

IDENTIFIKASI SUMBER PENCEMAR NITROGEN (N) DAN FOSFOR (P) PADA PERTUMBUHAN MELIMPAH TUMBUHAN AIR DI DANAU TEMPE, SULAWESI SELATAN

IDENTIFICATION OF NITROGEN (N) AND PHOSPHOR (P) POLLUTANT SOURCES ON BLOOMING AQUATIC WEEDS IN TEMPE LAKE, SOUTH SULAWESI

Syamsul Bahri

Balai Lingkungan Keairan Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air
Jl. Ir. H. Juanda 193 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: sy_albahri@yahoo.co.id

Diterima: 5 April 2016; Direvisi: April 2016; Disetujui: 28 Oktober 2016

ABSTRAK

Danau Tempe merupakan satu dari 15 danau prioritas nasional untuk diselamatkan. Saat ini, danau tersebut ditumbuhi oleh tumbuhan air. Tujuan penelitian adalah i) mengetahui kondisi proses suksesi vegetasi, ii) mengetahui kondisi kualitas air danau dan sungai input, iii) mengidentifikasi sumber pencemar utama N dan P. Penelitian dilakukan pada musim kemarau bulan Juni dan Agustus 2015. Analisis proses suksesi vegetasi menggunakan teori suksesi vegetasi di danau. Analisis kualitas air menggunakan kriteria kualitas air untuk perikanan dan kriteria status trofik kesuburan air. Identifikasi sumber pencemar N dan P utama menggunakan data sekunder, yaitu areal pertanian, jenis pupuk, jumlah penduduk, data peternakan. Hasil penelitian menunjukkan di Danau Tempe telah terjadi proses suksesi vegetasi dengan empat kelompok vegetasi dominan, yaitu fitoplankton, tumbuhan mengapung, tumbuhan muncul di permukaan dan tegak, tumbuhan semak. Kualitas air danau dan sungai input masih memenuhi kriteria air untuk perikanan. Akan tetapi menurut kriteria status trofik kesuburan air danau golongan N dan P adalah hypertrofik dengan nilai rata-rata total N 0,697 mg/L dan total P 0,244 mg/L. Status trofik kesuburan air sungai input untuk golongan N adalah oligotrofik dengan nilai rata-rata total N 0,362 mg/L dan untuk golongan P adalah eutrofik dengan nilai rata-rata total P 0,291 mg/L.

Kata Kunci: Tumbuhan air, Danau Tempe, fosfat, nitrogen

ABSTRACT

Tempe Lake is one of 15 lakes as national priority to be saved. Today, the Tempe Lake has been blooming of aquatic weeds. The aims of research are i). to know the vegetation succession, ii). To know the condition of water quality in lake and input river to lake, iii). To identify the main pollution sources of the N and P. The research carried out in dry season on June and August 2015. Analysis of succession vegetation using the theory of vegetation succession in shallow lakes. Analysis of water quality using the criteria for fisheries and trophic status. Identification of N and P pollutant sources using secondary data namely agriculture area, type of fertilizer, total population, livestock. Based on the research, that in Tempe Lake has been processing the succession of vegetation, at least about four group of vegetation dominantly, namely phytoplankton, floating plant, emergent plant, and fringing plant. The lake water quality and the input river to lake still meets the criteria for fisheries. However, according to the status trophic of lake based on N dan P were hypertrophic with the average concentration N-total 0,697 mg/L and P-total 0,224 mg/L. The status trophic for the input river to lake based on N was oligotrophic with the average concentration of N-total 0,362 mg/L and based on P was eutrophic with the average concentration of P-total 0,291 mg/L.

Keywords : Aquatic weeds, Tempe Lake, phosphate, nitrogen

PENDAHULUAN

Danau Tempe merupakan satu dari 15 danau prioritas program penyelamatan danau di Indonesia (Suwanto dkk., 2011). Dalam rangka penyelamatan danau tersebut, telah dicanangkan delapan upaya pengelolaan di antaranya penyelamatan ekosistem perairan badan air. Dari hasil pemantauan tahun 2011, sebagian besar dari 15 danau prioritas kualitas airnya sudah masuk dalam kategori eutrofik (subur), kondisi terestrial daerah tangkapan air (DTA) terancam, dan kondisi sempadan danau pun terancam. Danau Tempe sendiri, status trofik untuk parameter total fosfor (P) termasuk hypertrofik, sedangkan parameter total nitrogen (N) termasuk oligotrofik. Secara umum kualitas air Danau Tempe termasuk tercemar berat (KLH, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian Pusat Penelitian Biologi tahun 2014 terkait perikanan tangkap di Danau Tempe, yang menyatakan bahwa telah mengalami penurunan nilai produktivitasnya. Penurunan ini diduga diakibatkan oleh i). degradasi kualitas lingkungan perairan, ii). Penangkapan ikan yang berlebihan. Permasalahan terjadinya degradasi kualitas lingkungan perairan Danau Tempe, di antaranya diakibatkan penurunan kapasitas tampung air yang diakibatkan oleh sedimentasi dan adanya pertumbuhan yang melimpah (*blooming*) tumbuhan air, seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan tumbuhan lainnya (Dina, 2014). Pertumbuhan melimpah dari tumbuhan air di Danau Tempe perlu dicermati, agar dapat diketahui faktor – faktor penyebabnya. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah i). mengetahui kondisi proses suksesi vegetasi, ii). Mengetahui kondisi kualitas air Danau Tempe dan sungai-sungai input, iii). Mengidentifikasi sumber pencemar utama nitrogen dan fosfor.

TINJAUAN PUSTAKA

Danau Tempe

Dalam keadaan normal Danau Tempe memiliki luas sekitar 15.000-20.000 Ha (KLH, 2006). Danau Tempe mengalami pendangkalan akibat tingginya erosi di bagian hulu. Hasil pengukuran kualitas air tahun 2012, khususnya parameter total fosfat menunjukkan status trofik danau adalah hypertrofik (KLH, 2012). Danau Tempe secara administratif terletak di wilayah tiga kabupaten, yaitu Kabupaten Wajo, Sidangreng-Rappang (Sidrap) dan Soppeng, Provinsi Sulawesi Selatan (Trisakti dkk, 2012;

Ditjen SDA, 2015). Sungai inlet yang menuju Danau Tempe terdiri dari 23 sungai di antaranya adalah Sungai Lawo, Sungai Batu-batu, Sungai Bilokka, Sungai Bila, dan Sungai Walanae (Trisakti dkk., 2012). Informasi lainnya, sungai inlet utama yang masuk ke danau, yaitu Sungai Bilokka, Sungai Lidaratangiu, Sungai Masaka, Sungai Sidenreng dan Sungai Billa, sedangkan outletnya melalui Sungai Cenranae (Trisakti dkk., 2012; Ditjen SDA, 2015).

Eutrofikasi

Konsep eutrofikasi awalnya berasal dari penggunaan kata oligotrofik dan eutrofik untuk menggambarkan kesuburan tanah dari tanah gambut di wilayah Jerman (Weber, 1907 dalam Ryding and Rast, 1989). Selanjutnya kedua istilah ini digunakan untuk menggambarkan kondisi danau-danau (Thienemann, 1918 dan Naumann, 1919 dalam Ryding and Rast, 1989). Eutrofikasi menurut *Organization Economic Co-operation Development* (1982) didefinisikan sebagai pengayaan unsur hara di air yang menghasilkan stimulasi terhadap serangkaian perubahan, di antaranya peningkatan produktivitas alga dan makrofit, penurunan kualitas air dan gejala perubahan lainnya yang menyebabkan peruntukan air tidak sesuai (OECD, 1982 dalam Ryding and Rast, 1989).

Sumber Pencemar Golongan Fosfor (P)

Elemen fosfor di alam tidak berdiri sendiri, melainkan selalu berkombinasi dengan elemen lain membentuk senyawa fosfat (Johnston and steen, 2000). Fosfat dapat diklasifikasikan sebagai fosfat ortho terlarut, fosfat tersuspensi atau terkondensasi, seperti pyrofosfat, metafosfat atau polifosfat lainnya (APHA-AWWA-WEF, 2012), dan fosfat terikat organik, seperti fosfat organik, fosfodiester, fosfonat organik (Correll, 1998). Senyawa fosfat tersuspensi atau terkondensasi merupakan senyawa fosfat total dikurangi dengan senyawa fosfat ortho terlarut (APHA-AWWA-WEF, 2012). Senyawa fosfat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi atau terpartikulat merupakan suatu kompleks campuran dari molekul-molekul yang berbeda dalam bentuk pentavalen P (Correll, 1998). Apabila senyawa pentavalen P masuk ke perairan, bentuk senyawa tersuspensi akan berubah menjadi terlarut dalam bentuk fosfat ortho dan fosfat organik serta berbagai senyawa P terhidrolisis secara kimiawi atau enzimatik menjadi fosfat ortho. Senyawa fosfat ortho (PO_4^{2-}) yang langsung diserap oleh bakteri, alga, dan tanaman. (Correll, 1998).

Sumber Pencemar Fosfat Berdasarkan Sumber Fosfat Alami

Di alam fosfor dapat berbentuk senyawa organik dan anorganik, tetapi senyawa tersebut paling dominan tidak larut atau hanya sedikit dalam bentuk senyawa anorganik terlarut (Kasno, Rochayati, Prasetyo, 2009). Kelarutan senyawa fosfor anorganik dalam tanah dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia fosfat alam itu sendiri, tanah, dan tanaman. Kelarutan fosfor dipengaruhi oleh asosiasi ion-ion, efek pH, dan sejumlah fosfor yang teradsorpsi pada permukaan mineral lempung (Paul and Clark, 1989).

Sumber Pencemar Fosfor (P) dari Aktivitas Manusia Yang Menggunakan Fosfat

Pemanfaatan fosfor untuk menunjang kegiatan manusia cukup beragam, seperti halnya berdasarkan informasi penggunaan fosfor di negara-negara Eropa Barat. Hasil penelitian penggunaan fosfor terbesar adalah sebagai pupuk sebesar 79%, tambahan makanan 11%, deterjen 7%, dan penggunaan lain 3% (Johnston and Steen, 2000).

Sumber Pencemar Nitrogen (N)

Sumber utama nitrogen (N) di alam dapat berasal dari presipitasi atmosfer, sumber-sumber geologi, peternakan, areal pertanian, dan air limbah domestik (Ghaly and Ramakrishnan, 2015).

1) Presipitasi N dari Atmosfir

Kebanyakan senyawa nitrogen di atmosfer berbentuk N_2 . Namun demikian, di atmosfer juga terdapat sejumlah kecil dari senyawa amonia (NH_3), dan beberapa senyawa nitrogen lain, seperti NO , N_2O dan HNO_3 (Aneja *et al.*, 2001). Senyawa nitrogen dari atmosfer berasal dari pencemaran udara oleh industri. Sejumlah kecil dari dekomposisi bahan organik di tanah dan fotokimia di atmosfer (Chadwick and Hury, 2005). Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara di sekitar Danau Tempe pada Desember 2009 (CV. Binattech & Partner, 2009), kadar udara ambien parameter amonia tidak terdeteksi, sedangkan baku mutu udara ambien berdasarkan Keputusan MENLH No.Kep-50/MENLH/1996 adalah 2 mg/L. Dengan demikian, kondisi atmosfer di sekitar Danau Tempe terkait dugaan sumber presipitasi N disimpulkan sangat kecil.

2) Sumber-sumber Geologi

Senyawa nitrogen di alam dapat berasal dari sumber-sumber geologi, seperti senyawa nitrat dapat dihasilkan dari batuan *igneous*, batuan metamorfik, dan batu bara (Ghaly and Ramakrishnan, 2015). Konsentrasi senyawa nitrat dalam saluran air tidak hanya diperkaya

oleh aktivitas antropogenik, tetapi juga dapat berasal dari batuan dasar yang mengandung konsentrasi nitrogen yang tetap. Bantuan tersebut berkontribusi sejumlah besar senyawa nitrat ke air permukaan, seperti terjadi di suatu area bebatuan dalam suatu DAS di California. Seperti halnya suatu sumber senyawa nitrat alami, senyawa nitrat dari batuan dasar walaupun memberikan kontaminan nitrat dengan tingkatan rendah, tetapi dapat berkontribusi terhadap eutrofikasi (Holloway *et al.*, 1998). Dengan demikian, sumber-sumber geologi dapat berkontribusi nitrogen ke air permukaan terbatas pada senyawa nitrat. Terkait dengan kondisi Danau Tempe, kesimpulan yang dapat ditarik bahwa tidak ada kaitannya antara sumber-sumber geologi sebagai sumber nitrogen di sekitar danau dengan tingginya senyawa nitrogen organik di danau.

3) Peternakan

Sektor peternakan dapat menjadi sumber nitrogen bagi lingkungan, terutama dalam pemanfaatan tinja ternak sebagai pupuk. Praktek tersebut meningkatkan jumlah nitrogen ke lingkungan menyebabkan pencemaran udara, tanah dan air (Ghaly and Ramakrishnan, 2015). Beberapa alasan pemanfaatan tinja ternak sebagai pupuk, di antaranya adanya kenaikan harga pupuk buatan, peningkatan perhatian dalam pengelolaan tinja ternak untuk melindungi kualitas air, dan perhatian yang terbarukan dalam memaksimalkan penggunaan pupuk dari tinja (Barker and Walls, 2002), yang dipopulerkan dengan nama pupuk organik (Ghaly and Ramakrishnan, 2015).

4) Areal Pertanian

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan, wilayah pertanian per unit areanya, diusahakan memenuhi efisiensi maksimum dengan produk kualitas terbaik. Hal tersebut dapat dipahami, bila nutrisi bagi tanaman terpenuhi, sebagai salah satu faktor utama untuk mengendalikan produktivitas dan kualitas hasil panen (Savci, 2012). Semenjak pupuk buatan diketahui sebagai sumber input nutrisi yang murah untuk tanaman pertanian, penggunaan nitrogen sintetik cukup tinggi untuk areal pertanian (Mulaney, Khan, Elisworth, 2009).

Penggunaan unsur N dalam pertanian, dikarenakan unsur tersebut merupakan salah satu makronutrien pembatas dalam hasil pertanian (Gerakis, *et al.*, 2006). Oleh karena itu, dalam rangka memenuhi target hasil panen, biasanya penggunaan pupuk kadang-kadang berlebihan. Akibatnya, pada sistem produksi pertanian paling intensif, lebih dari 50-75% senyawa N yang diberikan ke areal pertanian

tidak digunakan oleh tanaman dan hilang melalui pelindian (Raun and Johnson, 1999). Mineral N khususnya yang terkandung dalam senyawa nitrat dan urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) merupakan senyawa yang sangat mudah larut dan mudah terbawa air larian ke badan air.

5) Air Limbah Domestik

Air limbah domestik terdiri dari 99,9% air, dan 0,1% bahan lainnya (bahan padat terambang, koloid, dan terlarut). Bahan padat terambang, koloid, dan terlarut mengandung unsur hara utama untuk tumbuhan (N,P,K) dan unsur lainnya, seperti tembaga, besi, seng. Jumlah kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium dalam air limbah yang tidak terolah secara berturut-turut 10-100 mg/L, 5-25 mg/L, dan 10-40 mg/L, sedangkan air limbah yang terolah kandungannya lebih sedikit (Mara dan Cairncross, 1989).

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pengumpulan data secara survey. Pengumpulan data primer dilakukan pada musim kemarau bulan Juni dan Agustus 2015, meliputi data kondisi tumbuhan air yang hidup di Danau Tempe dan kualitas air danau dan sungai inputnya. Analisis keberadaan tumbuhan air menggunakan teori suksesi vegetasi di danau dangkal (Merritt, 1994). Analisis kualitas air danau dan sungai input menggunakan dua pendekatan, yaitu i). Penilaian peruntukan air berdasarkan kriteria kualitas air kelas III menurut Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001, ii). Penilaian status trofik kesuburan danau berdasarkan golongan senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) menurut kriteria Kementerian Lingkungan Hidup (2009) dan Dodds *et al.* (1998). Metode pengujian kualitas air menggunakan SNI yang berlaku.

Pengumpulan data sekunder di antaranya untuk mengidentifikasi sumber-sumber pencemar air Danau Tempe dan sungai-sungai input yang meliputi i). Data areal pertanian sekitar Danau Tempe (BPS Kabupaten Wajo, 2015; BPS Kabupaten Soppeng, 2015; BPS Kabupaten Sidendreg Rappang, 2015), ii). Data penggunaan jenis pupuk golongan N dan P untuk pertanian, yaitu urea, SP-36, ZA, NPK, pupuk organik (Dinas Pertanian dan Peternakan Kabupaten Wajo, 2015; Dinas Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Soppeng, 2015; Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Sidendreg Rappang, 2015), iii). Jumlah penduduk sekitar Danau Tempe (BPS Kabupaten Wajo, 2015; BPS Kabupaten Soppeng, 2015; BPS

Kabupaten Sidendreg Rappang, 2015), iv). Data peternakan (BPS Kabupaten Wajo, 2015; BPS Kabupaten Soppeng, 2015; BPS Kabupaten Sidendreg Rappang, 2015).

Kriteria perhitungan untuk mengetahui kandungan senyawa fosfat (P_2O_5) pupuk SP-36 (*superphosphate*) adalah sebesar 36 %, NPK (nitrogen-phosphor-kalium) 15 % (Petrokimia Gresik, 2012) dan pupuk organik sebesar 1,18 % (Aini, 2005). Air limbah domestik yang belum diolah memiliki kandungan total fosfat antara 4 - 12 mg/L, fosfat organik antara 1 - 4 mg/L, dan fosfat anorganik antara 3 - 10 mg/L (Metcalf and Eddy, 2014). Kriteria perhitungan untuk mengetahui kandungan nitrogen organik pupuk organik adalah 2,055 % (Aini, 2005) dan urea 46 %, sedangkan kandungan nitrogen anorganik ZA (*Zwavelzure ammoniak*) 20,8% dan NPK 15 % (Petrokimia Gresik, 2012). Air limbah domestik yang belum diolah memiliki kandungan total N antara 20-70 mg/L, nitrogen organik antara 8-25 mg/L, dan amonia antara 12-45 mg/L (Metcalf and Eddy, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fenomena Proses Suksesi Vegetasi di Danau Tempe

Pada saat survey bulan Juli 2015, kondisi luas permukaan danau yang tertutupi oleh tumbuhan air diperkirakan sekitar 43% dari luas 13.000 Ha. Dari hasil survey teridentifikasi beberapa jenis tumbuhan air yang melimpah di antaranya eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Ditemukan juga jenis tanaman darat dari kelompok rumput-rumputan (Graminae) dan tumbuhan semak seperti ali musa (*Mimosa invisa*), *Pragmites sp* yang hidup pada tanah yang telah berbentuk pulau di areal danau (Gambar 1).

Dari kondisi danau tersebut, teridentifikasi setidaknya empat kelompok vegetasi dominan, yaitu i). kelompok fitoplankton, berdasarkan hasil penelitian Puslit Biologi ditemukan lima kelas, yaitu (Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Chlorophyceae, Dinophyceae) (Dina, 2014), ii). kelompok tumbuhan yang mengapung (*floating*), seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*), iii) kelompok tumbuhan yang muncul di permukaan air dan tegak (*emergent*), seperti tumbuhan semak jenis ali musa (*Mimosa invisa*), iv). Tumbuhan semak yang hidup di pinggiran badan air (*fringing*), seperti *Phragmites sp.* Tumbuhan semak *Phragmites sp.* banyak ditemukan di pinggir-pinggir Danau Tempe dan sungai-sungai input ke danau tersebut. Akibat

dari pertumbuhan melimpah tumbuhan air di Danau Tempe, berdasarkan hasil pengindraan jarak jauh satelit tahun 1990 - 2011 memperlihatkan penyusutan luas permukaan dan penambahan vegetasi air yang sangat tinggi (Trisakti dkk., 2012).

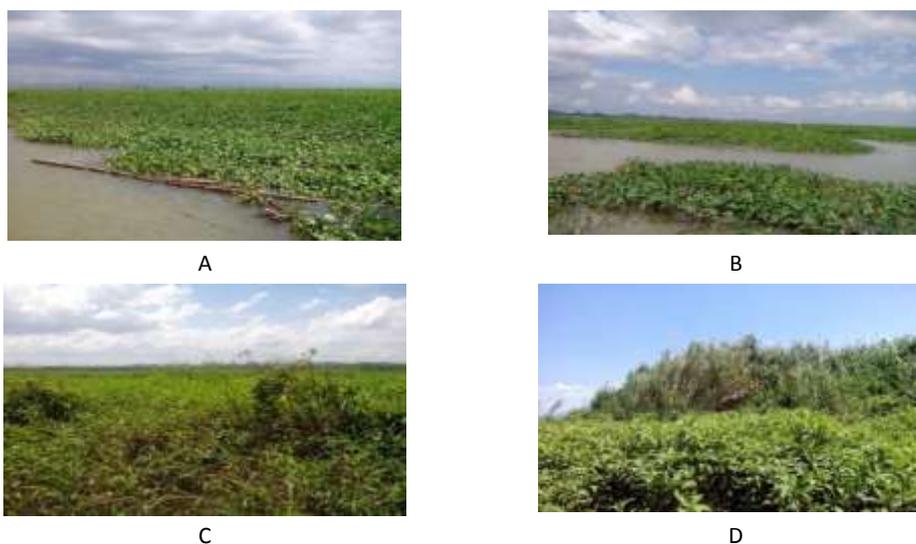
Dengan memperhatikan kelompok-kelompok tumbuhan tersebut dan dikaitkan dengan skematik tahapan suksesi di danau dangkal (Merritt, 1994), diduga di Danau Tempe telah terjadi proses suksesi vegetasi. Pada saat ini, masing-masing dari keempat kelompok vegetasi tersebut, merupakan vegetasi yang mampu hidup dan sukses di wilayahnya masing-masing. Selanjutnya dengan berjalannya waktu, kelompok vegetasi dominan di wilayah tersebut akan berubah mengikuti proses suksesi menuju suatu komposisi komunitas vegetasi stabil (Merritt, 1994). Dengan menelaah teori tersebut, agar fungsi Danau Tempe sebagai kawasan konservasi sumber daya air atau kawasan lindung, perlu melakukan upaya pengendalian tumbuhan air.

Kualitas Air Danau Tempe dan Sungai Input ke Danau

Danau Tempe yang termasuk tipe danau paparan banjir, keberadaan air ini tidak terlepas dari sungai-sungai input dan atau saluran-saluran air di sekitarnya. Untuk mendapatkan informasi terkait kondisi Danau Tempe yang mengalami pertumbuhan melimpah tumbuhan air, perlu digali informasi terutama tentang kualitas air

sungai-sungai input dan juga di danaunya. Secara administratif Danau Tempe masuk ke dalam tiga wilayah kabupaten, yaitu Wajo, Soppeng dan Sidendeng Rappang dalam wilayah Provinsi Sulawesi Selatan. Untuk itu, pemantauan dilakukan pada sungai-sungai input di ketiga wilayah kabupaten. Seperti telah diinformasikan sebelumnya, bahwa sungai-sungai inlet yang menuju Danau Tempe terdiri dari 23 sungai, di antaranya Sungai Lawo (Soppeng), Sungai Batu-Batu (Soppeng), Sungai Bilokka (Sidrap), Sungai Bila (Wajo), dan sungai Walanae(Wajo) (Trisakti dkk., 2012). Informasi lainnya menyatakan bahwa sungai inlet utama yang masuk ke danau adalah Sungai Bilokka, Sungai Lidaratangiu, Sungai Masaka, Sungai Sidendeng, dan Sungai Bila (Ditjen SDA, 2015).

Pada survey bulan Agustus 2015 saat musim kemarau, beberapa sungai tersebut mengalami kekeringan. Beberapa sungai input ke Danau Tempe yang masih mengalir adalah Sungai Billa, Sungai Lawo, dan sungai penghubung Danau Sidendeng ke Danau Tempe. Sungai penghubung Danau Sidendeng dan Danau Tempe saat survey alirannya mengalir dari Danau Sidendeng (Gambar 2). Aliran air dari Danau Sidenreng berasal dari DAS Enrekang Sidrap (Nasrullah, 2013). Dikaitkan dengan dugaan bahwa kualitas air berpengaruh terhadap pertumbuhan melimpah dari tumbuhan air, kajian kualitas air difokuskan terhadap parameter kesuburan air.

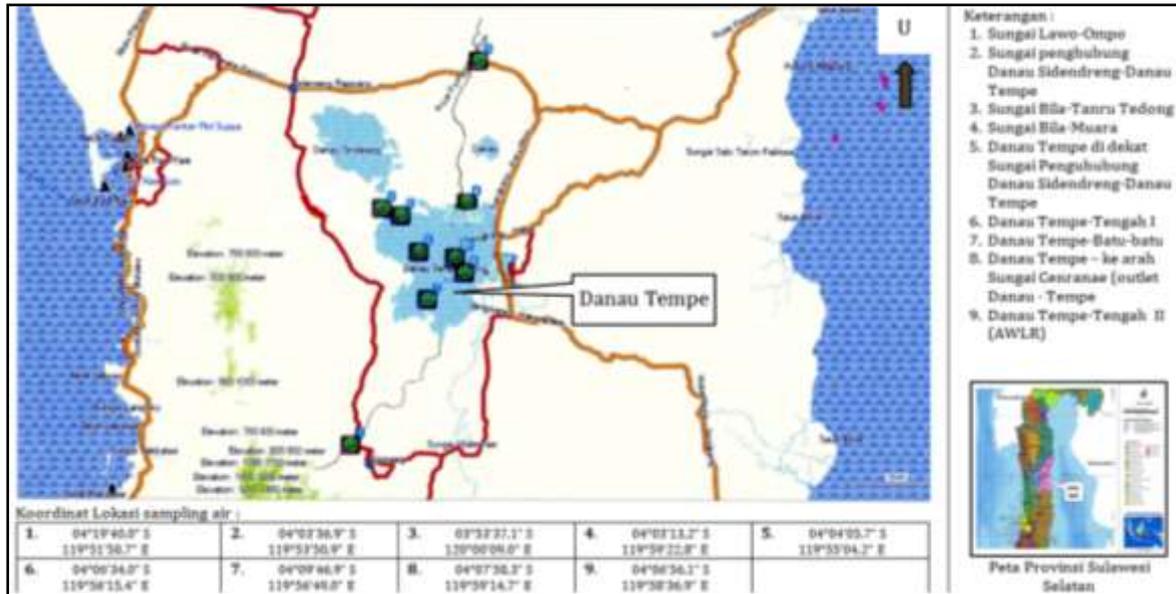


Keterangan :

A = Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) di tengah danau, B = Tumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) pada daerah danau dangkal, C = Daratan yang muncul dg tumbuhan rerumputan dan semak ali musa (*Mimosa invisa*), D = Daratan yang muncul dg tanaman *Pragmites sp*

Gambar 1 Beberapa jenis tanaman air dan tanaman lainnya yang tumbuh di Danau Tempe (Foto Lapangan tanggal 25 Juni 2015)

Parameter tersebut adalah kelompok parameter golongan nitrogen (N), fosfat (P) dan beberapa mineral lainnya (Tabel 2). Senyawa golongan nitrogen yang diperhatikan adalah amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) dan nitrogen organik, sedangkan senyawa golongan fosfor adalah parameter fosfat ortho dan fosfat total.



Gambar 2 Peta lokasi pengambilan contoh air di Danau Tempe dan beberapa sungai-sungai inputnya

Tabel 1 Kualitas air sungai input ke Danau Tempe dan sungai yang menghubungkan Danau Sidenreng dan Danau Tempe

No	Parameter	satuan	Lokasi sampling air				Kriteria kualitas air kelas III , PP 82 tahun 2001
			1	2	3	4	
1	Amonia Bebas ($\text{NH}_3\text{-N}$)	mg/L	0,0007	0,0007	0,00009	0,0004	0,002
2	Amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$)	mg/L	0,08	0,388	0,044	0,057	-
3	Fosfat Ortho ($\text{PO}_4\text{-P}$)	mg/L	0,027	0,131	0,023	0,025	-
4	Fosfat total ($\text{PO}_4\text{-P}$)	mg/L	0,436	0,24	0,227	0,259	0,2
5	Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	0,04	0,04	0,04	0,04	10
6	Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	0,006	0,019	0,006	0,008	0,06
7	Nitrogen Organik	mg/L	0,086	0,391	0,095	0,088	-
8	Oksigen Terlarut	mg/L	5,9	4,1	4,6	6	4
9	pH	-	7,1	6,4	6,5	7	6 - 9

Sumber : hasil sampling bulan Agustus 2015

Keterangan : 1 = Sungai Lawo-Ompo, kel. Ompo, Kec. Lalabata, Kab. Soppeng; 2 = Sungai penghubung Danau Sidenreng-Danau Tempe, kel. Ompo, Kec. Lalabata, Kab. Soppeng; 3 = Sungai Bila - Tanru Tedong, Ds. Tanru Tedong, Kec. Tanru Tedong, Kab. Wajo; 4 = Sungai Bila - Muara Danau Tempe, Ds. Limporiau, Kec. Belawa, Kab Wajo

Tabel 2 Karakteristik Kualitas air Danau Tempe hasil pemantauan bulan Agustus 2015

No	Parameter	satuan	Lokasi Sampling Air					Kriteria kualitas air kelas III, PP 82 tahun 2001
			1	2	3	4	5	
1	Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/L	0,0012	0,004	0,004	0,007	0,007	0,002
2	Amonium (NH ₄ -N)	mg/L	0,20	0,258	0,205	0,25	0,335	-
3	Fosfat Ortho (PO ₄ -P)	mg/L	0,062	0,094	0,071	0,069	0,102	-
4	Fosfat total (PO ₄ -P)	mg/L	0,203	0,118	0,37	0,297	0,131	0,2
5	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,1	0,14	0,05	0,14	0,12	10
6	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	0,009	0,014	0,198	0,013	0,014	0,06
7	Nitrogen Organik	mg/L	0,243	0,292	0,233	0,274	0,373	-
8	Oksigen Terlarut	mg/L	5,5	6	6,2	5	6	4
9	pH	-	7	7,4	7,5	7,6	7,5	6 - 9

Sumber : hasil sampling bulan Agustus 2015

Keterangan :

1 = Danau Tempe di dekat muara Sungai penghubung Danau Sindreneng - Danau Tempe, Ds. Wette, Kec. Panca Lautang, Kab. Sidrap; 2 = Danau Tempe-Tengah I (Timur), Kab. Sidrap ; 3 = Danau Tempe- Batu batu, Kab. Soppeng; 4 = Danau Tempe – ke arah S. Cenranae (outlet Danau Tempe), Kab. Wajo; 5 = Danau Tempe - Tengah II (AWLR), Kab. Wajo

Namun sebelum membahas lebih lanjut tentang parameter kesuburan air di sungai-sungai input dan Danau Tempe, ada baiknya bila memperhatikan berbagai aktivitas warga dalam menangkap ikan di Danau Tempe. Pada umumnya, warga melakukan penangkapan ikan menggunakan sarana, seperti bokkatondo, menjaring, memancing. Aktivitas tersebut dilakukan terus menerus oleh masyarakat sebagai salah satu mata pencaharian. Untuk itu perlu menelaah dengan mengevaluasi kualitas airnya menggunakan kriteria air untuk perikanan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001. Penilaian kriteria dilakukan terhadap parameter kunci, seperti oksigen terlarut, nilai pH, amonia. Berdasarkan penilaian kriteria kualitas air tersebut, ternyata kualitas air Danau Tempe masih memenuhi, kecuali parameter fosfat total berfluktuasi (Tabel 1). Demikian juga kondisi kualitas air sungai-sungai input ke danau, kualitas airnya memenuhi kriteria air untuk perikanan (Tabel 2).

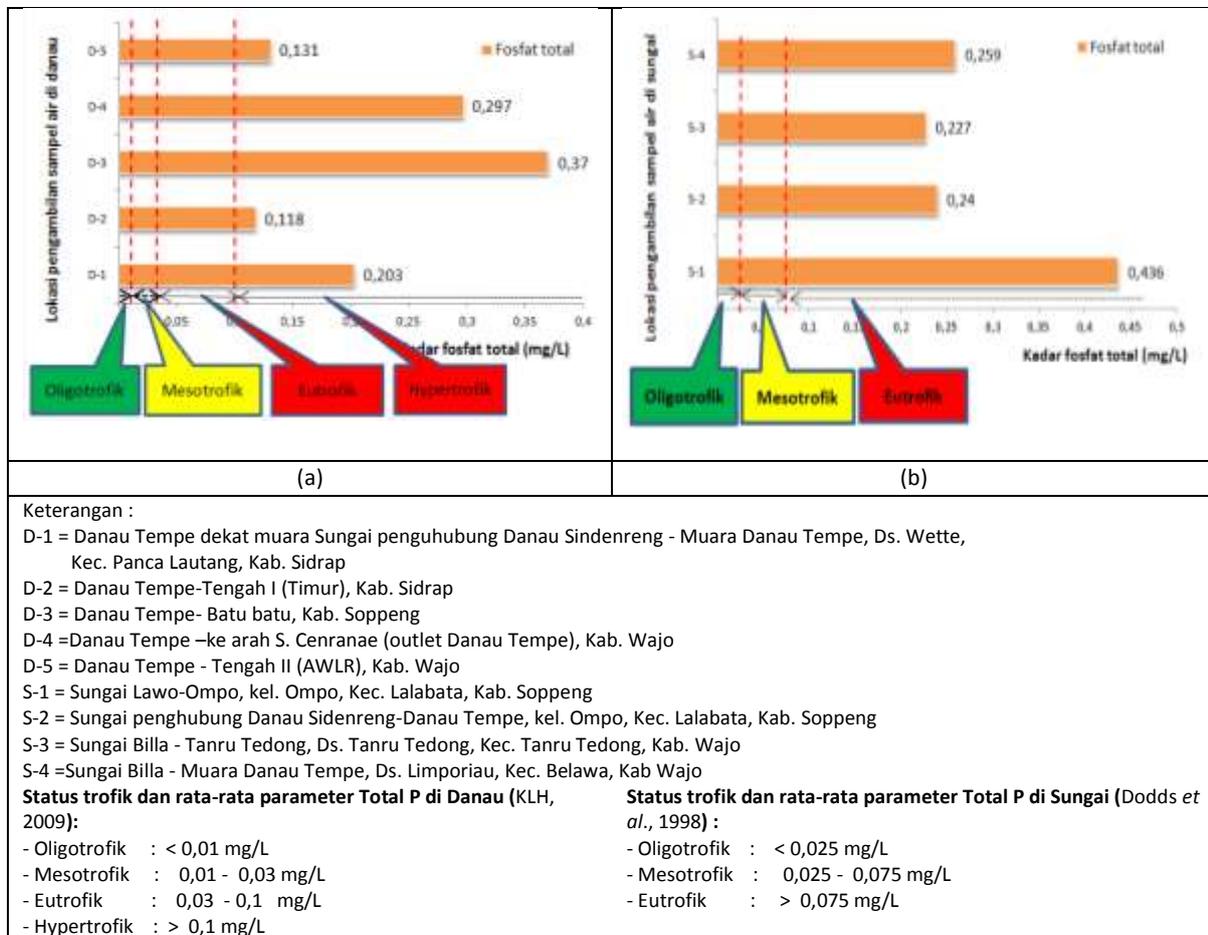
Jika data kualitas air pada Tabel 1 dan 2 dibandingkan dengan kriteria kesuburan air (Smith, Tilman, Nekola, 1999), ternyata parameter total fosfat (P) dan total nitrogen (N) menunjukkan penyuburan yang berlebih. Kadar parameter total fosfat, baik di sungai-sungai input maupun di Danau Tempe menunjukkan

kadar yang sudah masuk kategori hipertrofik (Gambar 3). Hasil pengukuran di sungai-sungai input menunjukkan kadar total P antara 0,240-0,436 mg/L (Gambar 3b) dan di Danau Tempe menunjukkan kadar antara 0,118 - 0,37 mg/L (Gambar 3a). Untuk parameter golongan total nitrogen (N), baik di sungai input maupun danau menunjukkan nilai kriteria antara mesotrofik dan eutrofik menurut kriteria kesuburan air (Gambar 4). Kadar parameter total N adalah jumlah konsentrasi NO₂, NO₃, NH₄ dan N-organik. Kadar total N dari sungai input berkisar antara 0,185-0,838 mg/L, kadar tertinggi adalah di lokasi sungai penghubung Danau Sidendeng dan Danau Tempe (Gambar 4.b). Kadar total nitrogen di sungai tersebut melebihi empat kalinya dari kadar sungai lain (Sungai Lawo dan Sungai Bila). Kadar total N di dua sungai input tersebut berkisar antara 0,185 - 0,212 mg/L. Kadar total N di Danau Tempe berkisar antara 0,553 - 0,849 mg/L. Dari manakah sumber pencemar tersebut? Apakah bersumber secara alami ataukah dampak dari suatu aktivitas manusia? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, pembahasan difokuskan pada sumber-sumber penghasil senyawa fosfor dan nitrogen.

Bilamana informasi dalam Tabel 1 dikaitkan dengan volume air di Danau Tempe, maka akan diperoleh kuantitas senyawa fosfat di perairan

tersebut. Berdasarkan informasi dari BBWS Pompengan-Jeneberang (2015), muka air rata-rata Danau Tempe pada rentang 30 tahunan (1968-2001) sebesar +5,5 m dan volumenya sebesar 195,1 juta m³. Dengan kadar rata-rata senyawa fosfat ortho di Danau Tempe sebesar

0,080 mg/L, maka kuantitas senyawa tersebut dalam airnya adalah 15,61 ton. Kemudian untuk senyawa fosfat tersuspensinya dengan kadar rata-rata sebesar 0,144 mg/L, maka kuantitas senyawa tersebut dalam air di Danau Tempe adalah 28,09 ton.



Gambar 3 Kadar parameter total fosfat di Danau Tempe dan beberapa sungai-sungai inputnya (Hasil Analisis)

Secara alami, ketersediaan senyawa fosfor sangat rendah sekitar 0,01 mg/L sebagai fosfat ortho dan 0,025 mg/L sebagai total fosfor terlarut (termasuk fosfor organik). Kemudian ketersediaan fosfor terpartikulat/tersuspensi sekitar 95% dibawa oleh air sungai dan 40%-nya adalah fosfor organik (Meybeck, 1982). Jikalau kondisi Danau Tempe diasumsikan masih alami, kuantitas senyawa fosfat ortho terlarut dan tersuspensinya dihitung menggunakan pendekatan di atas, maka kuantitas senyawa fosfat ortho terlarut adalah 0,01 mg/L x 195,1 juta m³ = 1,95 ton. Akan tetapi kenyataannya, pada saat survey dilakukan kuantitas senyawa fosfat ortho terlarut mencapai 15,61 ton. Dengan demikian terdapat tambahan senyawa fosfat ortho terlarut sebesar 13,66 ton ke dalam Danau

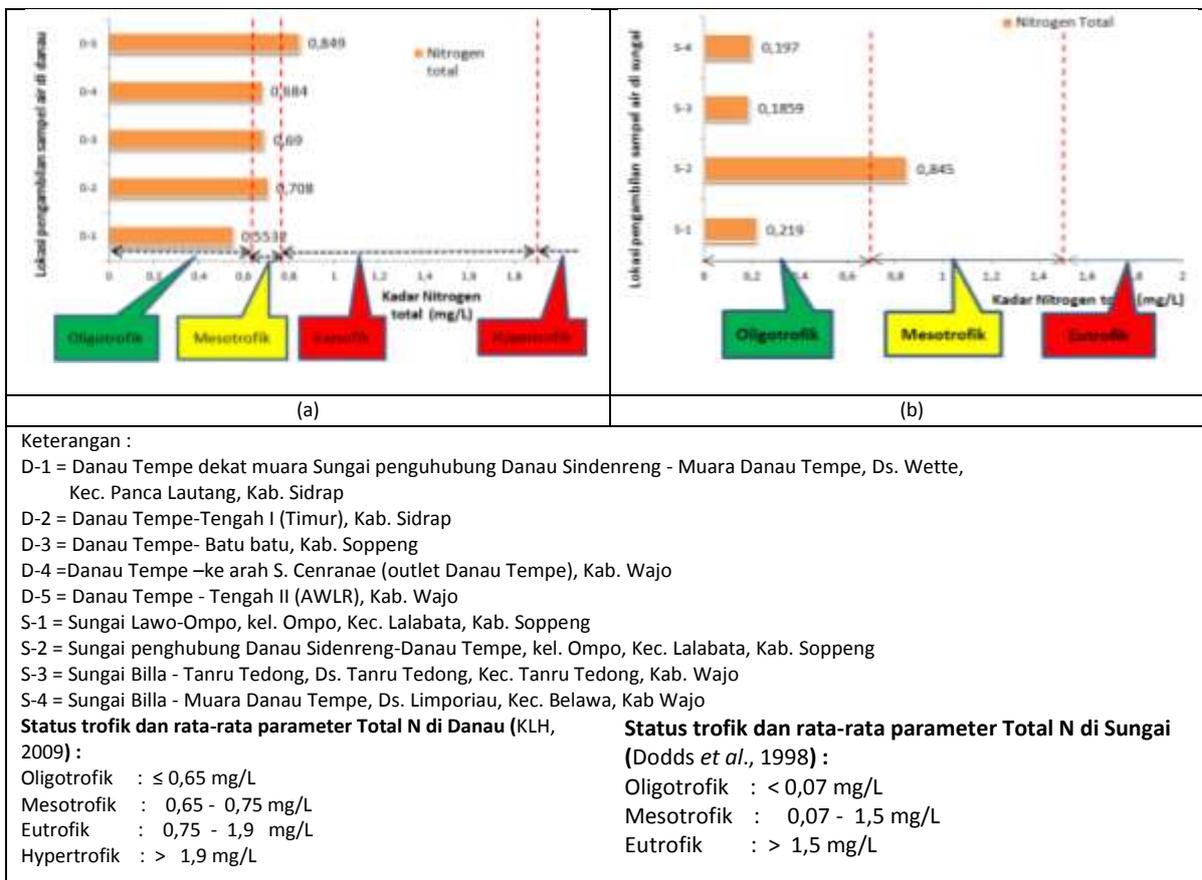
Tempe. Demikian pula untuk kondisi Danau Tempe saat ini, kuantitas senyawa fosfat anorganik tersuspensinya mencapai sekitar 60% x 28,09 ton = 16,85 ton, sedangkan sisanya sebagai senyawa fosfat tersuspensi sebesar 40% x 28,09 ton = 11,24 ton.

Identifikasi Sumber Pencemar Golongan Fosfor (P)

Dengan menelaah kadar senyawa fosfat ortho dan fosfat tersuspensi dalam Gambar 6 dan 7, kedua parameter tersebut dapat menggambarkan keterkaitan sungai input dan kondisi Danau Tempe. Sungai-sungai input menjadi salah satu medium yang menghantarkan pencemar fosfat ke Danau Tempe. Dalam gambar tersebut, tercatat

kadar rata-rata fosfat tersuspensi dari tiga sungai input sebesar 0,239 mg/L, sedangkan di Danau Tempe 0,144 mg/L. Senyawa fosfat tersuspensi yang terbawa air sungai dan bermuara di Danau

Tempe, diduga senyawa fosfat tersebut mengikuti proses dalam siklus fosfor. Berbagai senyawa fosfat mengalami hidrolisis atau enzimatis menjadi fosfat ortho terlarut.



Gambar 4 Kadar parameter total nitrogen di Danau Tempe dan beberapa sungai inputnya

Dengan demikian dalam kolom air di Danau Tempe akan terjadi penambahan kadar fosfat ortho. Tercatat kadar rata-rata senyawa fosfat ortho di Danau Tempe sebesar 0,080 mg/L, nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan kadar rata-rata di tiga sungai input sebesar 0,052 mg/L. Nilai tersebut tidaklah murni berasal dari fosfat tersuspensi sungai input, tetapi juga dapat berasal dari sedimen dasar yang mengandung fosfat, akibat akumulasi beberapa waktu sebelumnya.

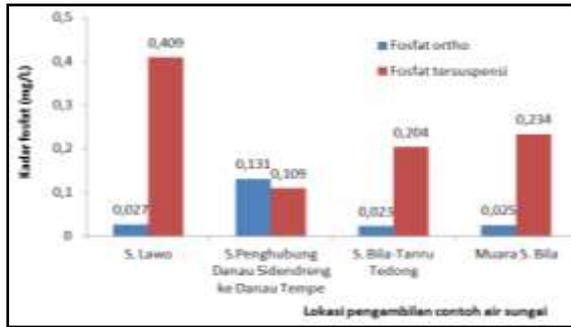
1) Identifikasi Sumber Pencemar Fosfat Berdasarkan Sumber Fosfat Alami

Dugaan sumber pencemar fosfat dari sumber fosfat alami dapat saja terjadi, tetapi hasil survey oleh Direktorat Geologi dan Mineral, Departemen Pertambangan telah ditemukan cadangan fosfat alam sebesar 895 ribu ton tersebar di P. Jawa 66%, Sumatera Barat 17%, P. Kalimantan 8%, Sulawesi (di P. Kakabiya 5%), dan 4% tersebar di P. Papua, Aceh, Sumatera Utara, dan Nusa

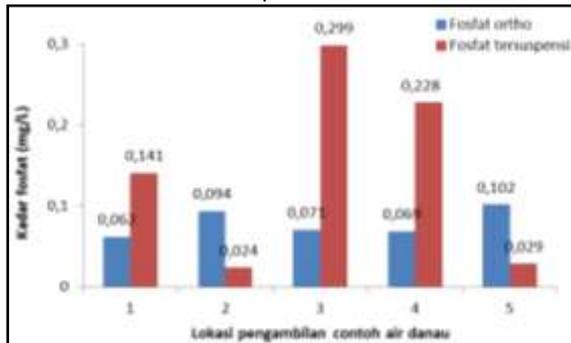
Tenggara (Kasno, Rochayati, Prasetyo, 2009). Dengan alasan tersebut, dugaan adanya fosfat di tiga sungai input bukanlah berasal dari sumber alami.

2) Identifikasi Sumber Fosfor (P) dari Aktivitas Manusia Yang Menggunakan Fosfat

a. Limbah dari Areal Pertanian
 Sektor pertanian diduga sebagai sumber pencemar utama terhadap penyuburan air Danau Tempe. Kegiatan ini tidak terlepas dengan penggunaan pupuk untuk menunjang keberhasilan hasil panennya. Dari hasil pengamatan di lapangan, kegiatan sektor pertanian, baik pertanian teknis maupun tadah hujan merupakan kegiatan yang paling banyak dilakukan di sekitar danau. Sektor pertanian di sekitar Danau Tempe meliputi delapan wilayah kecamatan di tiga kabupaten.



Gambar 5 Kadar senyawa fosfat ortho dan fosfat tersuspensi di tiga sungai input ke Danau Tempe



Gambar 6 Kadar senyawa fosfat ortho dan fosfat tersuspensi di Danau Tempe

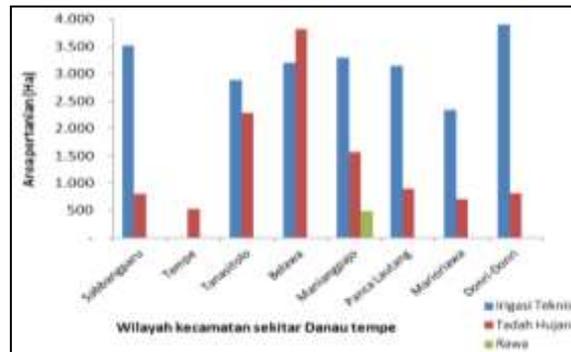
Keterangan :

1 = Danau Tempe dekat muara Sungai penghubung Danau Sindenreng - Muara Danau Tempe, Ds. Wette, Kec. Panca Lautang, Kab. Sidrap; 2 = Danau Tempe-Tengah I (Timur), Kab. Sidrap; 3 = Danau Tempe- Batu batu, Kab. Soppeng; 4 = Danau Tempe –ke arah S. Cenranae (outlet Danau Tempe), Kab. Wajo; 5 = Danau Tempe - Tengah II (AWLR), Kab. Wajo

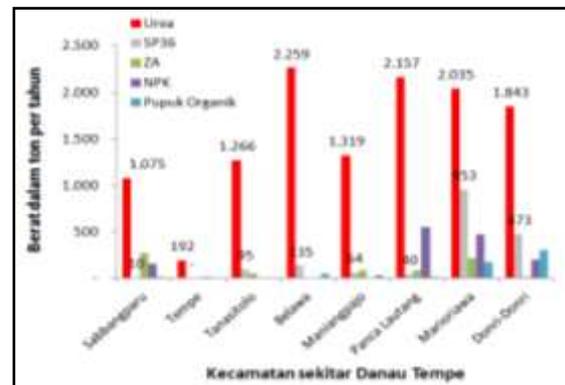
Dengan posisi lokasi Danau Tempe yang dikelilingi oleh delapan wilayah kecamatan, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik dari masing-masing kabupaten, pada tahun 2014 keseluruhan areal pertaniannya mencapai 33.749 Ha (BPS Kabupaten Wajo, 2015; BPS Kabupaten Soppeng, 2015; BPS Kabupaten Sidendring Rappang, 2015). Rincian luas areal pertanian tersebut adalah 22.387 Ha berada di Kabupaten Wajo atau 66%, 7.326 Ha di Kabupaten Soppeng atau 22%, dan 4.036 Ha di Kabupaten Sidrap atau 12%. Dari sumber informasi yang sama, untuk sistem pengairan pada areal pertanian tersebut umumnya didominasi oleh persawahan sistem irigasi teknis sekitar 65,4%, tadah hujan 32,2 % dan rawa 1,4% (Gambar 7).

Dalam menunjang keberhasilan budidaya tanaman padi di areal pertanian tersebut digunakan lima macam pupuk, yaitu urea, SP (Superphosphate)-36, ZA (*zwavelzure ammoniak*) atau *amonium sulfat*, NPK (nitrogen-phosphor-kalium), dan pupuk organik. Berdasarkan data

tahun 2014, khususnya penggunaan pupuk yang mengandung fosfor adalah SP-36 sebesar 1.769 ton atau 10,6% dari total penggunaan lima jenis pupuk, NPK sebesar 1.393 ton atau 8,4%, dan pupuk organik sebesar 598 ton atau 3,6% (Gambar 8) (Dinas Pertanian dan Peternakan Kabupaten Wajo, 2015; Dinas Tanaman Pangan dan Holtikultura Kabupaten Soppeng, 2015; Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Sidendring Rappang, 2015).



Gambar 7 Area pertanian dengan macam-macam sistem pengairan sekitar Danau Tempe tahun 2014



Gambar 8 Penggunaan pupuk untuk pertanian sekitar Danau Tempe tahun 2014

Secara teoritis, pupuk SP-36 mengandung fosfat (P_2O_5) sebesar 36%, pupuk NPK sebesar 15% (Petrokimia Gresik, 2012) dan pupuk organik sebesar 1,18% (Aini, 2005). Bila dihitung besaran senyawa fosfat ortho dari tiap jenis pupuk yang digunakan pada areal pertanian di delapan kecamatan tahun 2014, jumlah keseluruhan senyawa tersebut adalah 852,85 ton (Tabel 3). Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa berdasarkan hasil perhitungan diprediksi sekitar 13,66 ton senyawa fosfat ortho dan sekitar 16,85 ton senyawa fosfat anorganik tersuspensi yang masuk ke Danau Tempe. Kemudian dengan memperhatikan data dalam Tabel 3, diduga kuat potensi sumber fosfat ortho dan fosfat anorganik tersuspensi di Danau Tempe lebih mendekati bersumber dari sektor pertanian.

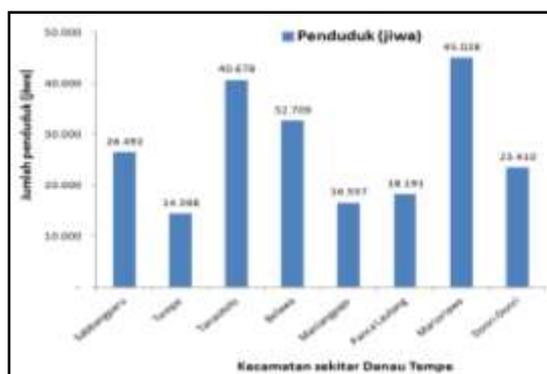
Tabel 3 Penggunaan pupuk fosfat untuk pertanian di delapan kecamatan tahun 2014

No.	Jenis Pupuk	Kadar Fosfat (%)	Penggunaan (ton)	Kadar Fosfat Murni (ton)
1	SP-36	36	1.769	636,84
2	NPK	15	1.393	208,95
3	Pupuk Organik	1,18	598	7,06
Jumlah				852,85

b. Air Limbah Domestik

Air limbah domestik yang masuk ke lingkungan dapat pula menjadi salah satu sumber senyawa fosfat. Air limbah domestik yang belum diolah memiliki kandungan total fosfat antara 4 - 12 mg/L, fosfat organik antara 1 - 4 mg/L, dan fosfat anorganik antara 3 - 10 mg/L (Metcalf and Eddy, 2014). Berdasarkan informasi dalam buku Kabupaten Wajo, Kabupaten Soppeng, dan Kabupaten Sidendreg Rappang Dalam Angka tahun 2014, keseluruhan populasi penduduk di delapan kecamatan di tiga kabupaten tersebut 217.463 jiwa (Gambar 9). Dengan demikian, jika air limbah yang dihasilkan oleh tiap orang per harinya sebesar $186,06 \pm 7,85$ L (Mesdaghinia *et al.*, 2015), maka produksi air limbah yang dihasilkan adalah perkalian ukuran per orang per hari dengan jumlah penduduknya, yaitu sebesar $38.754 - 42.168$ m³ per hari.

Walaupun demikian, tiap-tiap daerah telah melaksanakan upaya pengelolaan air limbah domestik tersebut, misal di Kabupaten Wajo sekitar 56% menggunakan tangki tinja dan 44% disalurkan ke cubluk/lubang tanah, pipa sewer, langsung ke drainase, langsung ke sungai-danau. Akan tetapi secara keseluruhan dari semua kegiatan yang berpotensi terhadap pencemaran air 70% berasal dari kegiatan rumah tangga (Pokja Sanitasi Kabupaten Wajo, 2014).



Gambar 9 Jumlah penduduk di delapan kecamatan sekitar Danau Tempe tahun 2014

Selanjutnya, bila informasi pengelolannya air limbah domestik di Kabupaten Wajo diasumsikan sama untuk tiga kecamatan di dua kabupaten

lainnya, maka perkiraan kuantitas air limbah yang dihasilkan dari delapan kecamatan keseluruhan adalah $70\% \times$ air limbah domestik sebelum diolah atau sebesar $27.128 - 29.518$ m³ per hari. Kemudian bila dihitung produksi fosfat anorganiknya dari air limbah domestik menggunakan standar dalam Metcalf and Eddy (2014), maka diperoleh kadar fosfat anorganik sebesar $0,114 - 0,422$ ton. Berdasarkan data tersebut, bila dibandingkan dengan kuantitas senyawa fosfat anorganik di Danau Tempe sebesar $16,85$ ton, maka potensi air limbah domestik sebagai sumber fosfat anorganik disimpulkan sangat kecil.

Identifikasi Sumber Pencemar Golongan Nitrogen (N)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa untuk parameter golongan total N di sungai input dan danau menunjukkan kadar yang masuk ke kriteria mesotrofik dan eutrofik. Menurut Ryding and Rast (1989) menyatakan bahwa bila kadar total N lebih dari $0,30$ mg/L, kondisi tersebut dapat memacu pertumbuhan tanaman air (mikro dan makroflora). Di Danau Tempe dengan melimpahnya tumbuhan air eceng gondok, diduga kuat terkait masuk dan terakumulasinya senyawa N yang telah menyebabkan terjadinya pertumbuhan melimpah dari tumbuhan tersebut. Dari survey yang dilakukan, tercatat kadar total N sungai input antara $0,186 - 0,845$ mg/L. Setelah sekian lamanya terakumulasi, sehingga terjadi peningkatan senyawa total N di danau, tercatat kadar total N antara $0,553 - 0,849$ mg/L (Gambar 4).

Sebenarnya, keberadaan nitrogen secara alami di lingkungan dan bersifat konstan, bersumber dari perubahan bentuk organik ke anorganik atau sebaliknya (Ghaly and Ramakrishnan, 2015). Akan tetapi, berdasarkan hasil pengukuran terhadap parameter golongan N (Tabel 1 dan 2), terdapat parameter dominan, yaitu senyawa nitrogen organik. Dominansi senyawa tersebut dapat dilihat dari persentasekadarnya yang mencapai $40,43 - 51,33\%$ (sungai input) dan $33,77 - 43,93\%$ (danau) dibandingkan dengan senyawa nitrogen lainnya (nitrat, nitrit, amonium, amonia). Kadar rata-rata parameter nitrogen organik di lima lokasi mewakili lima wilayah Danau Tempe sebesar $0,283$ mg/L, dan rentangnya antara $0,233 - 0,373$ mg/L (Tabel 2). Kondisi yang sama terlihat dari hasil pengukuran dari sungai-sungai input khususnya dari alur sungai penghubung Danau Sidendreg ke Danau Tempe sebesar $0,391$ mg/L, sedangkan sungai lainnya berkisar antara $0,086 - 0,95$ mg/L (Tabel 1). Senyawa

nitrogen organik di alam akan terhidrolisis melalui proses amonifikasi secara enzimatik.

Secara alami biasanya proses amonifikasi terjadi pada penguraian protein, gula amino dan asam nukleat menjadi bentuk amonium (NH_4^+) (Paul and Clark, 1989). Akan tetapi, fenomena yang terjadi di Danau Tempe, tidak ada kejadian yang menyebabkan peningkatan kadar senyawa nitrogen organiknya cukup tinggi di perairan. Misalnya, kematian ikan secara masal dan dibiarkan membusuk atau terdekomposisi di perairan. Akan tetapi faktanya, di perairan Danau Tempe terdapat senyawa nitrogen organik cukup tinggi. Secara alami senyawa tersebut akan mengikuti proses amonifikasi, menghasilkan senyawa amonium yang seimbang atau terdapat korelasi positif antara kadar nitrogen organik dan amonium. Dari data kualitas air hasil pengukuran di Danau Tempe dan sungai-sungai input (Tabel 1 dan 2), ternyata antara kadar senyawa nitrogen organik dan amonium menghasilkan korelasi positif sebesar $r = 0,9935$ (sungai input) dan $r = 0,9907$ (Danau Tempe). Artinya terdapat korelasi positif yang sangat kuat antara kadar nitrogen organik dengan kadar amoniumnya sebagai senyawa hasil hidrolisis enzimatik dari nitrogen organik tersebut. Untuk di sungai-sungai input, kadar senyawa amoniumnya dapat menjelaskan sekitar 98,7% datanya berasal dari hasil hidrolisis enzimatik senyawa nitrogen organik. Kemudian untuk di Danau Tempe, senyawa amoniumnya dapat menjelaskan bahwa sekitar 98,15% datanya merupakan hasil proses hidrolisis enzimatik dari senyawa organik. Dengan demikian, fenomena tingginya kadar nitrogen organik di Danau Tempe, diduga kuat berasal dari sumber *non-point source* yang menggunakan bahan yang mengandung senyawa tersebut.

1) Identifikasi Sumber Nitrogen (N) dari Peternakan

Sektor peternakan dapat menjadi sumber nitrogen bagi lingkungan, terutama dalam pemanfaatan tinja ternak sebagai pupuk untuk pertanian. Berdasarkan data dalam Gambar 8 sebelumnya, penggunaan pupuk organik di delapan kecamatan mencapai 598 ton tahun 2014 (3,6%). Selanjutnya, dengan menggunakan data dalam Tabel 4 dan diasumsikan bahwa pupuk organik berasal dari semua jenis hewan, maka persen rata-rata nitrogen sebesar $2,055\% \times 598 \text{ ton} = 12,29 \text{ ton N}$. Senyawa nitrogen dalam pupuk organik dapat berbentuk senyawa amonium (Irshad *et al.*, 2013). Dengan demikian, berat senyawa N yang terkandung dalam pupuk organik pada tahun 2014 sebesar 12,29 ton. Bilamana diasumsikan senyawa N dalam pupuk

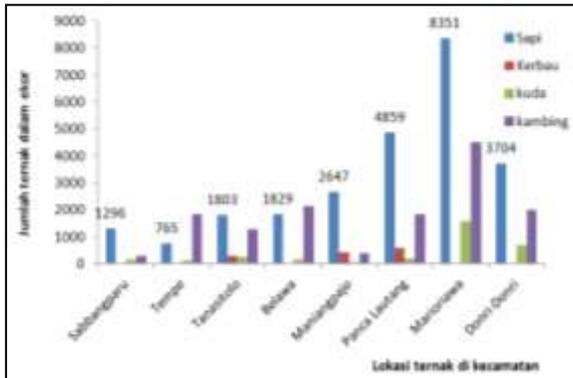
tersebut adalah senyawa amonium, kemudian dibandingkan dengan senyawa amonium di Danau Tempe sebesar 48,67 ton, maka senyawa amonium dalam pupuk organik lebih kecil. Berarti potensi senyawa amonium yang terkandung dalam pupuk organik, bukanlah menjadi sumber utama pencemar amonium di Danau Tempe. Namun demikian, ketika terjadi air larian melewati areal pertanian yang menggunakan pupuk tersebut, potensi terbawanya senyawa amonium melalui proses tersebut bisa saja terjadi.

Tabel 4 Produksi tinja segar dari ternak dan kandungan senyawa golongan N (Barker and Walls, 2002)

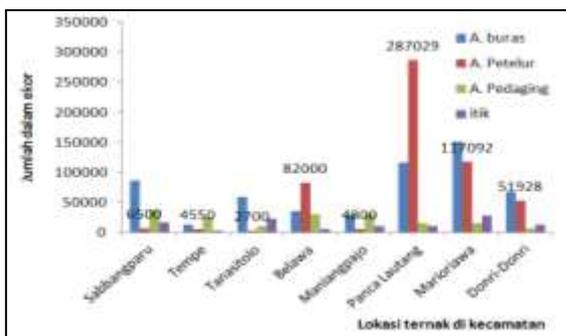
Jenis ternak	Tinja ton/ekor/tahun	Kandungan N (Kg/ton tinja)	
		Amonium	Total Nitrogen
Sapi	3,76	1,77	6,08
Kerbau	3,76	1,77	6,08
Kuda	4,17	1,09	5,49
Kambing	0,50	2,77	9,89
Ayam Pedaging	0,02	3,04	11,93
Ayam Petelur	0,02	2,99	12,07

Sisi lain terkait sektor peternakan dapat menjadi sumber N adalah kuantitas ternak di delapan kecamatan (Gambar 10 dan 11). Berdasarkan data tersebut, jumlah ternak kaki empat terbanyak adalah sapi sebesar 57,33% (25.254 ekor), sedangkan untuk ternak unggas terbanyak adalah ayam petelur 40,15% (556.599 ekor). Kepemilikan ternak berkaki empat, pada umumnya dimiliki oleh perorangan atau kelompok peternak. Untuk ternak unggas, berdasarkan data dari Dinas Peternakan Sulawesi Selatan, terkait usaha peternakan ras petelur di Kabupaten Sidrap, Wajo mengalami perkembangan yang pesat (Dinas Peternakan Sulsel, 2012). Dengan menghubungkan jumlah ternak keseluruhan (Gambar 10 dan 11) dan potensi tinja ternak segar untuk masing-masing ternak (Tabel 4), kuantitas parameter amonium keseluruhan sebesar 295 ton dan total nitrogen keseluruhan sebesar 1.085 ton. Limbah tinja ternak segar tidak dapat digunakan sebagai pupuk organik, melainkan harus dibuat kompos terlebih dahulu. Selama pengomposan tinja ternak tersebut terjadi penurunan kadar amonium hingga 82,76% selama 100 hari (Irshad *et al.*, 2011). Penurunan senyawa seperti amonium tersebut menandakan suatu proses stabilisasi dari tinja ternak (Irshad *et al.*, 2013). Dengan demikian kuantitas tinja ternak segar sebelumnya memiliki kadar amonium 295 ton, diasumsikan mengalami

proses yang sama, maka kadar akhir amonium dalam pupuk organik tersebut adalah 50,86 ton.



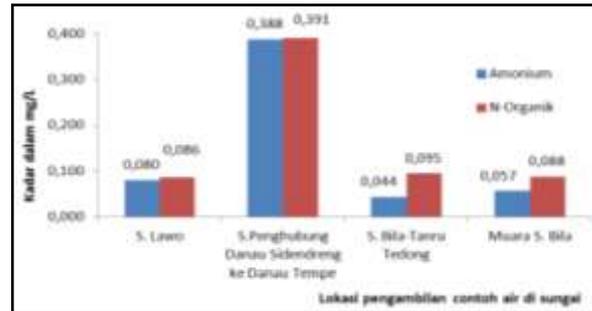
Gambar 10 Penyebaran ternak kaki empat di delapan kecamatan



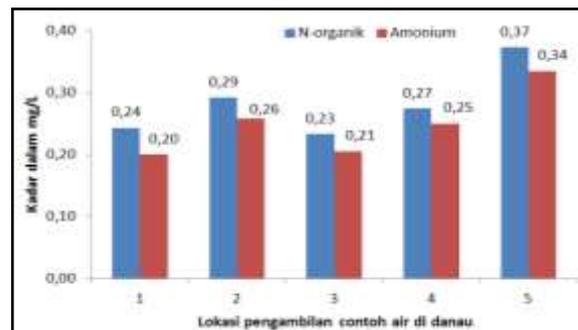
Gambar 11 Penyebaran ternak kaki dua di delapan kecamatan

2) Identifikasi Sumber Nitrogen (N) dari Pertanian

Seperti telah diuraikan sebelumnya, diduga kuat fenomena tingginya kadar nitrogen organik di sungai-sungai input dan di Danau Tempe berasal dari sumber *non-point source* yang menggunakan bahan yang mengandung senyawa tersebut (Gambar 12 dan 13). Di antara aktivitas antropogenik yang menggunakan senyawa nitrogen organik berupa pupuk urea, NPK, dan pupuk organik adalah aktivitas pertanian. Penggunaan pupuk ini di area pertanian sekitar Danau Tempe mencapai 73%, 8,4%, dan 3,6% dari kuantitas yang digunakan sebesar 16.632 ton (Gambar 8). Sumber nitrogen utama untuk tanaman pertanian lainnya dapat berupa senyawa N-anorganik (Ghaly and Ramakrishnan, 2015), seperti ZA dengan penggunaan sekitar 4,4% (Gambar 8). Untuk memenuhi kebutuhan pupuk untuk sektor pertanian, berdasarkan data tahun 2014 di delapan kecamatan, jenis-jenis pupuk yang digunakan untuk sektor pertanian adalah urea, SP-36, ZA, NPK, dan pupuk organik (Gambar 8).



Gambar 12 Kadar senyawa nitrogen organik dan amonium di tiga sungai input ke Danau Tempe



Gambar 13 Kadar senyawa nitrogen organik dan amonium di lima lokasi di Danau Tempe

Dari kelima jenis pupuk tersebut, yang termasuk kelompok pupuk yang menjadi sumber nitrogen adalah urea, ZA, NPK, dan pupuk organik. Data penggunaan kelompok pupuk nitrogen, ternyata pupuk urea adalah terbesar, kemudian diikuti NPK dan pupuk organik (Gambar 7). Jika dihitung berdasarkan potensi kadar senyawa nitrogen organik dan amoniumnya, maka potensi pupuk urea mencapai angka 5.586 ton (N-organik dan atau amonium) dan pupuk organik 12 ton (N-organik dan atau amonium), pupuk ZA berpotensi mengandung sebesar 15 ton (amonium), dan pupuk NPK sebesar 209 ton (N-organik dan atau amonium).

Berapa perkiraan senyawa nitrogen organik yang terkandung di Danau Tempe? Hal itu dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan dalam menghitung senyawa fosfat sebelumnya. Bilamana informasi dalam Gambar 13 dikaitkan dengan volume air di Danau Tempe, maka akan diperoleh kuantitas senyawa nitrogen organik di perairan tersebut. Berdasarkan informasi dari BBWS Pompengan-Jeneberang (2015), volume air di Danau Tempe pada elevasi rata-rata rentang 30 tahunan (1968-2001) adalah sebesar +5,5 m dan volume danau sebesar 195,1 juta m³. Dengan kadar rata-rata senyawa nitrogen organik di Danau Tempe sebesar 0,283 mg/L, maka kuantitas senyawa tersebut dalam airnya adalah 55,21 ton. Kemudian untuk senyawa

amonium dengan kadar rata-rata sebesar 0,250 mg/L, maka kuantitas senyawa tersebut dalam air di Danau Tempe adalah 48,67 ton. Bila diasumsikan bahwa kuantitas senyawa nitrogen organik sebesar 55,21 ton atau 55.210 Kg berasal dari pupuk urea, berarti berat sebenarnya urea adalah 55.210 Kg : 0,46 (persen N dalam urea) = 120.022 Kg atau setara dengan 2.400 karung urea (berat 1 karung urea = 50 Kg). Kemudian bilamana senyawa amonium seberat 48,67 ton adalah berasal dari urea, maka berat ureanya adalah 48.670 Kg : 0,46 = 105.804 Kg atau setara dengan 2.116 karung urea. Dengan demikian keseluruhan urea yang terkandung di Danau Tempe adalah 225.826 Kg atau 4.516 karung.

3) Identifikasi Sumber Nitrogen (N) dari Air Limbah Domestik

Air limbah domestik yang belum diolah memiliki kandungan total N antara 20-70 mg/L, nitrogen organik antara 8-25 mg/L, dan amonia antara 12-45 mg/L (Metcalf and Eddy, 2014). Seperti telah diinformasikan sebelumnya, bahwa jumlah keseluruhan populasi penduduk di delapan kecamatan tersebut adalah 217.463 jiwa (Gambar 9). Bila menggunakan ukuran data per orang menghasilkan air limbah domestik sebesar $186,06 \pm 7,85$ L/hari (Mesdaghinia *et al.*, 2015), maka produksi air limbah yang dihasilkan dari delapan kecamatan sekitar 38.754 - 42.168 m³ per hari. Diasumsikan tiap daerah telah melaksanakan upaya pengelolaannya, seperti di Kabupaten Wajo sekitar 56% menggunakan tangki tinja dan 44% disalurkan ke cubluk/lubang tanah, pipa sewer, langsung ke drainase, langsung ke sungai-danau. Kemudian secara umum disimpulkan bahwa pencemaran air 70% berasal dari kegiatan rumah tangga (Pokja Sanitasi Kabupaten Wajo, 2014). Selanjutnya, bila data dari Kabupaten Wajo diasumsikan sama seperti di tiga kecamatan di dua kabupaten lainnya, maka perkiraan kuantitas air limbah yang dihasilkan dari delapan kecamatan adalah 70% x air limbah domestik sebelum diolah atau sebesar 27.128 - 29.518 m³ per hari. Kemudian bila dihitung produksi nitrogen organiknya dari air limbah domestik menggunakan standar Metcalf and Eddy (2014), maka diperoleh kadar nitrogen organik sebesar 0,22 - 0,68 ton atau 220 - 680 Kg. Bila dibandingkan dengan perkiraan kandungan nitrogen organik di Danau Tempe sebesar 55,21 ton, maka potensi air limbah domestik sebagai sumber senyawa nitrogen organik yang mempengaruhi kualitas air Danau Tempe dinilai sangat kecil.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan telah terjadi proses suksesi vegetasi dengan empat kelompok vegetasi dominan, yaitu i). fitoplankton, ii). tumbuhan mengapung, seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), kangkung air (*Ipomoea aquatica*), iii) tumbuhan yang muncul di permukaan air dan tegak (*emergent*), seperti tumbuhan semak jenis ali musa (*Mimosa invisa*), iv). Tumbuhan semak yang hidup di pinggiran badan air (*fringing*), seperti *Phragmites* sp.

Kualitas air danau dan sungai input masih memenuhi kriteria air untuk perikanan. Akan tetapi menurut kriteria status trofik kesuburan air danau golongan N dan P adalah hypertrofik dengan nilai rata-rata total N 0,698 mg/L dan total P 0,244 mg/L. Status trofik kesuburan air sungai input untuk golongan N adalah oligotrofik dengan nilai rata-rata total N 0,362 mg/L dan menurut golongan P adalah eutrofik dengan nilai rata-rata total P 0,291 mg/L.

Hasil identifikasi potensi sumber pencemar P dan N utama tahun 2014 adalah sektor pertanian dari penggunaan pupuk TSP 852,85 ton; urea 5.586 ton; pupuk organik 12 ton; NPK 209 ton; dan ZA 15 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Z. 2005. Organic Vegetable Cultivation in Malaysia. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI).
- Aneja, V., P. Roelle, G. Murray, J. Southerland, J. Erisman J. 2001. Atmospheric Nitrogen Compounds II: Emissions, Transport, Transformation, Deposition and Assessment. *Atmospheric Environment* 35: 1903-1911.
- APHA-AWWA-WEF. 2012. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 22nd edition. E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton, L.S. Clesceri (editors), American Public Health Association 800 I Street, NW Washington, DC.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sidendreg Rappang. 2015. Sidendreg Rappang Dalam Angka 2014, Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Soppeng. 2015. Kabupaten Soppeng tahun 2014, Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidendreg Rappang, 2014, Katalog BPS : 1102001.7314.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. Kabupaten Wajo Dalam Angka Tahun 2014, Badan Pusat Statistik.

- Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pompengan-Jeneberang, 2015, Rencana Pembangunan Pulau Buatan di Danau Tempe dari Hasil Pengerukan (Salah satu manfaat : sebagai habitat burung air), Pekerjaan supervisi pembangunan bendung gerak tempe dan kegiatan penyusunan laporan pengelolaan, pemulihan dan pengawasan Danau Tempe Tahun 2010 – 2012, Jakarta 6 Juli 2015.
- Barker, J.C., F.R. Walls. 2002. Livestock Manure Production Rates and Nutrient Content, Chapter X : Fertilizer Use, North Carolina Agricultural Chemical Manual.
- Chadwick, M., A. Huryn. 2005, Response of Stream Macroinvertebrate Production to Atmospheric Nitrogen Deposition and Channel Drying. *American Society of Limnology and Oceanography* 50: 228-236.
- Correll, D.L. 1998. The Role of Phosphorus in The Eutrophication of Receiving Water : A Review. *Journal of Environmental Quality* Vol. 27: 261-266.
- CV. Binatex & Partner. 2009. Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantauan Lingkungan (UKL-UPL) Bendung Gerak Tempe, CV. Binatex & Partner-BBWS Pompengan-Jeneberang, Makassar.
- Dina, R. 2014. Model Rehabilitasi Habitat untuk Meningkatkan Produktivitas Ikan Berkelanjutan dan Lestari di Rawa Banjiran Danau Tempe (Laporan Akhir). Bogor : Pusat Penelitian Biologi.
- Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Sidangreng Rappang. 2015. Data Penggunaan Pupuk di Kabupaten Sidangreng Rappang Tahun 2014. Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Sidangreng Rappang.
- Dinas Pertanian dan Peternakan Kabupaten Wajo. 2015. Data Penggunaan Pupuk di Kabupaten Wajo Tahun 2014. Dinas Pertanian dan Peternakan Kabupaten Wajo.
- Dinas Peternakan Sulsel. 2012. Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan. <http://www.disnaksulsel>.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Soppeng. 2015. Data Penggunaan Pupuk di Kabupaten Soppeng Tahun 2014. Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Soppeng.
- Ditjen SDA. 2015. Uraian singkat pengelolaan terpadu Danau Tempe, Provinsi Sulawesi Selatan. (bahan tayangan). Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Dodds, W.K., J.R. Jones, E.B. Welch. 1998. Suggested Classification of Stream Trophic State : Distribution of Temperate Stream Type by Chlorophyll, Total Nitrogen, Phosphorus. *Water Research*. 32. 1455 - 1462.
- Gerakish, A., D. P. Rasse, Y. Kavdir, A. J. M. Smucker, I. Katsalirou, J. T. Ritchie. 2006. Simulation of Leaching Losses in The Nitrogen Cycle. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 37 : 1973-1979.
- Ghaly, A.E. dan W. Ramakrishnan. 2015. Nitrogen Sources and Cycling in The Ecosystem and its Role in Air, Water, and Soil Pollution : an Critical Review. *Journal Pollution Effect and Control*. 3:136.
- Holloway, J.M., R.A. Dahlgren, B. Hanses, W.H. Casey. 1998. Contribution of Bedrock Nitrogen to High Nitrate Concentrations in Stream Water. *Nature* 395. 785 - 788 (22 October 1998).
- Irshad, M., A.E. Eneji, Z. Hussain, M. Ashraf. 2013. Chemical Characterization of Fresh and Composted Livestock Manures. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2013. 13 (1). 115-121.
- Irshad, M., M. Inoue, M. Shezadi, M. Tariq, Faridullah. 2011. Investigating Ammonium, Phosphorus and Potassium Release from Animal Manuring During Composting. *Journal Food Agric. Environ*. 9. 2. 629-631.
- Johnston, A.E., I. Steen. 2000. Understanding of Phosphorus and Its Use in Agricultural, European Fertilizer Manufacturers' Association. Avenue E. Van Nieuwenhuysse 4. B-1160 Brussel. Belgium.
- Kasno, A., S. Rochayati, B.H. Prasetyo. 2009. Deposit, Penyebaran dan Karakteristik Fosfat Alam dalam Fosfat Alam : Pemanfaatan Fosfat Alam yang Digunakan Langsung Sebagai Pupuk Sumber. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan pengembangan Pertanian. Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2006. Profil Danau Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2009. Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau Waduk. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2012. Status Lingkungan Hidup Indonesia 2012 : Pilar Lingkungan Hidup Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.

- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-50/MENLH/1996 tentang Baku Mutu Kebauan. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Mara, D., S. Cairncross. 1989. Pemanfaatan Air Limbah Domestik dan Ekskreta: Patokan untuk Perlindungan Kesehatan Masyarakat. Penerbit ITB-Universitas Udayana. Bandung.
- Merritt, A. 1994. Wetlands, Industry & Wildlife- a Manual of Principles & Practices. The British Publishing Company Ltd-Hindson Print Limited. Newcastle.
- Metcalf & Eddy I Aecom. 2014. Wastewater Engineering : Treatment and Resource Recovery. Fifth Edition. McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza. New York 10121.
- Meybeck, M. 1982. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Transport by World Rivers. *American Journal of Science*. Vol 282. 1982. P. 401-450.
- Mulaney, R.L., S.A. Khan, T.R. Elisworth. 2009. Synthetic Nitrogen Fertilizer Deplete Soil Nitrogen : A Global Dilemma for Sustainable Cereal Production. *Journal Environ Qual*. 2009. 36(6): 2295-2314.
- Nasrullah. 2013. Analisis Perubahan Tutupan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Neraca Air dan Sedimentasi Danau Tempe Sulawesi Selatan. hal 3-20, *Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi*. No. 10. 2013. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. Bogor.
- Meshdaghinia, A., S. Nasser, A.H. Mahvi, H.R. Tashauoei, M. Hadi. 2015. The Estimation of per Capita Loading Domestic Wastewater in Tehran. *Journal of Environmental Health Science and Engineerin*. 2015. 13. 25.
- Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, Inc., Harcourt Brace Jovanovich. Publisher. San Diego-New York-Boston-London-Sydney-Tokyo-Toronto.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian dan Pencemaran air.
- Petrokimia Gresik. 2012. Pupuk SP 36 (SNI 02-3769-2005). <http://www.petrokimiagresik.com/Pupuk/SP-36.ZK>.
- Pokja Sanitasi Kabupaten Wajo. 2014. Buku Putih Sanitasi Kabupaten Wajo, Provinsi Sulawesi Selatan. Program Percepatan Pembangunan Sanitasi Permukiman tahun 2014. Pokja Sanitasi Kabupaten Wajo. Sengkang.
- Raun, W.R, G.V. Johnson. 1999. Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production(Review & Interpretation). *Agronomy Journal*. Vol 91. No. 3. 357-363. May-June 1999.
- Ryding, S-O., W. Rast. 1989. The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs, Man and Biosphere Series, Unesco-Paris and The Parthenon Publishing Group.
- Savci, S. 2012. An Agricultural Pollutant : Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*. Vol. 3 No. 1. 2012.
- Smith, V.H., G.D. Tilman, J.C. Nekola. 1999. Eutrophication : Impact of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, marine, and Terrestrial Ecosystems. *Environmental Pollution*. Vol 100. issues 1-3. Pages 179-196. Elsevier.
- Suwanto, A., T.V. Harahap, H. Manurung, W.C. Rustadi, S.R. Nasution, I.N.N. Suryadiputra, I. Sualia. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Trisakti, B., N. Suwargana, I.M. Parsa, T. Kartika, S. Harini. 2012. Penguatan Kapasitas Daerah dan Sinergitas Pemanfaatan Data Indraja untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat dan Kelestarian Lingkungan Danau Tempe dan Danau Tondano, (Laporan Akhir). Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Kementerian Riset dan Teknologi.