

## **PEMANFAATAN LAHAN BASAH BUATAN UNTUK MENGURANGI DEGRADASI KUALITAS AIR DI DANAU TONDANO**

Liany A. Hendratta<sup>1\*</sup>, Sugeng Harianto<sup>2</sup>, Audy H.P. Rantung<sup>2</sup>, dan La'la Monica<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

<sup>2</sup>Balai Wilayah Sungai Sulawesi 1

\*lianyhendratta@unsrat.ac.id

Pemasukan: 29 Juni 2024    Perbaikan: 30 September 2024    Diterima: 21 Desember 2024

### **Intisari**

Perubahan iklim global akan berdampak pada perubahan temperatur dan curah hujan di Daerah Aliran Sungai (DAS). Dampak tersebut dapat mengubah volume aliran air masuk ke danau dan menyebabkan terbawanya kontaminan dan sedimen yang berujung pada degradasi kualitas air. Selain itu, polutan dari pertanian dan sumber lainnya semakin memperparah kondisi pencemaran di danau. Danau Tondano sebagai salah satu dari 15 danau prioritas nasional memiliki pemanfaatan yang beragam antara lain untuk pembangkit listrik tenaga air, air baku, pertanian, perikanan jaring tancap dan pariwisata, sudah mengalami eutrofikasi dan ledakan pertumbuhan plankton di permukaan danau yang akan membahayakan kehidupan organisme dalam ekosistem danau. Studi tentang kualitas air pada 9 inlet utama dan di danau dilakukan untuk mendapatkan kondisi aktual kualitas air danau. Hasil studi menunjukkan sebagian besar air di danau Tondano sudah tercemar ringan sampai berat. Dengan kondisi yang telah ada, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengantisipasi kejadian penurunan kualitas air dengan inovasi sistem lahan basah buatan. Metode kajian ini merupakan studi lanjutan dengan mengaplikasikan sistem lahan basah terapung yang memanfaatkan 3 jenis tanaman air lokal. Hasil studi menunjukkan bahwa kandungan nutrisi (N, P, K) pada 3 tanaman air cenderung berada di atas standar menurut SNI 19-17030-2004. Khususnya kandungan Nitrogen standar mutu (N) 0,40% namun pada ketiga makrofita masing-masing sebesar (0,72; 1,34, 0,92) %, jauh di atas standar mutu. Kandungan nutrisi juga menunjukkan angka melebihi baku mutu menurut PP RI No. 22 tahun 2021. Penelitian ini menemukan tanaman makrofita air, bertumbuh dan berkembang sangat pesat di dalam lahan basah. Jika pemanenan dilakukan, maka 3 tanaman air ini relatif efisien dalam menghilangkan nutrisi (P dan N) sehingga mengurangi tingkat kesuburan danau penyebab eutrofikasi.

Kata Kunci: Kualitas air, lahan basah terapung, makrofita air, danau Tondano

### **Latar Belakang**

Danau adalah salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi pemanfaatan tinggi namun sangat rentan mengalami kerusakan. Beberapa permasalahan utama danau saat ini adalah pencemaran akibat limbah dari kegiatan antropogenik baik di

daerah tangkapan air maupun badan air; pendangkalan akibat alih fungsi lahan pada daerah tangkapan air (DTA) yang memicu erosi dan sedimentasi dan berkurangnya keanekaragaman hayati akibat eksploitasi biota dan rusaknya habitat. Hal ini sangat mempengaruhi daya dukung dan daya tampung danau. Kehadiran komunitas biologis suatu badan air memberikan evaluasi yang sensitive dan cukup efektif dalam menilai kondisi aliran. Danau Tondano, di Sulawesi Utara menerima masukan (inlet) dari 9 sungai dan lebih dari 30 saluran irigasi, sungai intermitten dan saluran drainase permukiman yang bermuara ke Danau Tondano, serta keluar melalui satu-satunya outlet yaitu Sungai Tondano yang bermuara di Teluk Manado. Danau Tondano mempunyai arti yang sangat penting dalam kehidupan masyarakat, perekonomian dan pelaksanaan pembangunan di tiga kota/kabupaten yakni Kabupaten Minahasa, Kabupaten Minahasa Utara dan Kota Manado. Akan tetapi, kondisi Danau Tondano saat ini sangat memprihatinkan sehingga termasuk danau kritis yang sedang dalam penanganan permasalahan lingkungan oleh Pemerintah Republik Indonesia.

Salah satu komponen primer dalam ekosistem perairan dan berperan penting dalam mendukung produktivitas serta aktivitas perikanan adalah makrofita. Makrofita merupakan tumbuhan yang hidup terapung (floating), pinggiran (marginal) dan mencuat (emergent), dengan tipe habitat yang berlumpur, permukaan, dan pinggir perairan. Makrofita dapat berperan sebagai tempat berlindung ikan, tempat kelompok ikan mencari makan, tempat menempelkan telur ikan dan lain-lain. Kehadiran makrofita dapat dimanfaatkan pula sebagai agen penghilang nutrient (nutrient removal), seperti Fosfor (P) dan Nitrogen (N). Diketahui bahwa P dan N adalah nutrient penyebab produktivitas tinggi di danau. Perairan danau yang terus menerus mendapat masukan unsur hara yang tinggi dari aliran air sungai di sekitarnya dan aktivitas perikanan budidaya di danau akan meningkatkan pertumbuhan fitoplankton dengan kepadatan yang tinggi (bloom). Jenis-jenis fitoplankton dari alga biru hijau (Cyanophyta), alga hijau (Chlorophyta), diatom (Bacillariophyta), Pyrrophyta dan Euglenophyta akan berlimpah pada kondisi perairan tertentu karena adanya pengayaan 2 unsur hara. Badan air Danau Tondano kondisinya berada dalam kondisi Eutrofik, atau perairan dengan tingkat kesuburan tinggi. Tingginya kelimpahan fitoplankton disebabkan karena terpenuhinya kebutuhan nutrient dalam hal ini ketersediaan Fosfor yang tinggi. Kelebihan muatan masukan Fosfor (P) dan nitrogen (N) dari domestik, limbah pertanian dan industri merupakan penyebab utama eutrofikasi pada ekosistem akuatik, merusak kualitas dan fungsi ekologi. Eutrofikasi permukaan air selain dapat menyebabkan blooming alga dan cyanobakteri, juga kematian vegetasi asli dan penurunan yang serius dalam biodiversitas (Tang et al., 2017).

Dalam dekade terakhir ini, beberapa negara mengaplikasikan lahan basah dibangun (constructed wetland) untuk mengurangi eutrofikasi pada badan air, danau, laut dengan menurunkan beban nutrisi dalam debit air pada wastewater treatment plant, lahan pertanian, perumahan atau industri (Tang et al., 2017). Sistem constructed wetland makrofita atau kombinasi makrofita dan sedimen untuk mengeluarkan nutrien dari air. Makrofita air dapat digunakan untuk sistem pemolesan air limbah yang dapat digunakan baik sebagai sistem pemurnian air saja atau sebagai metode

pemolesan air limbah sebelum perlakuan. Makrofita yang paling sering digunakan adalah dari genera emergent seperti *Typha*, *Pragmites*, *Scirpus*, *Phalaris* dan *Iris* (Vymazal, 2011 dalam Tang et al., 2017). Keuntungan menggunakan constructed wetland adalah proses pemanfaatan secara alami, kebutuhan biaya yang rendah dan mudah dalam penggunaan maupun perawatan. Namun akibat sistem perawatan yang rendah, sistem ini mudah menjadi jenuh dengan fosfor (P) dan nutrisi lainnya, dengan menurunkan kapasitas ikatan nutrisi. Akibatnya, mereka hanya bekerja secara efisien untuk waktu yang terbatas (Drizo et al., 2002 dalam Tang et al., 2017). Dengan memanen tanaman ini secara teratur, nutrisi dapat dikeluarkan dari sistem. Selanjutnya hasil panen dapat digunakan dalam berbagai aplikasi berbasis bio, misalnya sebagai pupuk hayati atau pakan ternak (Tang et al., 2017). Konsep fitoteknologi ini masih jarang dilakukan di Indonesia, bahkan belum pernah diterapkan di Danau Tondano. Oleh karena itu, penelitian mengenai efisiensi tanaman makrofita air dengan media lahan basah terapung penting untuk dilakukan. Demikian pula dapat diketahui efektifitas penggunaan media lahan basah terapung, yang baru pertama kali diaplikasikan di Danau Tondano. Nutrien yang dikeluarkan dari Danau merupakan salah satu strategi pencegahan eutrofikasi, dan merupakan proses pemurnian alamiah terhadap kualitas perairan.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis efisiensi penghilangan nutrient (nutrient removal) makrofita air yang ditanam pada lahan basah terapung (floating treatment wetland) lahan basah terbangun (constructed wetland) yang diletakkan di inlet danau dan di perairan Danau Tondano.

### Metodologi Studi

Penelitian awal dilakukan pada beberapa Lokasi yaitu 9 sungai inlet dan 6 titik pada badan danau Tondano. Sampel air dari ke 15 lokasi tersebut dilakukan pengujian kualitas air. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan mengambil beberapa tanaman makrofita lokal seperti eceng gondok (*Eichornia crassipes*), kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan Rumpun teki (*Cyperus ustulatus*), yang diletakkan pada media lahan basah terapung buatan (artificial floating treatment wetland) disingkat FTW. Pengambilan sampel tanaman dilakukan di seputaran Danau Tondano, dan peletakan FTW dilakukan di badan air Danau Tondano, disekitar Sungai Panasen, Lokasi ini dipilih karena memiliki kondisi kedua yang paling tercemar dari 9 inlet danau Tondano. Pada tahapan ini penelitian menggunakan metode penelitian

kuantitatif, berupa uji kandungan Fosfor (P), Nitrogen (N) dan BOD, COD dan TDS pada tanaman makrofita akuatik yang diletakkan pada FTW. Pengambilan sampel makrofita dilakukan langsung in situ, sedangkan uji kualitas air dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi, Sulawesi Utara. Pada bagian akhir, penelitian kembali dilakukan pada daerah lahan basah (wetland) alamiah seluas kurang lebih 95 Ha yang terletak di tepi danau Tondano. Penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan dengan hasil penelitian dengan memanfaatkan FTW. Pengambilan sampel air dilakukan pada beberapa Sungai inlet dan uji kualitas air dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi, Sulawesi Utara.

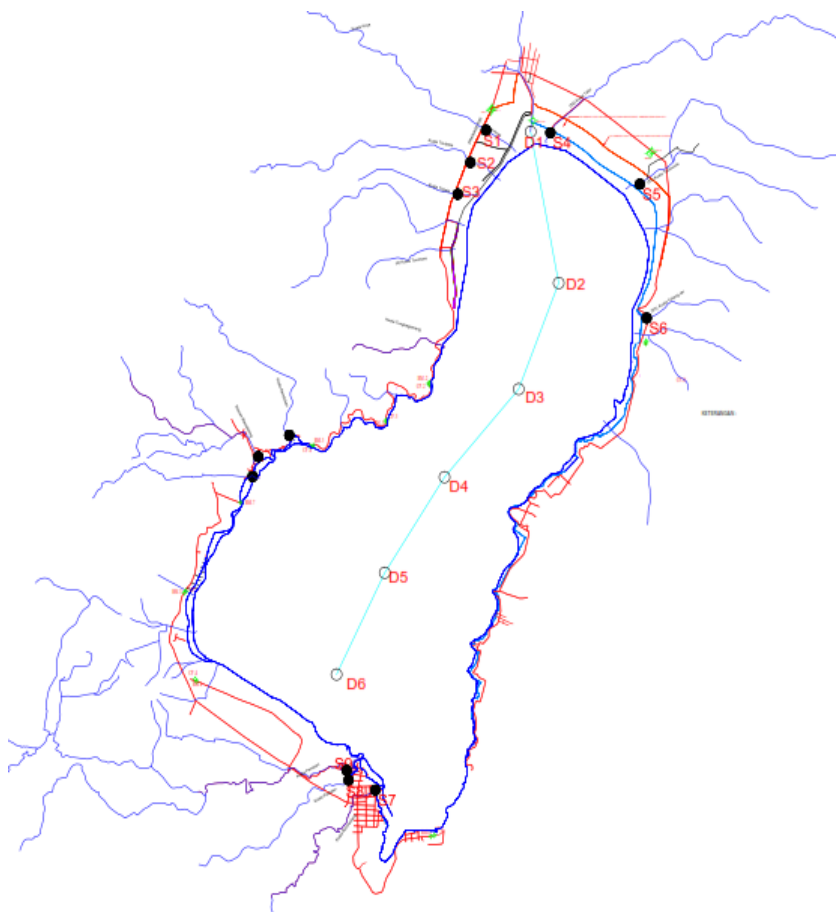
Dalam rangka mencapai tujuan penelitian telah dikumpulkan data, informasi dan pengetahuan yang berasal dari sumber primer dan sekunder. Tahap pra-lapangan: Menyusun rencana penelitian sesuai dengan konteks penelitian. Selanjutnya tahap di lapangan: Memahami latar belakang penelitian dimulai sejak memasuki lapangan, mengumpul data, setiap kegiatan dicatat dalam memo harian, recorder, log book. Kemudian hasil cuplikan lapangan dibawa ke laboratorium untuk uji N, P, COD, BOD, TDS. Hasil yang diperoleh ditabulasi dan dikompilasi. Hasil penelitian secara kuantitatif, adalah data kandungan N, P pada batang tanaman makrofita akuatik, dan kandungan COD, BOD, TDS pada air di bawah FTW.

### Hasil Studi dan Pembahasan

Studi awal dilakukan dengan pengambilan sampel air pada beberapa lokasi yaitu:

- 1 titik pada setiap lokasi Inlet (S1-S9) dan outlet (D1) danau Tondano
- 3 titik pada setiap lokasi genangan danau (D2 – D6), *up*, *middle* dan *bottom*

Distribusi Lokasi pengambilan sampel untuk pemeriksaan kualitas air dilakukan seperti ditunjukkan Gambar. 1.



Gambar. 1. Lokasi pengambilan sampel air

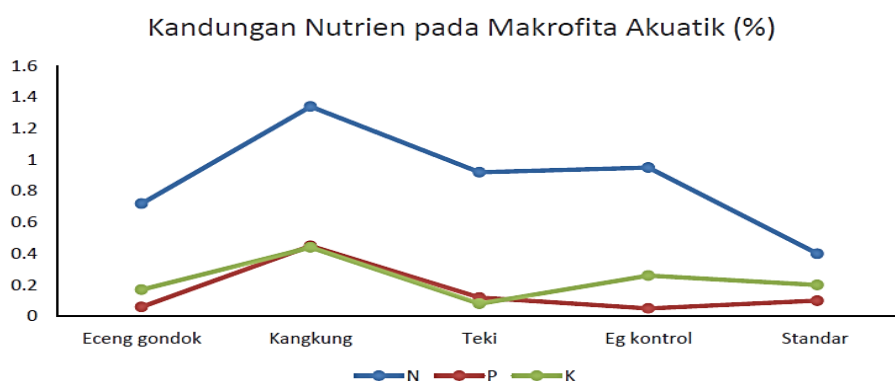
Kesembilan sungai tersebut adalah Sungai Koya (S1), sungai Toubek (S2), Sungai Tougela (S3), Sungai Taler (S4), Sungai Tolour Oki (S5), Sungai Touliang Oki (S6), Sungai Ranowelang (S7), Sungai Paslaten (S8) dan Sungai Panasen (S9). Hasil pengujian kualitas air insitu disajikan pada Tabel 1. berikut :

Tabel.1. Parameter Air Sungai Inlet dan Danau Tondano yang melebihi ambang batas Kualitas Air Baku Mutu I

Kode	Sungai	Parameter Air yang Melebihi Ambang Batas
S1	Sungai Koya	BOD, COD, Fosfat
S2	Sungai Toubek	BOD, COD, Fosfat
S3	Sungai Tougela	BOD, COD, Fosfat
S4	Sungai Taler	BOD, COD, Fosfat
S5	Kuala Tolour Oki	BOD, COD, Fosfat, Fe, Fecal Coliform, Total Coliform
S6	Kuala Touliang Oki	BOD, COD, Fosfat, Fe, Fecal Coliform
S7	Kuala Ranowelang	BOD, COD, Fosfat, Fe
S8	Kuala Paslaten	BOD, COD, Fosfat, Fe, Fecal Coliform
S9	Kuala Panasen	BOD, COD, Fosfat, Fe, Fluorida, Fecal Coliform
D1-Bot	Outlet Danau pada Dasar	Residu Tersuspensi, BOD, COD, Fosfat, Fe, Fecal Coliform, Total Coliform
D1-Mid	Outlet Danau Bagian Tengah Kedalaman	BOD, COD, Fosfat, Fecal Coliform
D1-Up	Outlet Danau Bagian Permukaan	BOD, COD, Fosfat, Fecal Coliform
D2-Bot	Genangan Danau Lokasi 2 Bagian Dasar	BOD, COD, Fosfat, Fecal Coliform, Total Coliform
D2-Mid	Genangan Danau Lokasi 2 Bagian Tengah Kedalaman	BOD, COD, Fosfat, Fecal Coliform, Total Coliform
D2-Up	Genangan Danau Lokasi 2 Bagian Permukaan	BOD, COD, Fosfat, Fluorida
D3-Bot	Genangan Danau Lokasi 3 Bagian Dasar	BOD, COD, Fosfat, Fecal Coliform
D3-Mid	Genangan Danau Lokasi 3 Bagian Tengah Kedalaman	BOD, COD, Fosfat
D3-Up	Genangan Danau Lokasi 3 Bagian Permukaan	BOD, COD, Fosfat
D4-Bot	Genangan Danau Lokasi 4 Bagian Dasar	BOD, Fosfat, Fecal Coliform, Total Coliform
D4-Mid	Genangan Danau Lokasi 4 Bagian Tengah Kedalaman	BOD, Fosfat, Fecal Coliform
D4-Up	Genangan Danau Lokasi 4 Bagian Permukaan	BOD, Fosfat, Fecal Coliform, Total Coliform
D5-Bot	Genangan Danau Lokasi 5 Bagian Dasar	BOD, COD, Fecal Coliform
D5-Mid	Genangan Danau Lokasi 5 Bagian Tengah Kedalaman	BOD, COD, Fosfat, Fecal Coliform
D5-Up	Genangan Danau Lokasi 5 Bagian Permukaan	BOD, COD, Fosfat
D6-Bot	Genangan Danau Lokasi 6 Bagian Dasar	BOD, COD, Fosfat, Fluorida
D6-Mid	Genangan Danau Lokasi 6 Bagian Tengah Kedalaman	BOD, COD, Fosfat, Fluorida, Fecal Coliform, Total Coliform
D6-Up	Genangan Danau Lokasi 6 Bagian Permukaan	BOD, COD, Fosfat, Fluorida, Fecal Coliform

Dari penelitian ditemukan bahwa badan air Danau Tondano, berada dalam kondisi Eutrofik, atau perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, karena telah melampaui 15.000 ind/L fitoplankton. Tingginya kelimpahan fitoplankton disebabkan karena terpenuhinya kebutuhan nutrient dalam hal ini ketersediaan Fosfor yang tinggi. Hal ini berdasarkan hasil uji kualitas air yang telah dilakukan menunjukkan total fosfat pada semua lokasi yang diteliti telah melebihi baku mutu nasional (Baku Mutu Air Nasional PP RI No. 22 Tahun 2021 Lamp VI No II) baik kelas I, II dan III dengan range 0.045-0.14 mg/L. Kelebihan muatan masukan Fosfor (P) dan nitrogen (N) dari domestik, limbah pertanian dan industri merupakan penyebab utama eutrofikasi pada ekosistem akuatik, merusak kualitas dan fungsi ekologi.

Untuk mengurangi degradasi kualitas air, penelitian dilanjutkan dengan mengaplikasikan sistem lahan basah terapung dengan memanfaatkan 3 makrofita akuatik yang diperoleh dari sekitar danau Tondano. Hasil penelitian diperoleh bahwa makrofita akuatik yang ditanam di FTW mengandung nutrient yang relatif tinggi menurut SNI 19-7030-2004. Unsur yang paling banyak dikandung oleh tanaman adalah Nitrogen (N) seperti Gambar 2. Penyerapan Nitrogen paling tinggi pada tanaman kangkung. Tingkat efisiensi penyerapan nutrient relatif tinggi ini relatif sama, baik pada tanaman yang ditanam di FTW (ditanam pada lahan basah terapung) maupun yang hidup bebas di permukaan air.



Gambar 2. Kandungan Nutrien pada makrofita akuatik

Dalam penelitian ini, parameter dari air yang diuji adalah Nitrat,  $PO_4$ , Kalium, BOD, COD dan TDS. Adapun hasil uji parameter air untuk Nitrat menggambarkan bahwa pada Lokasi 3 makrofita akuatik dan di danau, memiliki kandungan nitrat yang bervariasi antara 1,3 – 1,6 mg/L, hampir mendekati dua kali daripada baku mutu kelas I. Untuk  $PO_4$ , hasil analisis menunjukkan pada area kangkung dan rumput teki memiliki kandungan sebesar 0,048 mg/L, jauh melebihi baku mutu kelas 1 sebesar 0,01 mg/L. Untuk area eceng gondok dan di danau, nilai  $PO_4$  masih lebih rendah dari baku mutu kelas I. Parameter lainnya yaitu Kalium, hasil menunjukkan pada area ke 3 makrofita air dan di danau memiliki nilai yang bervariasi yaitu 3,9 – 4,2 mg/L dan jauh lebih kecil dari baku mutu kelas 1 (10 mg/L). Untuk parameter BOD dan COD, dari 3 area makrofita air memiliki nilai yang melebihi baku mutu kelas I, sedangkan pada area di danau nilainya dibawah baku mutu kelas I. Selanjutnya, TDS sebagai salah satu parameter yang diamati, di area 3 makrofita air dan area danau nilainya bervariasi antara 40-110 mg/L, berada pada kondisi jauh

di bawah baku mutu kelas I (1000 mg/L). Berdasarkan hasil uji beberapa parameter air dapat dilihat bahwa dengan penerapan FTW dapat mereduksi Tingkat pencemaran walaupun hasilnya masih belum begitu nyata karena kurangnya luasan FTW yang diaplikasikan.

Pada bagian akhir dari penelitian, dilakukan uji kualitas air pada Sungai 2 inlet yang dipilih dengan memanfaatkan lahan basah alami yang ada ditepi danau Tondano. Hasil uji kualitas air pada bagian hilir Sungai sebagai inlet danau Tondano seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji kualitas air

No	Parameter	Satuan	Hasil		Persyaratan Baku Mutu Air 1
			S. Toubeke	S. Tougela	
1	BOD	mg/L	1	2	6
2	COD	mg/L	19	<4	40
3	Fosfat (P)	mg/L	0,2	0,9	1,0
4	Nitrat sebagai N	mg/L	1	1	20
5	TDS	mg/L	157	135	1000

Berdasarkan Tabel 1. Dapat dilihat bahwa Parameter BOD, COD dan fosfat pada 2 Sungai inlet yaitu Sungai Toubeke dan Sungai Tougela melebihi ambang batas Kualitas Air Baku Mutu I. Pada kondisi menggunakan lahan basah buatan nilai ke 3 parameter tersebut sudah berada dalam batas normal dan memenuhi persyaratan baku mutu Air 1.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

BOD, COD dan total fosfat pada semua lokasi inlet danau Tondano dan di danau Tondano telah melebihi baku mutu nasional (Baku Mutu Air Nasional PP RI No. 22 Tahun 2021 Lamp VI No II). Dengan demikian integritas ekologis Danau Tondano termasuk dalam kategori rendah.

Tanaman makrofita air yaitu eceng gondok, kangkung dan rumput teki dapat bertumbuh dan berkembang sangat pesat di dalam lahan basah. Jika pemanenan dilakukan, maka 3 tanaman air ini relatif efisien dalam menghilangkan nutrient (P dan N) sehingga mengurangi tingkat kesuburan danau penyebab eutrofikasi.

Lahan basah alami yang berada ditepi danau Tondano dapat mempengaruhi nilai BOD, COD dan total Fosfat menjadidalam batas normal sesuai persyaratan baku mutu air 1. Dengan demikian, lahan basah buatan (wetland) dapat digunakan untuk mengurangi pencemaran di danau.

### Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk seluruh inlet yang ada dengan memanfaatkan lahan basah buatan atau dalam bentuk lahan FTW.

## Daftar Referensi

- Anonim, (2001). Recommendations for Achieving Community Based Conservation Tondano Watershed, Northern Sulawesi. *Report on Rapid Rural Appraisal of Six Villages*. NRM-EPIQ. USAID.
- Dapas, F., J. Lengkon dan S.O. Dapas. (2021). Struktur Komunitas Fitoplankton sebagai Indikator Integritas Ekologis Danau Tondano, Sulawesi Utara. *Laporan Penelitian RTUU*. LPPM Unsrat, Manado.
- Edmondson, W. T. (1959). *Freshwater Biology*, 2nd edit. John Wiley and Sons Inc. New York. p. 902 – 1079.
- Krebs, J.C. (2014). *Ecological Methodology*. 3rd ed. (in prep). Addison-Wesley Educational Publisher.Inc. (downloaded 20 April 2015)
- Needham, J. G. and P. R. Needham. (1962). *A Guide to The Study of Freshwater Biology*. 5th ed. Holden-Day, Inc. San Fransisco. 107 pp.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology*, 3rd ed. WB Saunders Comp. Philadelphia. p : 8, 295 – 302, 316 – 323, 324 – 325.
- Smith, R. L. 1990. *Ecology and field biology*. 4th edit. Harper Collins Publ. p : 848 – 863.
- Tang, Y., S.F. Harpenslager, M. M. L van Kempen, E. J. H. Verbaarschot, L. M. J. M. Loeffen, J. G. G. Roelofs, A. J P. Smolders, and L. P. M. Lamers. (2017). Aquatic macrophytes can be used for wastewater polishing but not for purification in constructed wetland. *Biogeosciences*, 14, 755-766. <https://doi.org/10.5194/bg-14-755-2017>
- Wetzel, R. G. and G. E. Likens. (1991). *Limnological Analyses*. 2nd edit. Springer-Verlag. New York. p :200 - 205. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4098-1>