – 25,42 $\mu\text{g/L}$ (Sulastrı et al, 2014).

KESIMPULAN

Konsentrasi unsur hara dan klorofil-a di D. Towuti wilayah litoral secara spasial dan temporal menunjukkan nilai yang bervariasi. Di stasiun kawasan Kawatang umumnya menunjukkan konsentrasi unsur hara dan klorofil-a yang tinggi pada pengamatan 2010 dan 2011, mengindikasikan kawasan ini telah mengalami pengkayaan unsur hara. Stasiun di Kawasan Tominanga, pada umumnya menunjukkan konsentrasi unsur hara dan

klorofil-a yang rendah, mengindikasikan kawasan ini merupakan perairan alami atau oligotrofik. Berdasarkan sebaran konsentrasi unsur hara dan klorofil-a maka stasiun Kawasan Tominanga lebih sesuai untuk dipilih sebagai calon kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik di Danau Towuti.

PERSANTUNAN

Penelitian ini merupakan bagian dari riset unggulan kompetitif LIPI tahun 2010 sampai 2013 yang berjudul: Pengembangan konsep konservasi danau-danau di Indonesia studi kasus di Danau Towuti dan Danau Toba. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Puslit Limnologi LIPI, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan pada kegiatan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada koordinator riset unggulan kompetitif - LIPI Program Lingkungan dan Kebencanaan penelitian serta anggota tim kegiatan penelitian ini atas dukungan, masukan dan kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Angermeier, P.L., Dan J.R. Karr, 1995, Biological Integrity Versus Biological Diversity As Policy Directives, *Bioscience* 44(10): 690-697pp.
- Awalina & S. Aisyah. 2002. Basic Water Quality of Lake Kerinci. In Hartoto & Sunanisari (Eds). *Limnologi of Lake Kerinci*. Research Center for Limnology. Indonesian Institute of Sciences. *Monograph* (1): 11- 28
- APHA, 1992. *Standard Methods for the Examination of the Water and Waste Water* 17th Edition. APA-AWWA-WPCF: 1100 pp.
- Badan Meteorologi dan Geofisika, Maros, 2012. Analisis curah hujan bulan September 2012 dan prakiraan hujan bulan November, Desember 2012 dan Januari 2013. *Laporan*. 24 pp. (http://www.bmkg.go.id/bmkg_pu)

- [sat/Publikasi/Artikel/BERKAH_IKLIM YANG BERVARIASI.bmkg](#)
- Bocaniov, S.A., D. R. Barton, S.L., Schiff & R.E.H. Smith. 2013. Impact of tributary DOM and nutrient inputs on the near shore ecology of a large oligotrophic lake (Georgian Bay, Lake Huron, Canada). *Aquatic Sci.* 73: 321- 322.
- Bergstroöm. A-K., 2010. The use of TN:TP and DIN:TP ratios as indicators for phytoplankton nutrient limitation in oligotrophic lakes affected by N deposition, *Aquat. Sci.* 72:277–281.
- Goldman, C.R., & A.J. Horne. 1983. *Limnology*. Mc-Graw-Hill. Book Company. New York: 464 pp.
- Harper, D. 1995. *Eutrophication of freshwater*. Principle, Problem and Restoration. Chapman Hall. London. 327 p.
- Handerson, S., & Marland. 1987. *Dacaying Lake*. The origin and control of cultural eutrophication. John Wiley & Son, New York, Toronto. 254 p.
- Hartoto, D.I., & Awalina. 2002. Proposed set point for conservation Management of Malili Lakes. South Sulawesi based on several physico-chemico Limnological characters. *Proceeding of the International Symposium on Land Management and Biodiversity in South East Asia. September 17 – 20. Bali, Indonesia*. Hokkaido University Japan and Research Centre for Biology. Indonesian Institute of Sciences: 391- 402.
- Jobling, M., 1995. *Environmental Biology of Fishes*. Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series. 455 p.
- Krismono. 2010. Hubungan kualitas air dengan klorofil-a dan pengaruhnya terhadap populasi ikan di danau Limboto, *Limnotek, Perairan darat Tropis Indonesia*, 17(2): 171 – 180.
- Nasution, S.H., 2009. Perumusan kriteria zonasi kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik Danau Towuti. *Laporan kemajuanakhir*. Program Insentif Dan Perekayasa LIPI Tahun 2009. 84 p.
- Nasution, S.H., 2010. Penerapan kriteria untuk penyusunan zonasi kawasan konservasi biota endemik Danau Towuti. *Laporan kemajuan Tahap I*. Program Insentif Dan Perekayasa LIPI Tahun 2010. 58 p.
- Meutia, A.A., Sulastrı, S. Nomosatryo & M.S. Syawal, 2002. Kandungan senyawa nitrogen dan fosfor, dalam Limnologi Danau Ranau. Hartoto and Sulastrı (Eds) *Monograf* (2): 35 – 54.
- Nurminen, L., Z., Pekcan-Hekim & J. Horppila. 2010. Feeding efficiency of planktivorous perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* in varying turbidity: an individual-based approach. *Journal of fish Biology* (76)7: 1848–1855
- Okino, T.N., Makimoto, C., Sihotang, A. Nontji, & Sulastrı. 1992. Limnological studies on waters of Sulaswesi Inland. Indonesia. In Phylogeny and Species Differentiation of Andriancichthoidei in Indonesia. Mambusho International Scientific Research Program. *Intrim Report*: 119-130.
- Quirós, R., 2003. The relationship between nitrate and ammonia concentration in the pelagic zone of lakes, *Limnetica*, 22(1-2): 37 – 50.
- Rintelen, V.K., & Y. Cai. 2009. Radiation of endemic species fish species flocks in ancient lakes. Systematic Revision of the freshwater shrimp *Caridina* H.Milne Edwards. 1937 Crustacea: Decapoda: Atyidae) from the ancient lake os Sulawesi, Indonesia with the description of eight new species. *Raffles Bull Zool.* 57(2):343-452.
- Round, F.E., 1984. *The ecology of algae*. Cambridge University Press. London. 653p
- SEPA (Swedish Environmental Protection Agency), 1991. Water Quality Criteria for Lake and Water source. A System for Classification of Water Chemistry, Metal Concentration and Organism. 32 p.
- Sondergaard, M., Jeppesen., E., Jensen, J.P., & Amsinck, S.L., 2005. Water

- Framework Directive: Ecological Classification of Danish Lake. *Journal of Applied Ecology*, (42): 616 – 629.
- Sulastrı, S. Sunanisari, & S. Nomosatriyo. 2000. Produktivitas primer fitoplankton dan kandungan klorofil a, dalam D.I. Hartoto & Sulastrı (Ed), *Limnologi Danau Ranau*. Puslit Limnologi, LIPI, *Monografi* (2): 55 – 63.
- Sulastrı, T. Suryono, Y. Sudarso, & S. Nomosatriyo. 2010. Pengembangan kriteria status ekologis danau-danau kecil di Pulau Jawa. *LIMNOTEK, Perairan Darat Tropis*, 17(1):58-70.
- Sulastrı, D.I. Hartoto, & I. Yuniarti. 2012. Environmental condition, fish resources and management of Lake Maninjau. *Indonesian Fisheries Research Journal*. 18(1): 1-12.
- Sulastrı, C. Henny, U. Handoko. 2014. Environmental Conditions and Eutrophication Status of Rawa Pening Lake of Central Java, Indonesia. *Proceeding Word Lake Conference, 2014, Lakes: The Mirrors of the Earth. BALANCING ECOSYSTEM INTEGRITY AND HUMAN WELL BEING*, 99 – 102.
- Sulawesty, F., & A. Satya,. 2013. Phytoplankton community structure and other related eutrophication Indication in Lake Batur, Bali-Indonesia. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*, 39(2):181-199.
- Tanjung, L.R., 2013. Kondisi Terkini Kualitas Air dan Tingkat Kesuburan Danau Maninjau. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*, 39(1): 32 – 41.
- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology*. Lake and River Ecosystem. 3th. Academic Press. New York. London. 1006 p
- Wiryoatmodjo, S., Sulistiono, M.F. Rahardjo, I.S. Suwelo, & R.K. Hadiyati. 2003. Ecological Distribution of endemic fish species in Lake Poso and Malili komplex. Sulawesi Island. Funded by Asian Regional Centre for Biodiversity Conservation and the European Commission. 30 p.
- Witten, A.J., Mustafa, M. Henderson. 1987. *The ecology of Sulawesi*. Gajah mada Univrsity , Yogyakarta. 777 p.

