

Pengaruh Limbah Organik terhadap Status Tropik, Rasio N/P serta Kelimpahan Fitoplankton di Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara

Endang Widyastuti, Sukanto, dan Nuning Setyaningrum

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
E-mail:kantomep@gmail.com

Abstract

The increased of organic substance pollutants in waters as one of stimulate factors for phytoplankton growth. The input of organic matter from anthropogenic activity tend to influence the trophic state of reservoir. The aims of this research are to examine the influence of organic waste to Panglima Soedirman reservoir concerning the trophic state, Redfield ratio N and P, also the relation with abundance of phytoplankton. This research used survey methods with purposive sampling technique on 7 observation stations with 3 repeating conducted on May-July 2013. The result of the research showed that the input of organic matter increased in BOD₅, COD and ammonia in reservoir and trophic state. Redfield ratio was shown 19,13-65,82 which means P as a limiting factor. Relationship between N/P with the abundance of phytoplankton with degree was strong correlated with chlorophyta and chrysophyta.

Key words : *organic matter, tropic status, Redfield ratio N/P, phytoplankton abundance, Panglima Besar Soedirman reservoir*

Abstrak

Peningkatan bahan pencemar organik di perairan merupakan salah satu faktor pemicu pertumbuhan fitoplankton, Input bahan organik dari aktifitas antropogenik di daratan akan mempengaruhi status tropik suatu perairan waduk. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji pengaruh limbah organik yang masuk ke perairan Waduk Panglima Besar Soedirman terhadap status tropik, Redfield rasio N dan P, dan mencari hubungan antara Redfield rasio N/P terhadap kelimpahan fitoplankton. Penelitian dilakukan dengan metode survei, secara acak terpilih pada tujuh stasiun penelitian dan ulangan tiga kali. pada Mei-Juli 2013. Hasil analisis memperlihatkan bahwa aktifitas antropogenik di daratan telah meningkatkan konsentrasi BOD₅, COD dan ammonia di perairan waduk dan meningkatkan status tropik. Redfield rasio N/P berkisar 19,13-65,82 yang menunjukkan P sebagai faktor pembatas. Terdapat hubungan yang kuat antara Redfield rasio N/P dengan kelimpahan Chlorophyta dan Chrysophyta.

Kata kunci : bahan organik, status tropik, Redfield rasio N/P, kelimpahan fitoplankton, Waduk PB Soedirman

Pendahuluan

Eutrofikasi umum disebut sebagai pengkayaan perairan danau ataupun waduk oleh nutrisi anorganik terutama senyawa N dan P sehingga memicu percepatan pertumbuhan tanaman dan umumnya terjadi karena adanya buangan pencemar organik ke perairan mengakibatkan gangguan pada keseimbangan organisme yang ada dan keadaan yang tidak diinginkan dapat memicu terjadinya ledakan populasi fitoplankton yang dapat berbahaya bagi organisme perairan (Abuka, 2012). Kini eutrofikasi telah menjadi suatu kasus kerusakan kualitas air yang mengemuka. Upaya untuk mereduksi input nutrisi yang menyebabkan eutrofikasi harus dilakukan

melalui prakarsa regional, nasional dan di atas kekuasaan negara. Suatu konsep telah dikembangkan untuk pengendalian perairan yaitu bahwa status ekologis suatu perairan merupakan kualitas keberadaan komunitas biologi, sama halnya dengan kualitas sifat-sifat hidrologi dan kimiawi. Diperlukan metode mengklasifikasi perairan untuk menyatakan tingkatan kualitas ekologi yang berbeda.

Salas *et al.* (2008) menyatakan bahwa indikator ekologi umum digunakan untuk informasi status ekosistem. Kombinasi faktor-faktor lingkungan dinilai berguna sebagai suatu konsep ekologi yang lebih mudah dimengerti oleh umum. Vollenweider *et al.* (1998) mengajukan suatu tingkat kesuburan menggunakan indeks tropik

(TRIX) suatu kombinasi linier dari log empat variabel kandungan klorofil, saturasi oksigen, nitrogen dan fosfor. Perbedaan sumber nutrient di danau-danau berhubungan dengan status tropic, Total N : total P (TN : TP) adalah variabel yang bagus untuk studi perubahan status di danau-danau (Quiròs, 2002). Sebelumnya untuk membedakan tingkatan eutrofikasi didasarkan produktivitas primer fitoplankton, diukur sebagai carbon (C).

Geider dan Roche (2001) menyatakan adanya istilah Redfield ratio dalam biogeokimia perairan, yaitu suatu konsep yang merujuk hubungan antara komposisi organisme dan kimia air. Redfield ratio didasarkan pada pernyataan R.H. Fleming's 1940 yaitu bahwa kandungan C:N:P plankton adalah 106:16:1. Redfield N:P sebagai 16:1 seringkali digunakan sebagai suatu patokan untuk membedakan faktor pembatas antara N dan atau P di suatu perairan.

Sungai, kolam, danau, dan waduk mempunyai kontribusi sangat besar pada produktivitas primer ekosistem akuatik (Atici dan Alas, 2012) dan eutrofikasi kini dipercepat oleh aktivitas manusia dan terutama terjadi pada perairan dangkal, waduk dan bendungan yang sempit dan danau yang tertutup (Abuka, 2012). Waduk Panglima Besar Soedirman (P.B Soedirman) di Kabupaten Banjarnegara mempunyai peranan penting secara ekonomis yaitu berfungsi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), irigasi, perikanan, pariwisata, dan pertanian (Widyastuti, 2005). Kepentingan nilai ekonomi waduk sangat tergantung pada kondisi ekologis perairan waduk, kuantitas dan kualitas airnya karena menompang kehidupan biota yang ada di perairan tersebut. Secara ekologis perairan Waduk PB Soedirman mendapat ancaman serius pencemaran bahan organik dari kegiatan antropogenik di daerah aliran sungai (DAS) Sungai Serayu yang masuk ke waduk. selain dari aktivitas internal manusia di perairan waduk tersebut. Ancaman utama adalah bahan organik dari kegiatan pertanian, termasuk dari budidaya kentang yang intensif di bagian atas yaitu di Dataran Tinggi Dieng, serta limbah domestik dari permukiman. Di perairan waduk juga diusahakan untuk budidaya keramba jaring apung semi intensif. Dengan demikian, perairan Waduk PB Soedirman mendapat

tekanan ekologis dari sedimentasi dan bahan organik dari kegiatan antropogenik di daerah aliran sungai yang masuk ke waduk. Dekomposisi bahan organik akan menghasilkan nutrien yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan air khususnya fitoplankton di perairan. Keterkaitan wilayah perairan waduk dengan wilayah daratan melalui DAS yang bermuara ke waduk menjadikan wilayah perairan waduk sebagai perangkap sedimen, nutrien dan bahan-bahan pencemar yang berasal dari hulu, yang sangat berpengaruh pada kualitas air dan produktivitas hayati perairan waduk. Dampak masuknya limbah organik dari daratan ke waduk dapat menyebabkan perairan menjadi status tropiknya. Sisi negatif dari tingginya tingkat kesuburan perairan antara lain adalah kemungkinan timbulnya ledakan fitoplankton, yang dapat menimbulkan kematian massal ikan melalui berkurangnya oksigen terlarut. Berubahnya komposisi nutrien, yaitu rasio N terhadap P (Redfield ratio), akan berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton jenis tertentu. Penelitian ini diajukan untuk menganalisis pengaruh limbah organik yang masuk ke perairan Waduk PB Soedirman terhadap status tropik, nutrient pembatas dan hubungan antara rasio N/P terhadap keberadaan fitoplankton waduk.

Materi dan Metode

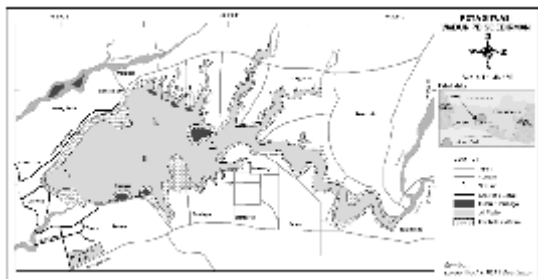
Lokasi penelitian yaitu Waduk PB Soedirman (Gambar 1) berada pada 7°7' LS - 7°30' LS dan 109°31' BT - 109°8' BT, ketinggian 239 dpl, mempunyai luas genangan 8.415.875 m² dengan kapasitas 141.247.087 m³ (Widyastuti, 2005). Berdasarkan pada rona lingkungan ditentukan tujuh stasiun penelitian yaitu tiga stasiun di daerah inlet dari sungai yang masuk waduk, satu stasiun di daerah tengah, dermaga, outlet dan di daerah keramba jaring apung. Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak tiga kali pada bulan Mei-Juli 2013 pada kedalaman 50 cm. Sampel untuk pengukuran nutrien (amonia, nitrat, fosfat, N total, P total) dan juga untuk BOD, COD serta klorofil (menggunakan jergen gelap) segera diawetkan pada suhu 4°C dalam ice box. Pengukuran dilakukan menggunakan metode APHA *et al.* (1992). Sampel fitoplankton diambil dengan menyaring 100 l air permukaan menggunakan plankton net dan diawetkan dalam larutan formalin 4% dan penambahan

larutan Lugol. Identifikasi fitoplankton menggunakan pustaka Davis (1955), Thompson (1959) dan Shirota (1966). Kelimpahan fitoplankton dilakukan menggunakan *Lackey Drop Microtransect Counting* (APHA *et al.*, 1992).

Pendekatan status tropik menggunakan Index TrophicTRIX (Vollenveider *et al.*, 1998). tropik index TRIX dirumuskan sebagai:

$$\text{TRIX} = \frac{[\log_{10} \text{chl } a, \text{D\%O, N, P} + 1.5]}{1.2}$$

Chl *a* = klorofil *a* ($\mu\text{g/l}$); D%O = saturasi oksigen(%), N = total N ($\mu\text{g/l}$) dan P = total P ($\mu\text{g/l}$). Kriteria status tropik ditentukan dengan 0-4 sebagai kualitas tinggi, 4-5 sebagai kualitas baik, 5-6 sebagai kualitas sedang dan 6-10 sebagai kualitas yang menurun (terdegradasi) (Giovannardi dan Vollenveider, 2004; Balkis *et al.*, 2012). Kriteria Redfield rasio N/P ditentukan dengan $\text{N/P} < 16$ maka N menjadi faktor pembatas, $\text{N/P} > 16$ maka P menjadi faktor pembatas, $\text{N/P} 14-16$ maka N atau P menjadi faktor pembatas atau N dan P secara bersama menjadi faktor pembatas (Koerselman dan Meuleman, 1996). selanjutnya rasio N/P dikorelasi terhadap persen kelimpahan kelimpahan fitoplankton.



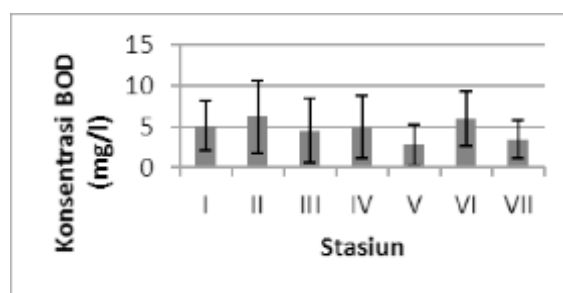
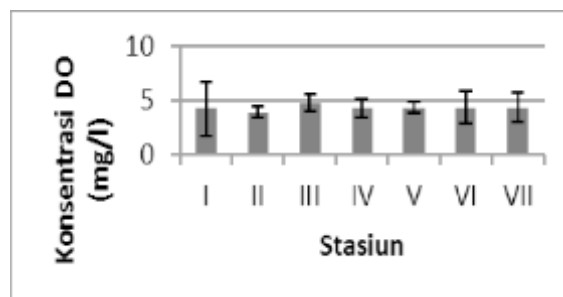
Gambar 1. Peta Lokasi Waduk PB Soedirman

Hasil dan Pembahasan

Bahan organik yang masuk ke perairan akan memberikan tekanan ekologi terhadap perairan yang secara umum akan mempengaruhi konsentrasi DO, BOD₅, COD, nitrat, amoniak dan fosfat (Gambar 2, 3, 4).

Berdasarkan baku mutu klas II, PP 81 tahun 2002, untuk keperluan rekreasi, budidaya ikan air tawar, peternakan dan irigasi (KLH, 2002) maka secara umum

kadar DO ($> 4\text{mg/l}$), nitrat ($< 10\text{mg/l}$) dan fosfat ($0,2\text{mg/l}$) berada dalam batas yang memenuhi untuk peruntukkan tersebut. Hal ini menunjukkan kadar DO masih mencukupi untuk peruraian bahan organik yang ada, dan nitrat serta fosfat sebagai makro nutrient untuk produktivitas primer tidak berlebihan. Namun kadar BOD₅ ($> 3\text{mg/l}$), COD ($> 25\text{mg/l}$) dan amoniak ($> 0,02\text{mg/l}$) adalah tidak memenuhi kadar baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 2. Performa DO (atas) dan BOD₅ (bawah)

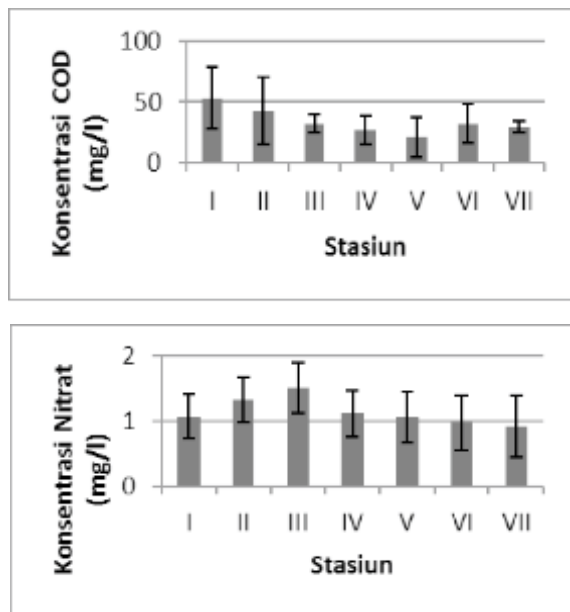
Nitrat di perairan merupakan makro nutrient yang mengontrol produktivitas primer di daerah eufotik. Kadar nitrat di perairan sangat dipengaruhi oleh asupan nitrat dari DAS yang berasal dari buangan pertanian, rumah tangga termasuk feses dan urine ikan.

Fosfat merupakan nutrisi yang esensial bagi pertumbuhan suatu organisme perairan, Senyawa fosfat umumnya berasal dari penguraian limbah organik, limbah industri, pupuk, ataupun limbah domestik

Amonia didapatkan tinggi, namun ikan carp toleran pada ammonia mendekati $2,0\text{mg/l}$, walau ammonia adalah toksik pada ikan dan organisme aquatic, bahkan pada konsentrasi yang rendah, $0,06\text{mg/L}$, ikan dapat menderita karena insang rusak, $0,2\text{mg/L}$, ikan trout dan salmon yang sensitif akan mati (Anonim, 2014). Toksisitas ammonia (96h LC_{50}) pada organisme laut ($0,09-3,35\text{mg l}^{-1}\text{NH}_3$) lebih lebar

toleransinya disbanding pada organisme perairan tawar (e.g. $0.068-2.0 \text{ mg l}^{-1} \text{ NH}_3$).

Dampak masuknya limbah organik dari DAS ataupun aktivitas internal di waduk didapatkan meningkatkan tingkat kesuburan karena nutrient (N dan P) yang dihasilkan dari dekomposisi bahan-bahan organik tersebut. Hasil pengukuran tingkat tropik, berdasarkan kriteria Giovannardi dan Vollenveider, 2004 didapatkan perairan Waduk PB Soedirman dalam status sedang/eutrofik.



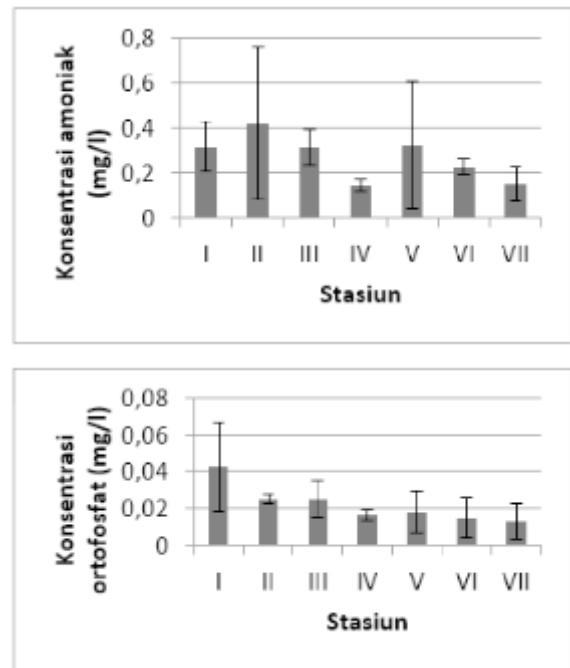
Gambar 3. Performa COD (atas) dan nitrat (bawah)

Sumber P di perairan Waduk P.B Soedirman berasal dari aktivitas pertanian dan limbah domestik dari DAS yang masuk ke waduk. Hasil penelitian diperoleh kadar P di inlet dari Sungai Serayu (Stasiun III) adalah $0,219 \text{ mg/l}$ dan nampak meningkat di daerah tengah (Stasiun IV) $0,237 \text{ mg/l}$. Pupuk P yang sering digunakan petani adalah pupuk SP 36 karena mudah didapatkan di pasaran (Suwarno, 2009). Menurut Kasno (2009), kadar fosfor TSP sebesar 46–48%, SP-36 sebesar 36%.

24 Masuknya P ke perairan juga berasal dari limbah domestik (permukiman) yang antara lain berupa feses, urin, dan detergen. kadar P pada feses 20 – 50 % (Vinneras, 2006), dan P pada urin 65% (Jonsson, 1997). Deterjen dari limbah domestik juga merupakan sumber P di perairan. Wetzel (2001) menyatakan 7-12% deterjen tereduksi sebagai P. Fosfat

merupakan salah satu *builders* dalam formulasi detergen, *sodium tripolifospat* merupakan salah satu contoh dari fosfat yang paling penting dalam pembuatan detergen bubuk (Yangxin *et al.* (2008).

Hasil Redfield rasio N/P didapatkan nilai 19,017-65,822, dan menurut kriteria Koerselman dan Meuleman (1996), P menjadi faktor pembatas dari pertumbuhan fitoplankton di waduk PB Soedirman.



Gambar 4. Performa amoniak (atas) dan ortofosfat (bawah)

Hasil analisis korelasi antara rasio N/P dengan persen kelimpahan fitoplankton ditunjukkan oleh nilai koefisien korelasi (r) diperoleh hubungan yang negatif antara rasio N/P dengan Cyanophyta, Chlorophyta dan Euglenophyta, sedangkan hubungan positif terjadi antara rasio N/P dengan Chrysophyta dan Pyrrophyta. Tingkat hubungan yang kuat ($r = 0,600-0,799$) didapatkan antara ratio N/P dengan Chlorophyta dan Chrysophyta. Hal ini juga ditunjukkan dengan nilai signifikansi masing-masing parameter dengan taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$) yaitu 0,015 dan 0,014 (Tabel 3).

Tabel 1. Status tropik berdasarkan nilai Tropik Index TRIX.

Stasiun	Total N (µg/l)	Total P (µg/l)	Klorofil (µg/l)	Saturasi DO (%)	Index Tropic TRIX	Tingkat tropik
I	2.028	0.111	0.9787	55.63	5.176699	Sedang/ eutropik
II	1.801	0.119	2.5826	50.85	5.898818	Sedang/ eutropik
III	2.527	0.129	0.6983	62.58	5.307345	Sedang/ eutropik
IV	2.101	0.237	1.624	56.93	6.326203	Menurun/hipereutropik
V	1.801	0.101	2.4433	56.50	5.799721	Sedang/ eutropik
VI	1.849	0.065	1.2757	56.93	4.88188	Sedang/ eutropik
VII	2.327	0.060	0.801	56.93	4.607843	Sedang/ eutropik

Tabel 2. Rasio N/P dan persen kelimpahan fitoplankton

	Stasiun						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
N (µg/l)	2,028	1,801	2,527	2,101	1,801	1,849	2,327
P(µg/l)	0,111	0,119	0,129	0,237	0,101	0,065	0,060
Rasio N/P	19,133	20,168	20,968	19,017	20,565	65,822	44,093
Cyanophyta (%)	6,75	0,88	8,44	0	1,58	1,39	3,95
Chlorophyta (%)	49,10	46,68	44,34	54,46	23,37	12,03	26,78
Chrysophyta (%)	39,63	43,63	41,31	44,34	70,66	86,34	61,59
Euglenophyta (%)	4,51	7,05	5,06	1,20	1,59	0	5,35
Pyrrophyta (%)	0	1,76	0,84	0	0,80	0,24	2,32

Tabel 3. Korelasi antara rasio N/P dengan persen kelimpahan fitoplankton

	r	R ²	Probability (sig)
Cyanophyta	-0,192	3,7%	0,340
Chlorophyta	-0,805	64,8%	0,015
Chrysophyta	0,809	65,4%	0,014
Euglenophyta	-0,404	16,3%	0,184
Pyrrophyta	0,087	0,8%	0,427

Simpulan

Pendekatan status tropik menggunakan Index Trophic TRIX menggunakan variabel kandungan klorofil, saturasi oksigen terlarut, nitrogen dan fosfor didapatkan perairan Waduk PB Soedirman dalam klasifikasi mendekati hipereutrofik. Pengelolaan waduk yang eutropik terlebih mendekati hipereutropik adalah mengedalikan input nutrisi yang masuk. Berdasarkan Redfield

rasio TN/TP maka nutrisi pembatas di perairan Waduk PB Soedirman adalah P. Korelasi antara TN/TP dengan persen kelimpahan fitoplankton didapatkan hubungan yang kuat antara rasio N/P dengan chlorophyta dan chrysophyta.

Daftar Pustaka

Abu Ka, M.. 2012. Eutrophication in shallow lakes and water dams. In. A Magazine for the environmental centre for Arab

- Towns. Issue 2 December 2012. Eu.envirocitiesmag.com/article/pdf/article.pdf.
- Anonim, 2014. Important Water Quality Facts. www.h2ou.com/h2wtrqua.htm. diakses 20/2/2014.
- APHA, AWWA, and WEF. 1992. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Association, American Water Work Association and Water Environmental Federation Inc., New York.
- Atici, T. and Alas, A. 2012. A study on the trophic status and phytoplanktonic algae of Mamasin dam lake (Aksaray-Turkey) *ciencias* 12: 595-601.
- Balkis, N., Alicli, B.T. and Balci, M. 2012. Evaluation of ecological quality status with the Trophic Index (TRIX) values in the coastal waters of the gulfs of Erdek and Bandirma in the Marmara sea. In Voudouris (ed): *Ecological Water Quality- Water Treatment and Reuse*. ISBN:978.953.51-0508-4. Intech. Croatia.
- Davis, C. C. 1955. *The Marine and Fresh Water Plankton*. Michigan State University Press, Chicago.
- Frame, H and M. S. Reiter. 2013. *Enhanced Efficiency Fertilizer Materials: Nitrogen Stabilizer*. Virginia Polytechnic Institute and State University. Petersburg
- Geider, R.J. and Roche, J.L. 2002. Redfield revisited: variability of C:N:P in marine microalgae and its biochemical basis. *Eur. Phycol.* 37: 1-17.
- Giovanardi, F. and Vollenveider, R.A., 2004. Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas. *J. Limnol.*, 63(2):199-218.
- Jonsson, H. 1997. *Assesment of Sanitation Systems and Reuse of Urine. Ecological Alternatives in Sanitation. Proceedings from Sida Sanitation Workshop*. Baling-sholm, Sweden 6-9 August 1997. Publications on Water Resources no 9. p. 11-22.
- Kasno, A. 2009. *Jenis dan Sifat Pupuk Anorganik*. Balai Penelitian Tanah, Bogor
- KLH (Kementrian Lingkungan Hidup), 2002. *Himpunan Peraturan Perundang-undangan di Bidang Lingkungan Hidup dan Pengendalian dampak Lingkungan Era Otonomi Daerah*.
- Mara, D and S. Craincross. 1994. *Pemanfaatan Air Limbah dan Ekskreta: Patokan untuk Perlindungan Kesehatan Masyarakat*. Universitas Udayana dan ITB, Bandung.
- Quiròs, R. 2002. The nitrogen to phosphorus ratio for lakes: cause or consequence of aquatic biology? In. Cirelli, A.F. and Marquis, G.C. (eds). *El Agua en Ibero- america: de La Limnologia a la Gestion en Sudamerica*. Cyted XVII. Facultad de Veterinaria, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Salas, F., Teixeira, H., Marcos, C., Marques, J.C., and Ruzafa, A.P. 2008. Applicability of the trophic index TRIX in two transitional ecosystems: the Mar Menor lagoon (Spain) and the Mondego estuary (Portugal). *ICES Journal of marine Science*, 65:1442-1448.
- Saragih, D., H. Hamim & N. Nurmauli. 2013. Pengaruh Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk Urea dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil jagung Pioneer 27. *J. Agrotek Tropik*, 1 (1) : 50-54.
- Shirota, A. 1966. *The Plankton of South Vietnam*. Technical Cooperation, Tokyo.
- Suwarno, Djoko. 2009. *Potensi dan Masalah Sampah di Jawa Tengah (Studi Kasus Pengadaan Pupuk Organik yang Berkelanjutan)*. *Simposium Nasional RAPI VIII 2009*. Semarang.
- Thompson, R. H. 1959. *Algae*. In Edmondson, W.T (Ed). 1959. *Freshwater Biology* 2nd Edition. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Vinneras, B. 2006. *Faecal Separation and Urine Diversion for nutrient Management of Household Biodegradable Waste and Wastewater*. Tesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
- Vollenveider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G. and Rinaldi, A. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9, 329-357.

- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology, Lake and River Ecosystem Analysis*. 2nd Edition. Sounders College Publishing, San Fransisco.
- Widyastuti, E. 2005. Model Pengelolaan Berkelanjutan Budidaya Ikan dalam Keramba Jaring Apung di Waduk (Studi Kasus di Perairan Waduk P.B. Soedirman). Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Windarti., T. Wijayanti & M. Najib. 2011. Analisis Kecenderungan Kebutuhan Pupuk Urea dan ZA di Kabupaten Kutai Kartanegara. *EPP*. 8 (1) : 24-29.
- Yangxin, Yu., Z. Jin., & A. E. Bayly. 2008. *Development of Surfactants and Builders in Detergent Formulations*. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16 (4) : 517-527.