

ANALISIS KESETIMBANGAN MASSA DAN DISTRIBUSI SPASIAL NITROGEN DI DANAU TONDANO PROVINSI SULAWESI UTARA

Sudarmadji^a, Sofia Wantasen^b dan Slamet Suprayogi^a

^aFakultas Geografi UGM

^bFakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi

E-mail : sudarmadji@geo.ugm.ac.id

Diterima redaksi : 14 Desember 2011, disetujui redaksi : 15 Maret 2012

ABSTRAK

Danau Tondano merupakan salah satu dari 15 danau yang menjadi prioritas dalam pengelolaa oleh Pemerintah Indonesia. Penggunaan lahan daerah tangkapan air (DTA)-nya untuk pertanian serta pemanfaatan perairan Danau Tondano untuk perikanan, obyek wisata, pembangkit tenaga listrik menimbulkan permasalahan terhadap keberlanjutan danau tersebut. Di satu sisi pembangkit tenaga listrik membutuhkan debit yang tinggi di sisi lain kegiatan yang lain dalam jangka panjang menimbulkan pendangkalan sehingga kapasitas danau tersebut mengalami penurunan. Kegiatan pertanian di DTA danau menyebabkan perpindahan hara ke dalam danau, sehingga menimbulkan masalah terhadap kualitas air danau. Penelitian ini mengkaji kesetimbangan nitrogen dan distribusi spasial nitrogen yang terdapat di dalam danau tersebut serta mengkaji aspek pemanfaatan danau ke depan terkait dengan kelestariannya. Kondisi air di permukaan secara horisontal dikaji dalam hubungannya dengan kegiatan yang terjadi di dalam danau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keruangan terjadi persebaran tidak merata terhadap kadar nitrogen. Kesetimbangan nitrogen lebih tinggi di inlet danau dibandingkan dengan di outlet danau. Hal ini menandakan bahwa terjadi penimbunan nitrogen di dalam danau yang dapat mengarah ke eutrofikasi. Diperlukan adanya zonasi untuk kegiatan pariwisata, perikanan serta kegiatan lain agar fungsi danau untuk kegiatan pariwisata, perikanan, pembangkit tenaga listrik dan bahan baku air minum tetap dapat berlangsung, tetapi fungsi ekologis danau tetap terjaga.

Kata kunci : Danau Tondano, nitrogen, kesetimbangan massa, distribusi spasial

ABSTRACT

ANALYSES OF MASS BALANCE AND SPATIAL DISTIRBUITON OF NITROGEN IN LAKE TONDANO, NORTH SULAWESI. *Tondano is one of 15 lakes in the lake management priority by the Indonesian Government. Land use of the catchment area for agriculture and the use of the waters for fisheries, tourism and power plant have posed environmental problems for the sustainability of Lake Tondano. High water discharge needed for the power plant and the siltation caused by other activities have reduced the lake capacity. In addition, the agricultural activities cause nutrient transport into the lake. This study evaluated the nitrogen ballance and spatial distribution of nitrogen concentrations in the lake. Water conditions on the surface horizontally were studied in relation with the activities in the lake. The result showed that the spatial distribution of the nitrogen levels was not distributed well. The nitrogen ballance in the inlet was higher than that in the outlet. The results indicated that there was accumulation of nitrogen elements in the lake that could lead to the eutrophication. In managing the lake ecosystem, the zonation is needed for each purpose such as tourism, fisheries, power plant, and drinking water in order to maintain the lake functionally and ecologically.*

Key words : Lake Tondano, nitrogen, mass balance, spatial distribution

PENDAHULUAN

Danau Tondano terletak di bagian tengah Daerah Aliran Sungai (DAS) Tondano dan secara administrasi berada di Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. Danau Tondano adalah termasuk danau alami tipe danau vulkanik yang terbentuk dari akibat bencana alam (Hehanussa dan Haryani, 2009). Danau ini terkenal dengan obyek Wisata Remboken dengan nama *Sumaru Endo*, dalam Bahasa Tombulu (Minahasa), artinya: menghadap terbitnya mentari. Saat ini ekosistem danau ini terancam, akibat aktivitas manusia yang terdapat di hulu DAS-nya, antara lain perkembangan permukiman, kegiatan pariwisata, penggunaan pupuk kimia di lahan pertanian sekitarnya yang kurang terkendali serta berbagai kegiatan di danau tersebut.

Danau Tondano yang memiliki sekitar 34 *inlet* yang berasal dari sungai dan saluran irigasi/drainase, baik yang berasal dari persawahan, tegalan maupun dari permukiman, dan satu *outlet* mempunyai potensi terjadi penyebaran nitrogen dan transformasi dari nitrogen menjadi senyawa nitrat, nitrit dan ammonia serta akumulasi senyawa-senyawa tersebut di perairan danau. Apalagi dikaitkan dengan intensifikasi pertanian lahan basah yang tinggi dalam penggunaan pupuk nitrogen (Urea: NH_2CONH_2) di sekitar Danau Tondano dan di dalam DAS Tondano.

Nitrogen tersebut menjadi residu yang terbawa air irigasi masuk ke saluran drainase/sungai kemudian ke danau, selanjutnya akan mempengaruhi aspek spasial dan ekologis dalam hal ini adalah distribusinya dan karakteristik lingkungan abiotik dan lingkungan biotik. Terhadap lingkungan abiotik yaitu pada penurunan kualitas air dan pencemaran air; lingkungan biotik yaitu dampak negatif pada flora akuatik di Danau Tondano yang diindikasikan dengan tingginya kadar klorofil-a, apabila dibandingkan dengan

kriteria status trofik danau berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Hal tersebut berdampak negatif pada Danau Tondano karena dengan kadar klorofil-a tinggi menandakan perairan subur.

Saluran-saluran irigasi akan membawa sisa-sisa unsur hara dari aktivitas pemupukan, terutama penggunaan pupuk Urea. Urea (NH_2CONH_2) akan terhidrolisis menghasilkan ammonium nitrat, dan tanaman menyerap unsur hara tersebut dalam bentuk ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Transformasi nitrogen terutama disebabkan oleh adanya penguapan (*volatilization*), denitrifikasi (*denitrification*), pelindian (*leaching*), atau menjadi tidak tersedia karena immobilisasi (*immobilization*). Cara pemberian pupuk dengan menabur di atas permukaan tanah dapat menyebabkan kehilangan nitrogen melalui proses pencucian, penguapan dan aliran drainase.

Masuknya nitrogen melalui sungai, saluran irigasi ke Danau Tondano (*inlet* danau) dan masuknya nitrogen yang langsung dari kegiatan yang terdapat di Danau Tondano akan mempengaruhi kadar nitrogen dan transformasi nitrogen di *inlet* dan *outlet* danau yang digambarkan dalam bentuk neraca nitrogen di Danau Tondano.

Penelitian ini bertujuan untuk 1). Mengkaji kesetimbangan massa nitrogen di Danau Tondano. 2). Mendapatkan gambaran distribusi spasial total nitrogen dan transformasinya (nitrat, nitrit, ammonia) di Danau Tondano.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi skala 1: 25.000 lembar Langowan (2417 – 21) dan lembar Manado (2417 – 23) (Sumber: Bakosurtanal Tahun 1991), Citra Satelit, Peta Topografi skala 1 : 10.000 (JICA, 2001), Peta Geologi Lembar Manado Tahun 1997, skala 1: 250.000

(Sumber: Direktorat Geologi Tata Lingkungan Bandung). Peralatan utama yang digunakan terdiri dari: a) Alat untuk pengambilan conto air; b). Peralatan untuk pengukuran kualitas air fisik dan kimia yaitu termometer, pH-meter tipe EA 430 digital range 0-14,00, DO (*Dissolved Oxygen*; oksigen terlarut)-meter, EC-meter, *turbidimeter*, *current meter*, *spectrophotometer*; c). Perangkat analisis kualitas air dan klorofil-a yaitu *spectrophotometer* dengan panjang gelombang 750 dan 664 nm; d). Alat pengukur kecerahan: *Secchi disk/cakram Secchi* ($\varnothing = 16$ cm); e). Peralatan penunjang, yaitu *ice box* dan GPS.

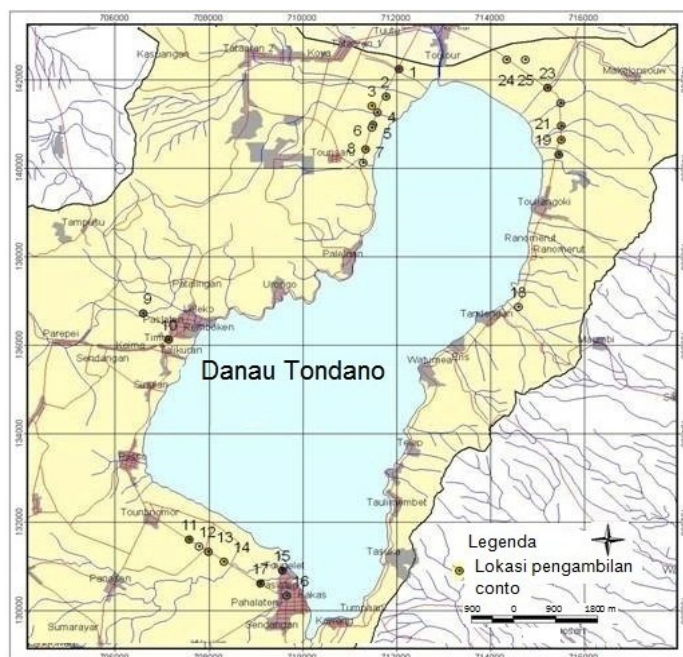
Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh dengan mengambil data langsung di lapangan yaitu untuk data kualitas air parameter nitrat, nitrit, ammonia sebagai parameter utama dan

parameter penunjang kualitas air yaitu pH air, suhu, DO, kekeruhan, kecerahan, dan data debit badan air *inlet* dan *outlet* danau. Pengambilan air Danau Tondano mengacu APHA (2005). Analisis nitrat, nitrit dan ammonia mengacu metode APHA (2005). Pengambilan conto air dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* yaitu di *inlet* danau, di dalam danau dan di *outlet* danau. Conto air dilakukan dengan preparasi di lapangan, dan pengukuran *insitu*. Selanjutnya conto air dibawa ke laboratorium untuk analisis kualitas air: kadar nitrat, nitrit, ammonia, dan klorofil-a. Lokasi pengambilan conto kualitas air dan klorofil-a di danau dan di *inlet* danau ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pengambilan conto air dilakukan dengan mengacu pada SNI 06-2421-1991. Pengukuran kualitas air dan klorofil-a ini dilakukan pada tahun 2008 dan tahun 2009.



Gambar 1. Lokasi pengambilan conto kualitas air dan klorofi-a di Danau Tondano



Gambar 2. Lokasi pengambilan conto air di *Inlet* Danau Tondano

Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode keseimbangan massa (*material/mass balance*), analisis grafik dan statistik, dan analisis spasial dan ekologi.

Analisis keseimbangan massa. Dimaksudkan untuk mengkaji kadar nitrogen di *inlet* dan *outlet* Danau Tondano serta di Danau Tondano.

Analisis grafik dan statistik. Analisis grafik dimaksudkan untuk dapat mengetahui secara cepat parameter kualitas air yaitu nitrat, nitrit, ammonia, pH, DO, kekeruhan, suhu air danau. Untuk mengkaji pengaruh lingkungan abiotik (pH, suhu air, DO, kekeruhan) terhadap transformasi nitrogen di permukaan dilakukan analisis dengan menggunakan Analisis Korelasi.

Analisis spasial-ekologi. Analisis spasial ekologi ditujukan untuk mengetahui sebaran spasial nitrogen total dan transformasi nitrogen di Danau Tondano, analisis distribusi spasial nitrogen total dan transformasi nitrogen menjadi nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), ammonia (NH_3^-) dengan cara interpolasi menggunakan Sistem Informasi

Geografis PC Arc info dan Arcview GIS software versi 3.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Ekosistem Danau Tondano

Perubahan ekosistem danau tidak terlepas dari perubahan lingkungan yang terjadi di DTA-nya. Danau mendapatkan masukan berupa air, sedimen dan unsur hara melalui sungai, saluran irigasi yang masuk ke dalamnya. Untuk mempertahankan lingkungan, diperlukan penataan terhadap DTA-nya, terutama adalah penggunaan lahan DAS yang bersangkutan, termasuk mengatur aktivitas masyarakat yang tinggal di dalamnya (Sudarmadji, 2009).

Luas perairan Danau Tondano bervariasi antara 46 km² pada musim kemarau dan 51 km² pada musim penghujan (BPDAS, 2003 dalam PPSA, 2004). Danau Tondano berada pada ketinggian sekitar 675 m di atas permukaan laut yang memiliki luas sekitar 46,380 km² (JICA, 2001) dan jika mengacu pada data Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa tahun 2009, luas danau tersebut sekitar 49,500 km² dan data tahun 2009 dari Dirjen Penataan

Ruang Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia luasnya adalah 46,500 km².

Pemanfaatan Danau Tondano

Beberapa pemanfaatan perairan Danau Tondano yang cukup penting, yaitu perikanan tangkap, perikanan budidaya, sarana dan prasarana pariwisata dan pemanfaatan sumberdaya airnya untuk pembangkit tenaga listrik (PLTA).

Ikan-ikan yang potensial komoditas usaha penangkapan yang terdapat di Danau Tondano adalah ikan betutu, nike, mujair dan payangka. Ikan Payangka termasuk ikan endemik Danau Tondano. Capaian produksi penangkapan ikan-ikan tersebut adalah 400 ton/tahun (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa, 2009).

Danau Tondano ini dimanfaatkan juga untuk perikanan budidaya sistem karamba jaring apung dengan (KJA). Terdapat sekitar 8.500–10.000 unit KJA di Danau Tondano, dengan capaian produksi 5100 ton/tahun (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa, 2009).

Sistem pariwisata, tinjauannya mencakup sisi pasokan atau produk pariwisata maupun sisi kebutuhan atau pasar pariwisata. Produksi pariwisata untuk wilayah Kabupaten Minahasa yang berada di dalam lingkup DTA Tondano, dengan atraksi terbesarnya di Danau Tondano. Sejumlah titik atraksi yang menjadi kunjungan wisatawan terdapat di Danau Tondano adalah Sumaru Endo, dan Paleloan yang terdapat di bagian barat danau.

Sungai Tondano dengan debit yang cukup besar dan kelerengan yang cukup curam telah dimanfaatkan sebagai PLTA. Saat ini di Sungai Tondano telah beroperasi tiga buah pembangkit listrik, yaitu PLTA Tonsea Lama, PLTA Tanggari I, dan PLTA Tanggari II.

Eutrofikasi

Eutrofikasi ditunjukkan dengan kadar nitrogen dan bentuk transformasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi nitrogen di *inlet* Danau Tondano adalah 96% nitrat, 2% nitrit, 2% ammonia. Hal ini menandakan bahwa sungai dan saluran buangan irigasi yang menjadi *inlet* Danau Tondano telah membawa unsur hara nitrogen dan pada kondisi tertentu mengalami transformasi dari nitrogen menjadi nitrat, nitrit dan ammonia. Bush (2000) mengemukakan bahwa pupuk urea (NH₂CONH₂) dapat mengalami proses *mineralization* yaitu proses pelapukan/penguraian menjadi ammonia (NH₃) dan amonium (NH₄).

Transformasi nitrogen di permukaan Danau Tondano didominasi oleh ammonia sebesar 73%, nitrat 26% dan nitrit 1%. Keberadaan nitrogen di perairan danau disebabkan oleh aktivitas di danau, berupa sisa pakan ikan yang tidak terkonsumsi, feses ikan, juga diduga berasal dari tumbuhan air yang mati seperti *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla verticillata*, dan *Ceratophyllum demersum*. Nitrit terbentuk oleh adanya proses nitrifikasi yaitu ammonia menjadi nitrit, yang sebetulnya dikendalikan oleh dua kelompok bakteri yaitu nitrosomonas dan nitrobacter (Manahan, 2005). Proses nitrifikasi adalah proses transformasi nitrogen yaitu perubahan dari amonium menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat. Di dalam kesetimbangan nitrogen di lingkungan, nitrit hanyalah merupakan keadaan yang sementara. Hill (2004) mengemukakan bahwa waktu tinggal (*lifetime*) NO₂⁻ di danau adalah sekitar 14 hari, kemudian hilang atau menguap ke atmosfer. Ammonia dikonversi menjadi nitrit oleh adanya metabolisme *Cyanobacterial* atau *heterotrophic bacterial*.

Kadar nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di *inlet* Danau Tondano cukup tinggi sedangkan di *outlet* rendah (Tabel 1; Tabel 2).

oksigen terlarut. Terdapat korelasi negatif antara nitrat dan pH, peningkatan pH mendorong terbentuknya gas NH₃ dan NO₂ serta penurunan kadar NO₃. Sebagaimana

Tabel 1. Kadar nitrogen di *inlet* dan *outlet* Danau Tondano

No.	Parameter	Kadar di <i>inlet</i> (mg/L)	Kadar di <i>outlet</i> (mg/L)
1.	NO ₃ ⁻	13,291	0,743
2.	NO ₂ ⁻	0,226	0,049
3.	NH ₃	1,242	0,092

Sumber: Wantasen, 2012

Tabel 2. Neraca massa nitrogen di *inlet* dan *outlet* Danau Tondano

No.	Parameter	Massa N eq- di <i>inlet</i> (ton)	Massa N eq- di <i>outlet</i> (ton)	Massa N eq-yang tertinggal di danau (ton)
1.	NO ₃ ⁻	88.861,637	4.969,630	83.892,007
2.	NO ₂ ⁻	1.509,112	331,865	1.177,246
3.	NH ₃	8.300,514	617,723	7.682,790

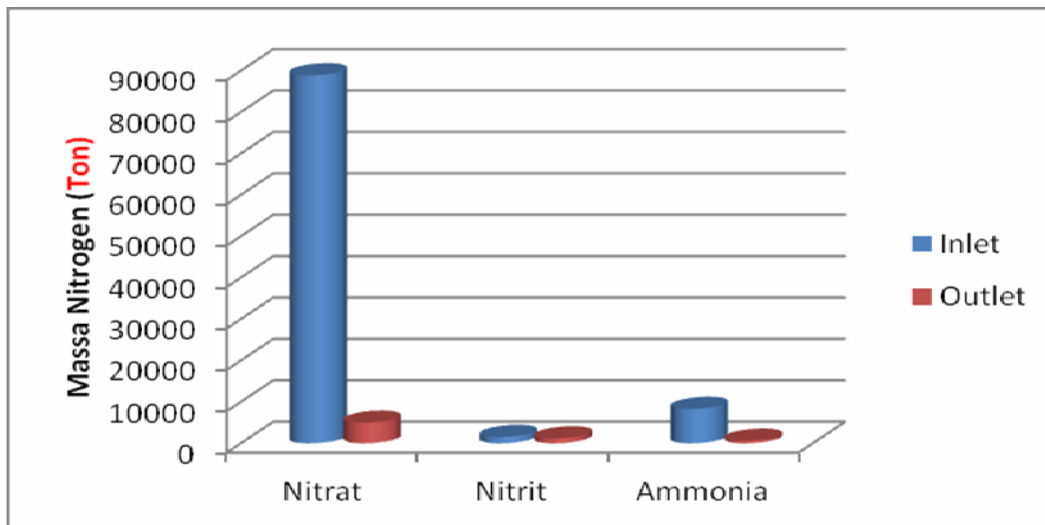
Sumber: Wantasen, 2012

Massa nitrogen (nitrat, nitrit, ammonia) di *inlet* Danau Tondano sebagai pasokan ke perairan danau relatif lebih tinggi dibandingkan dengan massa nitrogen yang keluar danau yang tercatat di *outlet* Danau Tondano (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar hara tertinggal di dalam danau yang menyebabkan terjadinya pengayaan (*enrichment*) hara di Danau Tondano dan mendorong eutrofikasi.

Terdapat korelasi yang negatif antara kadar ammonia dan pH karena kesetimbangan ammonia tergantung pada pH. Terdapat korelasi negatif kadar nitrat dan DO; kecenderungan kadar nitrat meningkat, menyebabkan DO menurun karena terjadinya proses oksidasi NH₃ --- → NO₂ ---→ NO₃ memerlukan

diketahui proses nitrifikasi berlangsung pada pH basa. Korelasi yang terjadi antara kekeruhan dan ketersediaan oksigen (DO), karena dapat menghambat penetrasi cahaya sehingga kadar DO menurun.

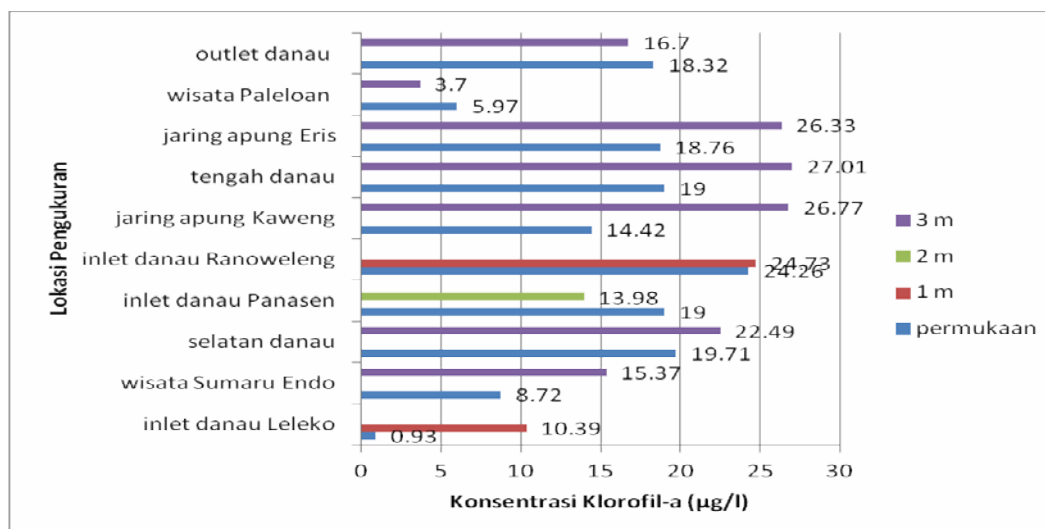
Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 29 Tahun 2009 tentang daya tampung beban pencemaran air danau dan/atau waduk bahwa Status trofik Danau Tondano (Permen LH No. 28 Tahun 2009), dalam kaitan dengan penelitian ini apabila dilihat dari kadar klorofil-a secara mutlak (0,93-27,01 µg/L) adalah pada taraf eutrof bahkan sudah mengarah ke hipereutrof, demikian pula dari tingkat kecerahan (2-2,5 m), kadar rata-rata TN (1,11-3,81mg/L), dan kadar TP (0,66-3,99 mg/L).



Gambar 3. Neraca massa nitrogen di Danau Tondano

Hasil penelitian Wantasen (2012) menunjukkan bahwa kadar klorofil-a tertinggi terdapat di kedalaman 3 meter (Gambar 4). Hal tersebut disebabkan oleh faktor cahaya dan hara. Tingkat kecerahan Danau Tondano sekitar 2-3 meter dengan demikian radiasi matahari bisa sampai pada

kedalaman 3 meter dan didukung oleh ketersediaan hara (nitrogen) menyebabkan fotosintesis berlangsung baik sehingga pertumbuhan fitoplankton meningkat pada kedalaman 3 meter. Nitrogen yang dapat dimanfaatkan fitoplankton adalah NO_3^- dan NH_3 (Sulawesty & Sumarni, 2004).



Gambar 4. Kadar klorofil-a di Danau Tondano

Sebaran Spasial Nitrogen Total, Nitrat, Nitrit dan Ammonia

Kadar nitrogen dan transformasinya dikelompokkan menjadi beberapa kelompok agar mudah menganalisisnya secara spasial. Dalam uraian selanjutnya, sebaran spasial nitrogen dan transformasinya diutamakan pada lokasi yang mempunyai kadarnya tinggi bagi setiap kedalaman air danau.

Total Nitrogen (TN)

Kadar TN di Danau Tondano berkisar antara 1,11 mg/L - 3,77 mg/L. Sebaran TN tertinggi di bagian selatan, barat dan timur Danau Tondano yang pada umumnya di wilayah pinggiran danau. Sebaran spasial TN yang memiliki kadar tinggi terdapat di inlet dari saluran buanganirigasi dan sungai yang menjadi *inlet* Danau Tondano. Hal ini menandakan bahwa sumber nitrogen adalah dari kegiatan di luar danau (Gambar 5).

Nitrat

Kadar nitrat di permukaan termasuk menengah sampai tinggi, yaitu kadar 0,544-0,655 mg/L, kadar 0,655-0,766 mg/L, kadar 0,766-0,877 mg/L, kadar 0,877-0,988 mg/L, dan kadar 0,988-1,100 mg/L terdapat

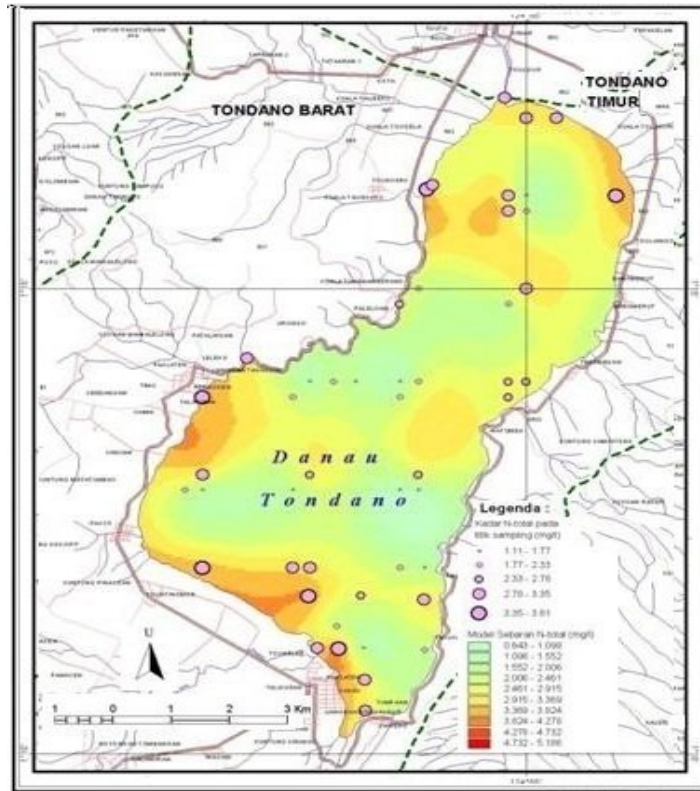
di dekat *outlet* danau. Pola penyebaran nitrat di permukaan danau terakumulasi di *outlet* danau, hal ini menandakan nitrat terlarut dan terbawa arus. Distribusi spasial nitrat di permukaan Danau Tondano dapat dilihat pada Gambar 6.

Nitrit

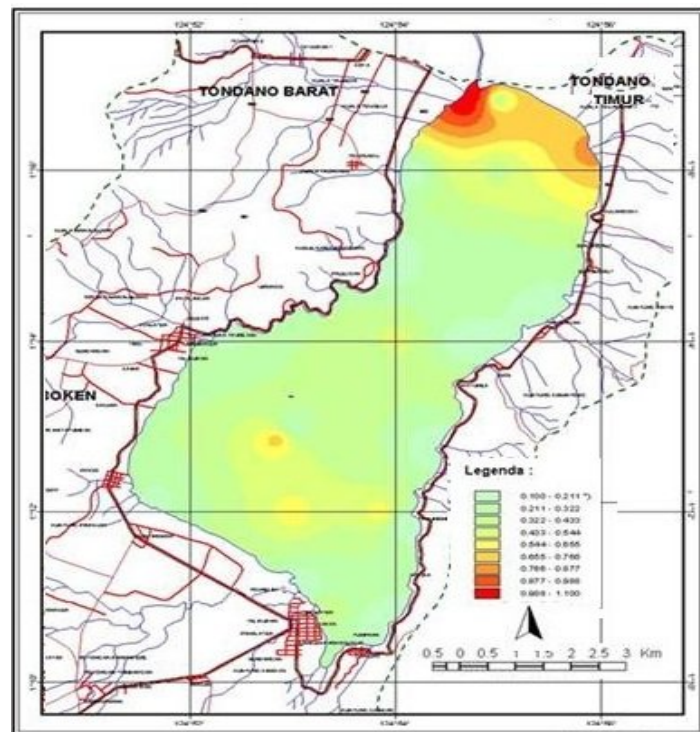
Tempat-tempat di permukaan danau yang memiliki kadar nitrit antara 0,066-0,079mg/L, kadar 0,079-0,092mg/L, kadar 0,092-0,105mg/L, dan kadar 0,105-0,118mg/L (Gambar 7), menyebar dan terpusat pada bagian selatan, timur dan ke arah utara (*outlet* danau). Hal ini disebabkan oleh adanya muara-muara sungai yang membawa hara menjadi *inlet* danau terdapat di bagian selatan danau yaitu Sungai Panasen dan Sungai Ranoweleng.

Ammonia

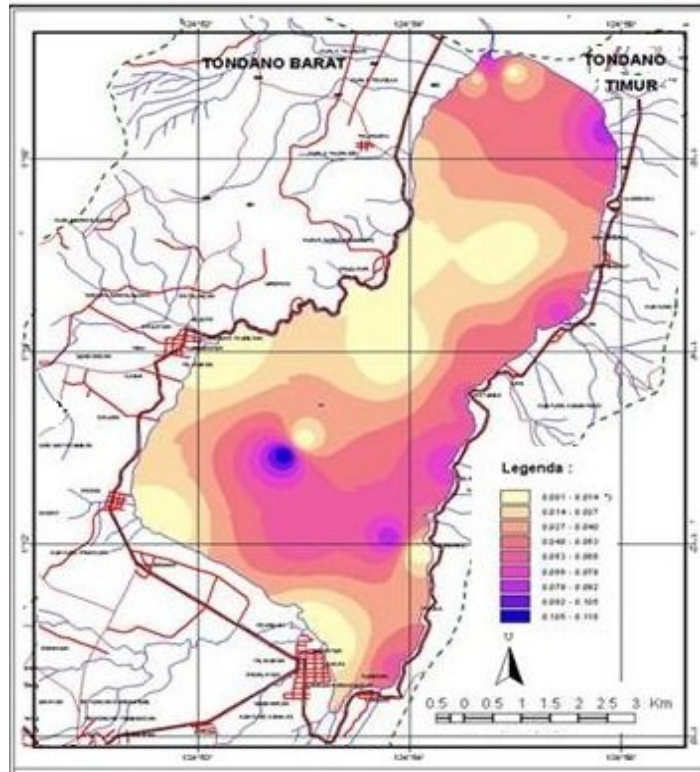
Ammonia di permukaan danau dengan kadar antara 0,322-0,387mg/L, kadar 0,387-0,451 mg/L, kadar 0,451-0,516 mg/L, dan kadar 0,516-0,580 mg/L, menyebar secara merata (Gambar 8). Sumber ammonia berupa urine, feses, terbawa air masuk ke danau, dan sisa pakan ikan yang tidak terkonsumsi yang berasal dari aktivitas KJA di Danau Tondano.



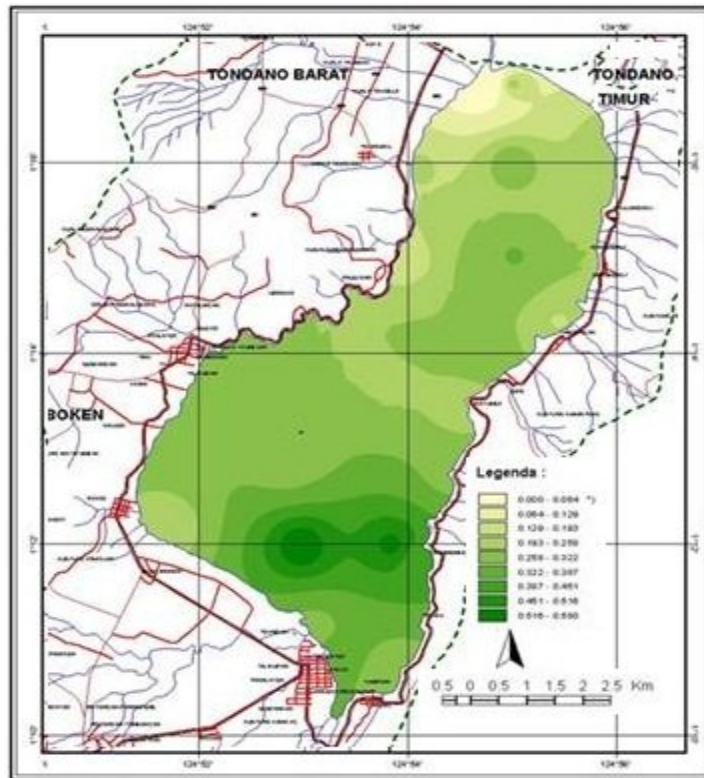
Gambar 5. Distribusi spasial total nitrogen (TN) di Danau Tondano



Gambar 6. Distribusi spasial nitrat di permukaan Danau Tondano



Gambar 7. Distribusi spasial nitrat di permukaan Danau Tondano



Gambar 8. Distribusi spasial ammonia di permukaan Danau Tondano

KESIMPULAN

Massa nitrogen yang tertinggi di Danau Tondano adalah 83.892 ton nitrat, 1.177 ton nitrit dan 7.683 ton amonia. Sebaran spasial nitrogen Danau Tondanomenuunjukkan lebih tinggi di daerah masukan (*inlet*) dibandingkan dengan di daerah keluaran (*outlet*). Selain DTA danau, pemanfaatan perairan danau untuk budidaya perikanan memberi sumbangan terhadap eutrofikasi di sebagian danau.

SARAN

Perlu dibuat zona pemanfaatan di Danau Tondano dalam rangka pengelolaan dan pemantauan yang berkelanjutan. Selain itu perlu diupayakan pencegahan hara yang masuk ke Danau Tondano yang berasal dari aktivitas pertanian di DTA danau dengan menggunakan pupuk organik, juga penyuluhan aktivitas perikanan budidaya (KJA), yaitu penggunaan *pellet* secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 2005. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*, American public Health Association (APHA) 21st edition. Method 10200H and 4500-NO2-B.
- Bakosurtanal, 1991. Peta Rupa Bumi skala 1: 25.000 lembar Langowan (2417 – 21) dan lembar Manado (2417 – 23).
- Bush, M.B., 2000. *Ecology of a Changing Planet*. Prentice Hall, New Jersey.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa, 2010. (*Laporan Tahunan Tahun 2009*). Minahasa Tondano.
- Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 1997. Peta Geologi Lembar Manado 1997, skala 1: 250.000 Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Goldman, C. R. & A. J. Horne, 1983. *Limnology*. International Student Edition. Mc. Graw Hill. Int. Book. Co. Tokyo.
- Hehanussa, P. & G.S. Haryani, 2009. Klasifikasi Morfogenesis Danau di Indonesia untuk Dampak Perubahan Iklim, *Makalah: Konferensi Nasional Danau di Indonesia I di Bali 13-15 Agustus 2009*.
- Hill, D., 2004. *Pilot Pond Ammonium Chloride Study*. [http://www.dmww.com/Laboratory Pilot Pond Ammonium Chloride Report](http://www.dmww.com/Laboratory/Pilot_Pond_Ammonium_Chloride_Report) tanggal akses 28 Februari 2011.
- JICA, 2001. The Study on Critical Land and Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Republic of Indonesia. Vol I, *Main Report*, Nippon Koei Co. Ltd and Kokusai Kogyo Co. Ltd.
- Manahan, S.E, 2005, *Environmental Chemistry (8th edition)*, CRC Press LLC, USA.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk.
- PPSA, 2004. *Pengukuran Batimetri dan Studi Pemodelan Sirkulasi Air serta Ekosistem Danau Tondano*. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah Direktorat Jendral Sumberdaya Air Proyek Pengembangan dan Pengelolaan Sumber Air (PPSA) Sulawesi Utara.
- Standar Nasional Indonesia, No. SNI 06-2421-1991, 1991. Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air.
- Sudarmadji, 2009. Perubahan Ekosistem Danau sebagai Dampak Kerusakan Daerah Aliran Sungai dan Pengelolaannya. *Makalah Konferensi Danau Indonesia I di Bali 13-15 Agustus 2009*.

- Sulawesty, F. & Sumarni, 2004. Komunitas Fitoplankton di Situ Pondok Kabupaten Tangerang. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. Vol. XI (2): 36-44.
- Wantasen, S., 2012. Sebaran Spasial Ekologi Nitrogen di Danau Tondano. Provinsi Sulawesi Utara. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.