

## KLASIFIKASI TROFIK DANAU TOBA, SUMATERA UTARA

**Sulung Nomosatryo dan Lukman**

*Pusat Penelitian Limnologi – LIPI*

E-mail : [sulung@limnologi.lipi.go.id](mailto:sulung@limnologi.lipi.go.id)

Diterima redaksi : 20 Oktober 2011, disetujui redaksi : 12 Januari 2012

### ABSTRAK

*Perairan Danau Toba dengan beragam fungsinya memerlukan pengelolaan yang terpadu. Klasifikasi trofik suatu danau adalah perangkat penting sebagai dasar pengelolaan tersebut, selain memberikan gambaran tingkat intensitas pemanfaatannya. Penelitian mengenai penentuan status trofik di Danau Toba, Sumatera Utara telah dilaksanakan berdasarkan parameter-parameter Total Nitrogen (TN), Total Fosfor (TP), klorofil-a, dan kedalaman Secchi pada bulan April dan Oktober 2009. Pengamatan parameter-parameter dilakukan pada 12 stasiun yang mewakili, termasuk wilayah perairan bagian tengah danau. Danau Toba masih memiliki zona epilimnion yang aerobik sampai kedalaman 100 m. Klasifikasi status danau Toba terbentang dari oligo, meso, sampai eutrofik bila dilihat dari parameter hara TP, sedangkan bila dilihat dari parameter lainnya seperti kelimpahan klorofil-a maupun kedalaman Secchi, Danau Toba masih bersifat oligotrofik. Klasifikasi status berdasarkan indeks komposit Carlson (TSI), Danau Toba masih berstatus oligotrofik.*

**Kata kunci :** Danau Toba, status trofik, total nitrogen, total fosfor, klorofil a, kedalaman Sechi

### ABSTRACT

**TROPHIC CLASIFICATION OF LAKE TOBA, NORTH SUMATERA.** *Lake Toba with diverse functions requires integrated management. Trophic classification of a lake is important tool as a basis for management as well as information of it utilization intensity. A study on the determination of the trophic status of Lake Toba had been conducted based on the observation of Total Nitrogen (TN), Total Phosphorus (TP), chlorophyll-a, and Secchi depth. The investigation was done in April and October 2009 at 12 representative stations. Lake Toba still maintains the aerobic epilimnion zone through the depth of 100m. Classification of the trophic status of Lake Toba ranged from oligo, meso, to eutrophic based on the level of Total Phosphorus. Whereas, the classification of trophic status based on the abundance of chlorophyll-a and Secchi depth resulted in the trophic status of Lake Toba of oligotrophic. Classification of status trophic based on the Carlson's composite indice (Tropic State Index, TSI), showed that The Trophic Status of Lake Toba was still oligotrophic.*

**Key words :** Lake Toba, trophic state, total nitrogen, total phosphorus, chlorophyll-a, Sechi depth

## PENDAHULUAN

Eutrofikasi menggambarkan proses “penuaan” (*ageing*) alami suatu danau. Tingkat status trofik suatu danau adalah oligotrofik (miskin unsur hara), mesotrofik (kandungan unsur hara sedang), eutrofik (kaya unsur hara) (Goldman & Horne 1983). Kultural eutrofikasi adalah salah satu masalah yang dihadapi di seluruh dunia (Carpenter *et al.* 1999; Smith 2003; Carpenter, 2005; Nyenje *et al.* 2010). Pada pertengahan abad ke 20, eutrofikasi ditetapkan sebagai masalah yang serius di beberapa negara Eropa Barat dan Amerika utara, dan membuat para ahli limnologi memberi perhatian penuh untuk mengatasinya. Untuk mengendalikan eutrofikasi di suatu badan air (danau), maka diperlukan pengelolaan danau secara holistik.

Klasifikasi habitat suatu danau adalah hal yang paling utama dalam proses pengelolaan danau (Sly & Busch, 1992). Penentuan status trofik suatu danau adalah hal yang perlu dilakukan untuk mengklasifikasi tipe habitat suatu badan air selain mengklasifikasi tipe basin, sifat fisik, sifat kimia, dan spesiasi dan kelimpahan organisme (Leach & Herron, 1992).

Penentuan status trofik berdasarkan parameter tunggal, biasanya dilakukan terhadap parameter-parameter seperti Total Nitrogen (TN), Total Fosfor (TP), klorofil-a, dan kedalaman Secchi (Chapra & Dobson, 1981; Forsberg & Ryding, 1980; Vollenweider, 1968; Smith *et al.* 1999), dan secara nasional telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 tahun 2009. Selain itu, penentuan status trofik berdasarkan indeks komposit akan menghasilkan status trofik yang berhubungan erat dengan suatu proses perkembangan biomassa (indikator dari proses eutrofikasi). Salah satu penentuan trofik ini yang sering digunakan adalah Penentuan Status Trofik Indeks (TSI) yang dikembangkan Carlson (1977).

Kawasan Danau Toba berada pada tujuh kabupaten, yaitu Tapanuli Utara, Karo, Dairi, Simalungun, Toba Samosir, Samosir dan Humbang Hasundutan. Wilayah Danau Toba merupakan pusat objek wisata danau terbesar di Indonesia. Aktivitas pemanfaatan Danau Toba yang juga cukup berkembang adalah budidaya ikan dengan karamba jaring apung (KJA). Aktivitas pemanfaatan perairan Danau Toba serta kawasan di sekitarnya yang relatif tinggi diperkirakan memberikan dampak terhadap status trofik perairan Danau Toba. Pada masa lampau, kondisi perairan Danau Toba tercatat memiliki kesuburan yang rendah (oligotrofik) berdasarkan kadar fosfor-fosfat yang terukur hanya 0,005 mg/l (Ruttner, 1930). Sementara itu pengukuran Poernomo *et al* (2005) telah menunjukkan kondisi hipereutrofik dengan fosfat TP berada pada kisaran 0,29 – 0,68 mg/l.

Penetapan status trofik perairan Danau Toba sangat penting sebagai tinjauan kondisi lingkungannya saat ini. Hal ini terkait wilayah ini sebagai salah satu andalan dan potensi Rencana Induk Pengembangan Pariwisata Nasional (RIPNAS) (Ardika, 1999). Telah dilakukan penelitian yang bertujuan mengklasifikasi status trofik Danau Toba berdasarkan kandungan nutrien dan salah satu indikator biomassa di zona epilimnion danau.

## BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilakukan di Danau Toba, Provinsi Sumatera Utara, pada bulan April 2009 dan Oktober 2009. Status trofik perairan Danau Toba dicuplik dari 12 stasiun yang mewakili termasuk tengah wilayah perairan danau (Gambar 1). Status trofik Danau Toba ini dievaluasi dari kadar TN, TP, tingkat kecerahan (kedalaman keping Sechi), kadar klorofil a dan Indeks Carlson (Carlson, 1977). Parameter klorofil-a dianalisis dari kedalaman eufotik (permukaan, kedalaman 10, 20, 30, dan

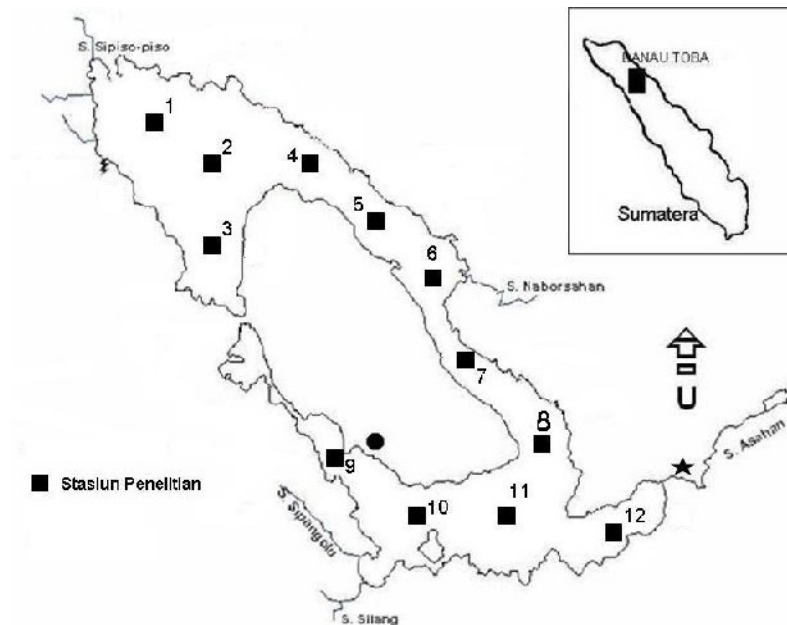
40 m) dengan menggunakan metode spektrofotometer setelah hasil saringan dengan kertas saring GF/F di ekstrak menggunakan aseton (APHA AWWA 1995). Parameter TN dan TP dianalisis pada contoh air permukaan dengan mengacu pada APHA AWWA (1995). Kedalaman Secchi diukur dengan menggunakan keping Secchi.

indeks untuk transparansi (kedalaman Secchi dalam meter) dan  $TSI_{tot}$  adalah total indeks untuk status trofik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Total Nitrogen (TN) dan Total Fosfor (TP)

Senyawaan Nitrogen dan Fosfor adalah senyawaan hara yang sangat penting



Gambar 1. Lokasi pengambilan titik sampling di Danau Toba

Klasifikasi status trofik berdasarkan TSI ini merujuk pada suatu indeks yang dikalkulasi berdasarkan persamaan berikut ini (Carlson, 1977) :

$$TSI_p = 14.42 \times \ln[TP] + 4.15$$

$$TSI_{chl} = 30.6 + 9.81 \times \ln[Chl-a]$$

$$TSI_{sec} = 60 - 14.41 \times \ln[Secchi]$$

$$TSI_{tot} = (TSI_p + TSI_{chl} + TSI_{sec}) / 3$$

dimana  $TSI_p$  adalah nilai indeks untuk kadar TP (mg/L),  $TSI_{chl}$  adalah nilai indeks untuk kadar klorofil a ( $\mu\text{g/L}$ ),  $TSI_{sec}$  adalah nilai

dalam pertumbuhan algae dan organisme akuatik. Total Nitrogen dan Total Fosfor telah di usulkan sebagai indikator yang sederhana dalam menentukan status trofik (Leach & Herron, 1992). Total Fosfor biasanya digunakan secara empirik dalam prediksi biomassa algae karena peranannya dalam faktor pembatas. Berbagai kriteria status trofik telah ditetapkan berdasarkan parameter-paramater TN, TP, klorofil a dan tingkat kecerahan (Tabel 1).

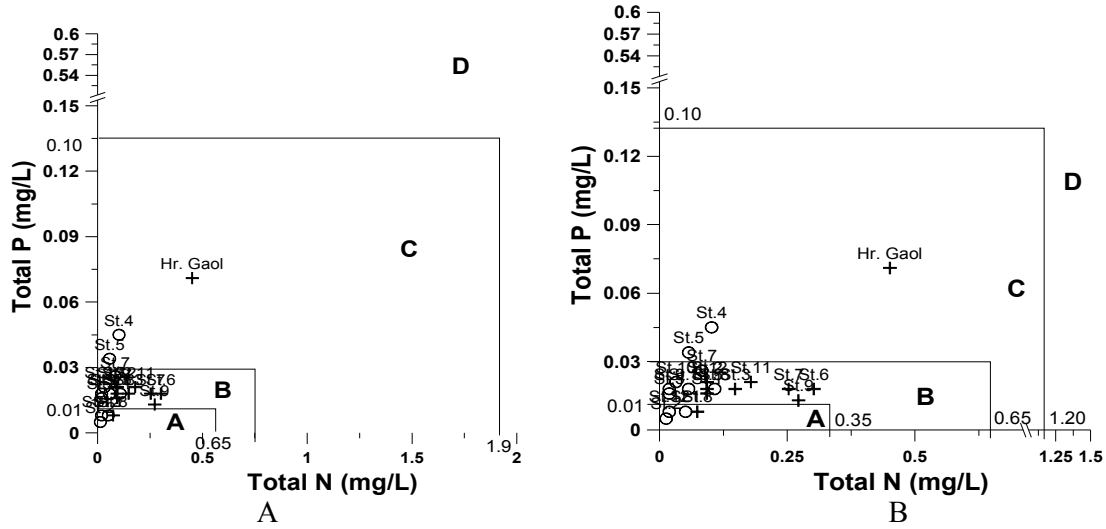
Tabel 1. Kriteria status trofik perairan danau berdasarkan parameter tunggal

Status Trofik	Total N (mg/l)	Total P (mg/l)	Klorofil-a (mg/m <sup>3</sup> )	Kecerahan (m)
<b>Oligotrofik</b>				
Permen LH No 28 (2009)	≤ 0,650	< 0,010	<2	≥ 10
Chapra & Dobson (1981)	-	<0,011	<2,9	>5
Forsberg & Ryding (1980)	<0,3	<0,015	<3	>4
Vollenweider (1968)	<0,4	-	-	-
Smith, <i>et al</i> (1999)	<0,35	0,01	3,5	>4
<b>Mesotrofik</b>				
Permen LH No 28 (2009)	≥ 0,750	< 0,030	<5	≥ 4
Chapra & Dobson (1981)		0,011-0,0217	2,9-5,6	5-3
Forsberg & Ryding (1980)	0,3-0,65	0,015-0,025	3-7	2,5-4
Vollenweider (1968)	0,4-0,6		-	
Smith, <i>et al</i> (1999)	0,35-0,65	0,01-0,03	3,5-9	2-4
<b>Eutrofik</b>				
Permen LH No 28 (2009)	≤ 1,900	< 0,100	<15	≥ 2,5
Chapra & Dobson (1981)		>0,0217	>5,6	<3
Forsberg & Ryding (1980)	>0,6	>0,025	>7	<2,5
Vollenweider (1968)	>0,65			
Smith, <i>et al</i> (1999)	0,65-1,2	0,03-0,1	9-25	1-2
<b>Hipereutrofik</b>				
Permen LH No 28 (2009)	≥ 1,9	≥ 0,1	≤ 200	≤ 2,5
Smith, <i>et al</i> (1999)	>1200	>0,1	>25	<1

Berdasarkan klasifikasi trofik Permen LH no 28/2009 dan Smith *et al.* (1999), status trofik yang dikaji akan menghasilkan kondisi trofik ke oligo-, meso-, eu-and hiper-trofik, dalam hal status pengayaan oleh hara (TN dan TP). Dari klasifikasi ini terlihat bahwa ketersediaan unsur hara TN dan TP di Danau Toba akan menghasilkan status trofik dari oligotrofik sampai eutrofik. Hasil *scatterplot* antara TN dan TP menunjukkan bahwa berdasarkan pengayaan hara, stasiun yang masuk ke dalam kategori oligotrofik pada bulan April 2009 adalah St. 1, St. 2, dan St. 12, sedangkan bulan Oktober 2009 adalah St. 8. Stasiun pengamatan yang tergolong mesotrofik pada bulan April 2009 adalah St. 3, St. 7, St. 8, St. 9, St. 10, dan St. 11

sedangkan pada bulan Oktober 2009 adalah St. 1, St. 2, St. 3, St. 6, St. 7, St. 9, dan St. 12. Sedangkan yang masuk kategori eutrofik adalah St. 4, St.5 (di bulan april 2009), dan St.KJA Haranggaol (Oktober 2009) (Gambar 2).

Kedua status trofik, berdasarkan Permen LH No 28/2009 maupun Smith, *et al* (1999), terlihat bahwa Total P menjadi penentu dalam penentuan status trofik di Danau Toba. Hampir semua hasil penggolongan *scatterplot* antara TN dan TP mirip dengan penggolongan status trofik hanya berdasarkan parameter tunggal TP. Sedangkan berdasarkan kisaran parameter tunggal kadar nitrogen, semua stasiun baik bulan April dan Oktober 2009 masih berada pada status oligotrofik.



Gambar 2. Status trofik Danau Toba berdasarkan pengayaan kadar TN dan TP  
 A: Permen LH 28/2009, B: Smith *et al.*, (1999); A. Oligotrofik, B. Mesotrofik, C. Eutrofik, D. Hypereutrofik.

**Kedalaman Secchi dan Kelimpahan Klorofil-a**

Tingkat kecerahan perairan Danau Toba berkisar antara 7,5 – 14,9 m (Tabel 2). Kecerahan perairan atau kedalaman terdalam keping Sechi (SD) masih terlihat merupakan salah satu penduga yang sederhana untuk menentukan kedalaman eufotik (EZD; *Euphotic Zone Depth*). Kedalaman Eufotik adalah ketersediaan cahaya pada kolom air dengan radiasi cahaya matahari tinggal 1% dari yang masuk di permukaan perairan, merupakan wilayah tempat fotosintesis masih dapat berlangsung (Kirk, 1986).

Berdasarkan tingkat kecerahannya (Tabel 2), hampir di semua stasiun pengamatan masih lebih dari 4 meter. Hal ini menunjukkan status trofik Danau Toba berdasarkan kedalaman Secchi adalah oligotrofik.

Sedangkan kelimpahan klorofil *a* suatu perairan dapat mencerminkan tingkat kesuburannya. Pada bulan April 2009 kadar klorofil *a* di perairan Danau Toba pada wilayah eufotik (kedalaman 0 – 30 meter) berkisar antara 0,344 – 1,337 mg/m<sup>3</sup>, atau dengan rata-rata antar stasiun pada kisaran 0,474 - 1,276 mg/m<sup>3</sup> (Tabel 3), sedangkan pada bulan Oktober 2009

Tabel 2. Tingkat kecerahan perairan Danau Toba

Stasiun	Kecerahan Perairan (m)	
	April 2009	Oktober 2009
1	14.9	11
2	ta	11
3	ta	9
4	13.5	7.5
5	14	9
6	11	9
7	9	9
8	9	11
9	ta	9
10	ta	9
11	13	9
12	9.5	8

berkisar antara 0,335 – 1,701 mg/m<sup>3</sup>, atau dengan rata-rata antar stasiun pada kisaran 0,528 – 1,496 mg/m<sup>3</sup> (Tabel 4). Bila mengacu kepada kisaran penentuan status trofik berdasarkan pada (Tabel 1), maka kandungan klorofil-*a*-nya, baik pada pengukuran April 2009 maupun Oktober 2009, Danau Toba menunjukkan perairan oligotrof (tidak subur).

Penentuan status berdasarkan klasifikasi pengayaan oleh hara ini tidak mencerminkan secara utuh klasifikasi trofik

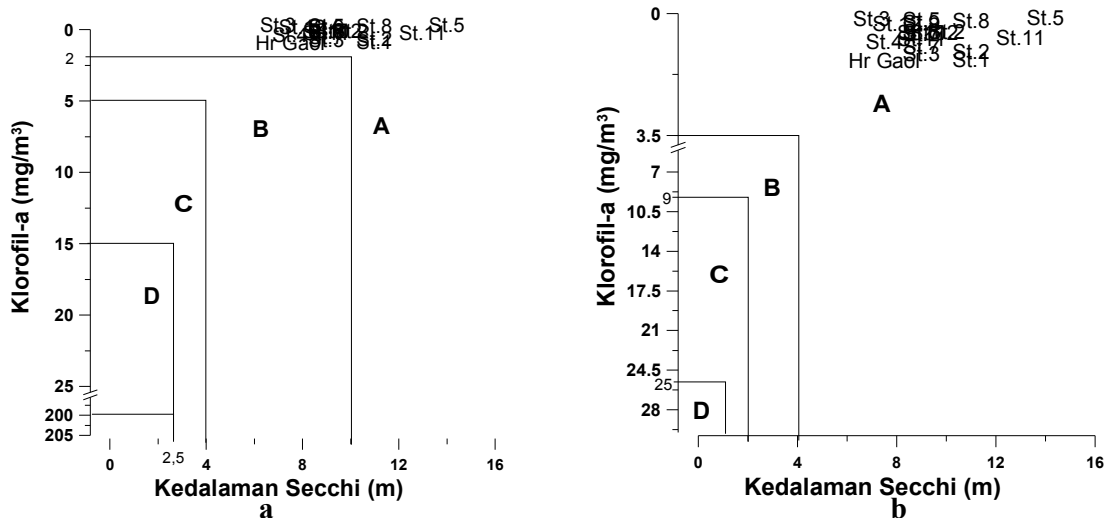
di Danau Toba. Penentuan trofik berdasarkan parameter lainnya dalam hal kelimpahan fitoplankton (diwakili oleh parameter klorofil-*a*) dan kecerahan (Kedalaman Secchi), menunjukkan bahwa semua stasiun pengamatan di Danau Toba masuk dalam kategori oligotrofik. Penetapan dengan berdasar pada *scatter plot* antara TN dan TP menghasilkan status yang berbeda bila berdasarkan pada *scatter plot* antara kadar klorofil *a* dan tingkat kecerahan (Gambar 3).

Tabel 3. Kadar klorofil *a* di perairan Danau Toba Bulan April 2009

Kedalaman (m)	Stasiun (mg/m <sup>3</sup> )					
	2	3	5	7	11	12
0	0,540	0,344	0,421	1,710	0,540	0,813
10	0,651	0,355	0,382	1,163	1,337	0,862
20	1,091	0,380	0,553	1,333	0,935	1,132
30	1,092	0,866	0,541	0,899	1,254	0,687
Rata-rata	0,844	0,486	0,474	1,276	1,017	0,874

Tabel 4. Kadar klorofil *a* di perairan Danau Toba Bulan Oktober 2009

Kedalaman (m)	Stasiun (mg/m <sup>3</sup> )					
	2	3	5	7	11	12
0	1,701	1,404	0,593	0,850	0,850	1,106
10	1,441	1,699	0,335	1,145	0,850	0,554
20	1,402	1,402	0,850	0,595	1,441	0,258
30	1,147	1,481	0,337	1,104	1,106	0,552
Rata-rata	1,422	1,496	0,528	0,923	1,062	0,617



Gambar 3. Status trofik Danau Toba berdasarkan kadar klorofil-*a* dan kedalaman Secchi dari a: Permen LH 28/2009, b: Smith *et al.*, (1999); A. Oligotrofik, B. Mesotrofik, C. Eutrofik, D. Hypereutrofik.

**Klasifikasi Status Trofik Berdasarkan Indeks Komposit**

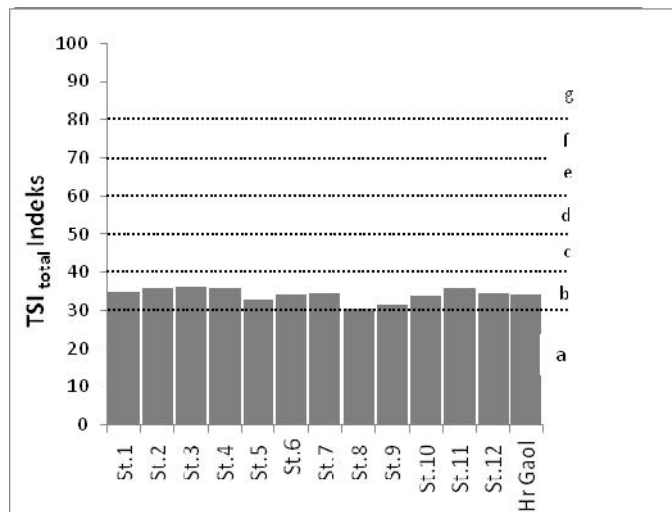
Dari hasil penentuan status trofik berdasarkan parameter tunggal terlihat bahwa, Danau Toba akan terklasifikasi menjadi oligo, meso dan eutrofik. Sedangkan berdasarkan sifat fisik dan kelimpahan klorofilnya, status trofik di Danau Toba masih bersifat oligotrofik.

Dengan demikian, untuk mendapatkan nilai status trofik yang konstan, penilaian status trofik dilakukan dengan menggunakan klasifikasi Carlson (1977). Penilaian ini berdasarkan pada hasil pengukuran transparansi (kedalaman Secchi), kadar hara (dalam hal ini TP) dan kadar klorofil-a di Danau Toba. Hasil dari klasifikasi ini menunjukkan bahwa hampir di setiap stasiun pengamatan di Danau Toba, Status Trofik berdasarkan TSI adalah masih bersifat oligotrofik. Hal ini terlihat pula di stasiun pengamatan di wilayah KJA Haranggaol, walaupun dalam hal pengayaan hara lokasi KJA Haranggaol akan cenderung membuat status eutrofik, tetapi secara penentuan berdasarkan TSI, status trofik di lokasi ini masih tergolong oligotrofik (Gambar 4).

Kondisi ini menunjukkan bahwa, Danau Toba secara umum masih bersifat oligotrofik, karena secara fisik masih mempunyai kedalaman Secchi yang relatif dalam yaitu >4 m, akan tetapi yang perlu diperhatikan adalah kadar unsur hara yang ada di perairan Danau Toba. Ketersediaan unsur hara di perairan danau Toba sangat menunjang untuk perkembangan organisme akuatik di Danau Toba (Nomosatryo & Lukman, 2011). Ketersediaan unsur hara ini akan memacu tumbuhnya organisme akuatik seperti fitoplankton yang serta merta akan menurunkan tingkat kecerahan di Danau Toba. Hal ini akan memungkinkan menurunnya status trofik dari oligotrofik ke status trofik lainnya yang lebih buruk.

**KESIMPULAN**

Klasifikasi status danau Toba terbentang dari oligo, meso, sampai eutrofik bila dilihat dari parameter hara seperti TP, sedangkan bila dilihat dari parameter lainnya seperti kelimpahan klorofil-a maupun kedalaman Secchi, Danau Toba masih bersifat oligotrofik. Klasifikasi status berdasarkan indeks komposit Carlson (TSI),



Gambar 4. Status Trofik Danau Toba berdasarkan Carlson (1977): a. Ultraoligotrofik, b. Oligotrofik, c. Mesotrofik, d. Eutrofik rendah, e. Eutrofik sedang, f. Eutrofik berat, g. Hypereutrofik.

Danau Toba masih berstatus oligotrofik. Klasifikasi status trofik berdasarkan indeks komposit, terlihat lebih menggambarkan proses produktivitas suatu danau, karena berkaitan dengan ketersediaan hara yang akan menghasilkan kelimpahan dari indikator biologi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA) American Water Works Association (AWWA). 1995. *Standard Method for The Examination of Water and Waste Water*. 17<sup>th</sup> edition. Port City Press. Baltimore, Maryland.
- Ardika, G., 1999. Danau dan Waduk dalam Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan (*Lake and Reservoir in the Development of Continuable Tourism System*). *Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk*. PPLH-IPB, Ditjen Bangda-Depdagri, Ditjen Pengairan-Dep.PU, dan Kantor Men. LH. Bogor. Hal. IV (1–13).
- Carlson, R. E., (1977). A Trophic State Index for Lakes. *Limnology and Oceanography*, 22, 361–369.
- Carpenter, S. R., (2005). Eutrophication of Aquatic Ecosystems: Bistability and Soil Phosphorus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 10002–10005.
- Carpenter, S. R., Ludwig, D., & Brock, W. A., (1999). Management of Eutrophication for Lakes Subject to Potentially Irreversible Change. *Ecological Applications*, 9, 751–771.
- Chapra, S.C., & H.F.H. Dobson. 1981. Quantification of the Lake Trophic Typologies of Naumann (Surface Quality) and Thienemann (oxygen) with special Reference to The Graet Lake. *J. Great Lake Res.* 7:182-193.
- Crowe SA., 2008. Biogeochemical Cycling in Iron-rich Lake Matano, Indonesia: An early ocean analogue [*disertasi*]. Montreal: McGill Univ.
- Forsberg, C. & S. Ryding, 1980. Eutrophication Parameters and Trophic State Indices in 30 Swedish Waste receiving Lake. *Arch. Hydrobiol.* 80: 189-207.
- Goldman RC, Horne AJ., 1983. *Limnology*. Tokyo: Mc-Graw Hill International Book Company.
- Katsev S, S.A. Crowe, Alfonso Mucci, Bjørn Sunby, Sulung Nomosatryo, G. D. Haffner, and David Fowle. 2010. Mixing and its Effects on Biogeochemistry in the Persistently Stratified, Deep, Tropical Lake Matano, Indonesia. *Limnology and Oceanography*, 55(2):763–776.
- Leach, J.H. & R.C. Herron, 1992. A Review of Lake Habitat Classification. In: *The Development of an Aquatic Habitat Classification System for Lake*. Ed: Busch, W.D.N & P.G. Sly. CRC press. London.
- Nyenje, P. M., Foppen, J. W., Uhlenbrook, S., Kulabako, R., & Muwanga, A., (2010). Eutrophication and nutrient release in urban areas of sub-Saharan Africa—a review. *Science of the Total Environment*, 408, 447–455.
- Nomosatryo, S. & Lukman, 2011. Ketersediaan Hara Nitrogen (N) dan Fosfor (P) Di Perairan Danau Toba, Sumatera Utara. *Limnotek*. Vol. 18 (2): 127-137.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 28. Tahun 2009.
- Ruttner, F., 1930. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatera und Bali. Pp: 196 – 454. In: A. Thienemann. *Archiv fur hydrobiology. Organ Der Internationalen Fur Theoretische und Angewandte Limnologie*. Supplement-Band VIII. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuch-



- handlung (Ewin Nagele) G.m.b.H. Stuttgart Poernomo, K., E. S.
- Kartamihardja, Wijopriono, Z. Fahmi, M. M. Wahyono, R. Faizah & A. S. Sarnita, 2005. Riset Pemetaan Kapasitas Sumberdaya Ikan dan Lingkungan di Danau Toba, Sumatera Utara. Pusat Riset Perikanan Tangkap. DKP. 31 hal.
- Sarnita, A. S., 1999. Introduction and Stocking of Freshwater Fishes into Inland Waters of Indonesia. In: W.I.T. van Densen & M.J. Morris (eds). Fish and Fisheries of Lakes and Reservoirs in Southeast Asia and Africa. Westbury Publ., Otley, UK. Pp. 143 – 150.
- Sly P.G. & W.D.N. Busch, 1992. Introduction to Process, Procedure, and Concepts Used in the Development of an Aquatic Habitat Classification system for Lake. In: *The Development of an Aquatic Habitat Classification System for Lake*. Ed: Busch, W.D.N & P.G. Sly. CRC press. London.
- Smith, V., (2003). Eutrophication of Freshwater and Coastal Marine Ecosystems: a Global Problem. *Environmental Science and Pollution Research*, 10, 126–139.
- Vollenweider, R.A., 1968. Scientific Fundamentals of The Eutrophication of Lake and Flowing Water, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factor in Eutrophication. OECD Rep. DAS/SCI/68.27. UNECD. Paris.
- Wetzel, R.G., 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3rd ed. Academic Press (ISBN 0-12-744760-1).