

Keanekaragaman fitoplankton dan status trofik Perairan Danau Maninjau di Sumatera Barat, Indonesia

Phytoplankton diversity and trophic status of Lake Maninjau, West Sumatra, Indonesia

SULASTRI[✉], CYNTHIA HENNY^{✉✉}, SULUNG NOMOSATRYO^{✉✉✉}

Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jl. Raya Bogor Jakarta Km 46, Cibinong, Bogor 16611, Jawa Barat.

[✉]email: sulastri@limnologi.lipi.go.id, ^{✉✉}cynthiahenny@limnologi.lipi.go.id, ^{✉✉✉}sulungnomosatriyo@limnologi.lipi.go.id

Manuskrip diterima: 15 November 2018. Revisi disetujui: 16 Desember 2018.

Abstract. *Sulastri, Henny C, Nomosatriyo S. 2019. Keanekaragaman fitoplankton dan status trofik Perairan Danau Maninjau, Sumatera Barat, Indonesia. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 5: 242-250.* Danau Maninjau merupakan danau tekton-vulkanik di Sumatera Barat pernah mengalami blooming *Microcystis aeruginosa* pada tahun 2000, Oktober 2011 dan April 2018. Blooming *Microcystis* dicirikan oleh warna hijau pekat dan tingginya kandungan klorofil-a hingga mencapai lebih dari 100 µg/L. Blooming fitoplankton di danau ini tidak terjadi sepanjang tahun dan pada periode tertentu *Microcystis* menghilang dan air danau menjadi jernih kembali. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui keanekaragaman fitoplankton dikaitkan dengan status trofik di perairan Danau Maninjau. Keanekaragaman fitoplankton dan parameter kualitas air yang terdiri dari kecerahan, perairan suhu, DO, pH, konduktivitas dan unsur hara diamati pada tahun 2009, 2014, 2015, 2016 dan 2018. Sampel fitoplankton dan pengukuran kualitas air dilakukan di zona eufotik pada sembilan stasiun pengamatan. Indeks status trofik ditentukan berdasarkan parameter kecerahan, kandungan klorofil-a dan konsentrasi fosfor. di temukan 121 jenis fitoplankton terdiri dari phylum Chlorophyta (74 jenis), Cyanophyta (23 jenis), Pyrrophyta (7 jenis) dan Euglenophyta (4 jenis). Status trofik perairan bervariasi secara temporal yakni mesotrofik, meso-eutrofik, eutrofik dan hiper-eutrofik. Status hipereutrofik dicirikan oleh rendahnya keanekaragaman fitoplankton (27 jenis), tingginya konsentrasi klorofil-a, unsur hara dan tingginya kelimpahan *Microcystis aeruginosa* (4180,932 x 103 individu/L). Status mesotrofik dicirikan oleh tinggi tingginya keanekaragaman fitoplankton khususnya jenis-jenis (63 jenis), phylum Chlorophyta dari famili Desmidiaceae, Oocystaceae, Scenedesmusceae, serta rendahnya unsur hara. Semakin tinggi status trofik perairan keanekaragaman fitoplankton berkurang.

Kata kunci: Danau, fitoplankton, keanekaragaman, status trofik

Abstract. *Sulastri, Henny C, Nomosatriyo S. 2019. Phytoplankton diversity and trophic status of Lake Maninjau, West Sumatra, Indonesia. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 5: 242-250.* *Microcystis* blooms have been recorded in Lake Maninjau in 2000, October 2011 and recently on April 2018. *Microcystis* bloom was characterized by green color enhancement in the column water due to high concentration of chlorophyll-a reach to > 100 µg.L⁻¹. The occurrence of phytoplankton bloom in this lake was not recorded all the year but *Microcystis* was disappeared and the water is clear again in a certain period. This study was aimed to reveal phytoplankton diversity and relation to trophic status in Lake Maninjau. Phytoplankton diversity and water quality include water transparency, temperature, DO, pH, conductivity, and nutrient were observed in 2009, 2014, 2015, 2016 dan 2018. Phytoplankton sample and water quality parameters were measured in the euphotic zone at nine stations. Three variable chlorophyll-a, Secchi depth (transparency) and total phosphorus concentration used to calculate the trophic state index. There are 121 species of phytoplankton belong to phylum Chlorophyta (74 species), Cyanophyta (23 species), Pyrrophyta (7 species) dan Euglenophyta (4 species). The trophic status in Lake Maninjau showed variability temporally; it was mesotrophic, meso-eutrophic, eutrophic and hiper-eutrophic. Hypereutrophic status was characterized by low phytoplankton diversity (27 species), high chlorophyll-a, nutrient concentration, and *Microcystis aeruginosa* abundance (4180.932 x 103 individual.L⁻¹). Mesotrophic was characterized by high phytoplankton diversity (63 species) belong to phylum Chlorophyta especially family Desmidiaceae, Oocystaceae, Scenedesmusceae, and low nutrient concentration. The higher trophic status is more decrease phytoplankton diversity.

Keyword: Lake, phytoplankton, diversity, trophic status

PENDAHULUAN

Proses biotik dan abiotik menentukan variasi keanekaragaman jenis fitoplankton pada ekosistem akuatik, yang implikasinya adalah keragaman jenis fitoplankton bisa berbeda menurut waktu dan tempat. Seperti perbedaan dan perubahan komposisi fitoplankton secara musiman karena berhubungan erat dengan perubahan musiman suhu,

beban masukan dan ketersediaan unsur hara serta faktor-faktor hidroklimatologi seperti angin, hujan dan perubahan fluktuasi tinggi muka air. Dengan demikian juga ketidakseimbangan dinamika dan peningkatan keragaman jenis fitoplankton tergantung kepada besarnya pengaruh faktor-faktor lingkungan tersebut (Chalar 2009). Saat ini meningkatnya masukan unsur hara dari aktivitas antropogenik pada sistem akuatik telah menjadi ancaman

kualitas air di dunia dan menyebabkan penyuburan perairan serta merubah komposisi fitoplankton pada tingkat kondisi sifat fisika kimia tertentu faktor lingkungan seperti total nitrogen (TN), total fosfor (TP) dan temperature. Dampak penyuburan selanjutnya adalah memicu masalah blooming alga biru hijau (Cyanobacteria) (Bockwoldt et al. 2017).

Di Indonesia kejadian blooming alga biru hijau (Cyanobacteria) *Microcystis aeruginosa* telah dilaporkan di Danau Maninjau pada tahun 2000, 2011 dan bulan April 2018 (Syandri, 2002; Tanjung 2013, Sulastri et al. 2018). Blooming *Microcystis aeruginosa* ditandai oleh kandungan klorofil-a yang tinggi hingga mencapai 97-100 µg/L. dan mendominasi komposisi hingga 94.4 % dari total kelimpahan fitoplankton (Tanjung, 2013; Sulastri et al. 2018). Hasil kajian menunjukkan bahwa kejadian blooming *Microcystis aeruginosa* di D. Maninjau berhubungan dengan dinamika unsur total fosfor (Sulastri et al. 2018). Di Indonesia beberapa badan air termasuk Danau Maninjau mendapat tekanan yang kuat dari aktivitas kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung melalui masuknya limbah kegiatan budidaya ikan dalam KJA yang tinggi (Junaidi et al. 2014). Limbah dari kegiatan budidaya ikan ini menyumbangkan peningkatan total fosfor, ortho-fosfat dan senyawaan nitrogen (Nomosatryo dan Lukman 2011). Hasil kajian menunjukkan kegiatan budidaya ikan dalam Karamba Jaring Apung (KJA) menyebabkan perubahan kualitas air dan status trofik dari mesotrofik menjadi eutrofik. (Henny dan Nomosatryo, 2016). Dampak blooming Cyanobacteria dapat menurunkan keanekaragaman fitoplankton dan keanekaragaman jenis zooplankton dan disimpulkan blooming cyanobacteria juga memberi dampak negative terhadap keanekaragaman zooplankton (Bockwoldt et al. 2017). Suatu kajian juga melaporkan bahwa pengaruh penyuburan perairan menekan komunitas, kelimpahan dan keanekaragaman fitoplankton. (Bužančić, et al. 2006). Perubahan komposisi komunitas fitoplankton memberikan pengaruh pada tingkat trofik yang lebih tinggi seperti zooplankton dan udang karena perubahan jumlah, kualitas keanekaragaman, kelimpahan fitoplankton merupakan sumber makanan bagi consumer. (Carpenter et al. 1985; Tilman and Kareiva 1997). Fitoplankton sebagai produser primer utama dan menempati zona pelagik dapat mempengaruhi seluruh jaring-jaring makanan pada ekosistem perairan tergenang (Reynolds, 2006). Oleh karena itu kekayaan jenis biota memiliki peran penting dalam mengendalikan proses dan fungsi ekosistem yakni produktivitas dan siklus unsur hara, gangguan serta ketahanan terhadap fluktuasi kondisi lingkungan (Loreau et al. 2001).

Kejadian blooming *Microcystis* seperti di D. Maninjau menunjukkan tidak adanya keseimbangan dan terjadinya gangguan kondisi lingkungan ekosistem danau tersebut. Blooming *Microcystis* di D. Maninjau tidak terjadi sepanjang tahun dan pada periode tertentu kelimpahan *Microcystis* menurun atau menghilang. Keanekaragaman fitoplankton pada saat blooming dan kondisi tidak blooming *Microcystis aeruginosa* serta hubungannya dengan status trofik perairan D. maninjau belum diketahui. Informasi ini sangat penting untuk pengelolaan D. Maninjau yakni dapat digunakan sebagai acuan monitoring

status kualitas perairan dan dalam mengendalikan eutrofikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman fitoplankton dikaitkan dengan status trofik dan kondisi kualitas perairan D. Maninjau.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian

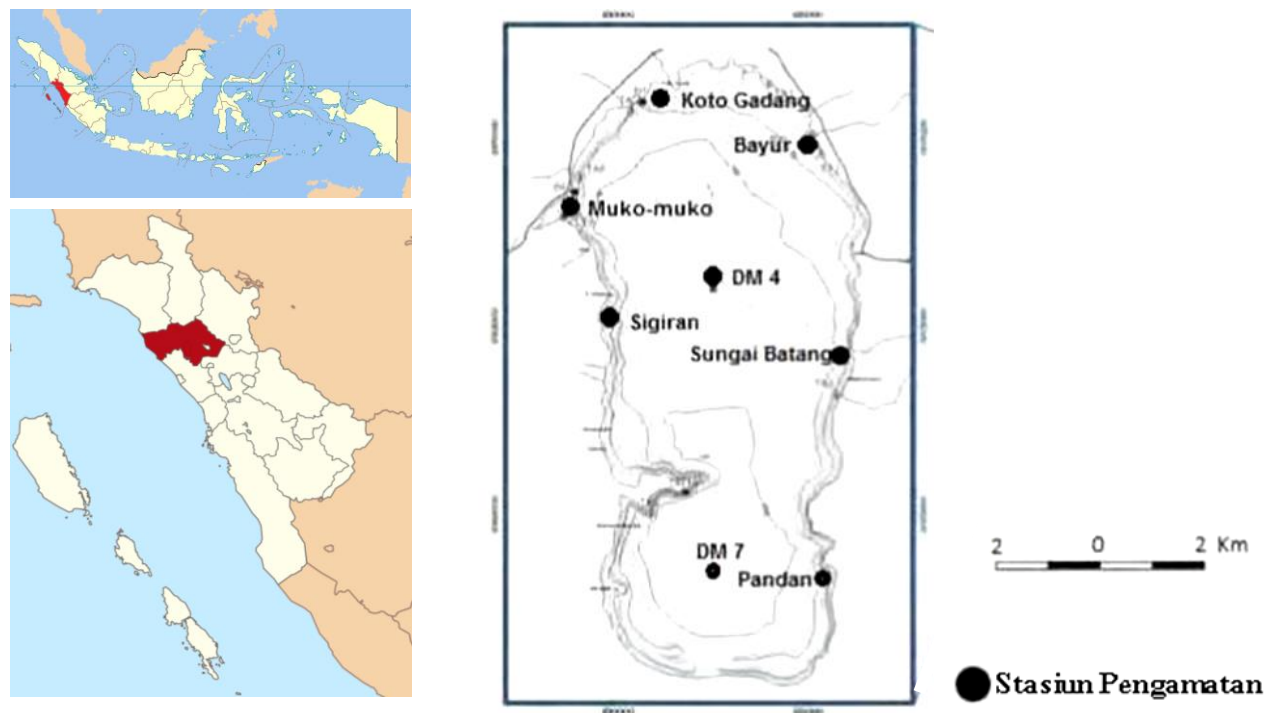
Danau Maninjau merupakan danau tekto-vulkanik di Sumatera Barat, pada posisi geografi antara 100° 08'5384" E sampai 100° 14'02.39" E dan 0° 14' 52.50" S sampai 0° 24' 12.17"S (Gambar 1) dengan ketinggian 462 m di atas permukaan laut dan luas area permukaan 9,737.50 ha, kedalaman rata-rata 105.5 m serta kedalaman maksimum 168 m (Fachrudin et al. 2002). Volume air yang tersimpan di danau sebesar 10.33x x10³ juta m³ dan panjang garis pantai nya 52.7 km (Fachrudin et al. 2010). Terdapat dua puncak musim hujan yakni pada bulan April sampai May dan bulan Oktober sampai bulan November. Curah hujan relative tinggi sepanjang tahun dan musim kemarau tidak terlalu dominan (Apip 2004). Danau Maninjau selain dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik juga dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA).

Pengambilan data

Sampel diambil pada 9 stasiun pada bulan April 2009, Juli 2009, April 2014, Agustus 2015, Maret 2016 dan 6 stasiun pada bulan April 2018 (Gambar1). Sampel fitoplankton diambil pada kedalaman eufotik dengan strata kedalaman 0 m, 0.5 m, pada kedalaman kecerahan Secchi dish dan pada 2 kali kedalaman kecerahan Secchi dish. Pengukuran parameter lingkungan meliputi kecerahan perairan temperature air, konduktivitas, pH dan oksigen terlarut (DO), sedangkan pengambilan sampel air untuk mengukur konsentrasi total fosfor, total nitrogen dan klorofil-a dilakukan pada titik sampling yang sama dengan pengambilan sampel fitoplankton. Deskripsi kondisi fisik masing-masing stasiun penelitian tertera pada Tabel 1.

Pengukuran parameter fisika dan kimia

Temperature air, pH, Oksigen terlarut (DO), konduktivitas diukur menggunakan *water quality checker* (Horiba U-10), sedangkan kecerahan perairan diukur menggunakan Cakram Secchi (Secchi Dish). Sampel klorofil-a diperoleh dengan menyaring air sebanyak 200 sampai 500 mL air melalui kertas GF/F Whatman dan diawet menggunakan larutan MgCO₃ Penentuan konsentrasi klorofil-a merujuk pada (APHA. 1999). Total Nitrogen (TN) diukur dengan metode distruksi persulfat dan metode brucine (APHA1999; APHA. 1975), sedangkan total Fosfor (TP) diukur dengan metode distruksi persulfat dan metode asam ascorbic (APHA. 1999). Seluruh sampel penelitian dianalisis di laboratorium Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Indek status trofik (TSI) digunakan untuk menentukan status trofik perairan yang dihitung menggunakan persamaan dari Carlson dan Simpson (1996):



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Danau Maninjau, Sumatera Barat, Indonesia

Tabel 1. Diskripsi kondisi fisik stasiun penelitian di Danau Maninjau, Sumatera Barat, Indonesia

Nama stasiun	Diskripsi fisik
Bayur	Area yang padat dengan kegiatan budidaya ikan
Tandirih	Area budidaya ikan dan disekitarnya ada pemukiman
Koto Gadang	Sedikit area budidaya ikan dan sekitar area untuk kegiatan pertanian
Muko-Muko	Dekat outlet danau (Batang Antokan), area untuk budi daya ikan.
Sigiran	Area yang padat dengan budi daya ikan, di sekitar danau area pemukiman
Pandan	Area untuk budidaya ikan
Sungai Batang	Area untuk budidaya ikan, disekitar danau untuk pertanian
DM 4	Bagian tengah danau (145 m), tidak ada budi daya ikan
DM 7	Bagian paling dalam di wilayah danau (168 m), tidak ada budi daya ikan.

$TSI (SD) = 60 \ln (SD) + 14.41$;
 $TSI (CHL) = 9.81 \ln (CHL) + 30.6$;
 $TSI (TP) = 14.42 \ln (TP) + 4.15$,
 $TSI = Trophic State Index$ (Indek Status Trofik)
 $SD = Secchi Depth$ (Kedalaman Secchi)
 $CHL = klorofil-a$
 $TP = Total fosfor$

Analisis fitoplankton

Sampel fotoplankton diperoleh dengan menyaring air sebanyak 2 L melalui net plankton (40 μm mata jaring). Samples fitoplankton diawet dengan larutan lugol sebanyak 1%, selanjutnya diidentifikasi jenisnya di laboratorium. Jenis-jenis fitoplankton diidentifikasi menggunakan buku rujukan (Prescott, 1951; Scott dan Prescott, 1961; Baker dan Fabro 1999; Gell et al. 1999) pada under magnifikasi 400 x menggunakan mikroskop inverted. Analisis kuantitatif fitoplankton menggunakan metode *Lackey Drop Micro Transect* (APHA,1992) Hubungan antara parameter

lingkungan dengan fitoplankton dan status trofik perairan dianalisis dengan metode analisis komponen utama (PCA) dan *Pearson's correlations*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kualitas air perairan

Kondisi kualitas air selama pengamatan tertera pada Tabel 2. Kecerahan perairan yang ditentukan berdasarkan kedalaman Secchi Dish rata-rata berkisar antara 0.8-2.96 m Untuk perairan Mesotrofik dan eutrofik kedalaman kerahan (Secchi dish) masing-masing adalah 4-2 m dan 2-1 m (Carlson dan Simpson, 1996). Suhu perairan menunjukkan kondisi umum perairan tropis dan mendukung untuk pertumbuhan fitoplankton (Affan et al. 2016). Kisaran pH menunjukkan perairan lebih bersifat alkali. pH perairan tawar umumnya berkisar antara 6-9 (Goldman dan Horne,

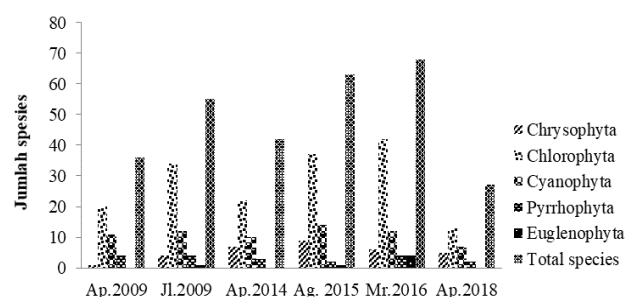
1983). Konduktivitas menunjukkan nilai bervariasi rata-rata berkisar antara 0, 100-0,131. Diperairan sekitar ekuator konduktivitas umumnya kurang dari 600 mS/cm (Payne, 1986). Oksigen terlarut menunjukkan nilai yang bervariasi, nilai tertinggi ditemukan pada bulan April 2018 atau pada saat bloomin *Microcystis* dan nilai yang rendah pada bulan April 2009 serta bulan Agustus 2015. Oksigen terlarut di perairan dapat dipengaruhi oleh proses difusi oksigen dari udara dan proses-proses biologi yakni respirasi dan fotosintesis dari organisme serta fitoplankton. Konsentrasi total nitrogen menunjukkan nilai yang bervariasi rata-rata berkisar antara 0,418-1,486 mg/L.

sedangkan konsentrasi total fosfor rata-rata berkisar antara 0, 021-0,298 mg/L untuk perairan mesotrofik dan eutrofik konsentrasi total fosfor berkisar masing-masing antara 0,012-0,024 mg/L dan 0,24-0, 96 mg/L, sedangkan untuk perairan hipertrofik berkisar antara 0,96-> 0,192 mg/L. Rasio TN:TP pada umumnya > 12 menunjukkan fosfor menjadi faktor pembatas fitoplankton. Rasio TN:TP < 12 ditemukan pada bulan April 2018 mengindikasikan Nitrogen menjadi faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton (Jorgensen, 1980). Klorofil-a rata-rata berkisar antara 2,042-35,51 µg/L. konsentrasi klorofil-a tinggi yang mengindikasikan kondisi blooming fitoplankton dijumpai ditemukan pada bulan April, 2018. Nebaues (1984) menyebutkan kondisi blooming didefinisikan dengan konsentrasi klorofil-a > 20 mg/m³ (>20 µg/L)

Keanekaragaman dan Kelimpahan fitoplankton

Di Danau Maninjau di temukan 121 jenis fitoplankton, kekayaan jenis paling tinggi adalah dari phylum Chlorophyta (74), selanjutnya Cyanophyta (23), Pyrrophyta (7) dan Euglenophyta (4). Jumlah jenis yang tinggi dijumpai pada bulan Maret 2016 dan Agustus 2015 (Gambar 2), sedangkan jumlah jenis yang paling rendah adalah pada bulan April 2018 (27). Jumlah jenis yang

tinggi selama pengamatan adalah dari jenis dari phylum Chlorophyta kecuali pada April, 2018 tidak ditemukan jenis-jenis dari alga hijau (Chlorophyta). *Synedra ulna* merupakan jenis dari kelompok diatom yang melimpah dan ditemukan selama pengamatan (Tabel 2). Jenis-jenis dari Famili Desmidiaceae (kelompok desmid) seperti dari genus *Cosmarium* dan *Staurostrum* memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi kecuali di bulan April 2018, jenis-jenis dari kelompok desmid tidak ditemukan. Jenis dari phylum alga biru hijau (Cyanophyta yang selalu ditemukan di D. Maninjau adalah *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis* dan *Cylindrospermopsis raciborskii* (Tabel 2). Jenis-jenis dari Pyrrophyta dan Euglenophyta tidak banyak ditemukan. Selain *Synedra ulna* kelimpahan jenis yang tinggi adalah jenis-jenis dari kelompok alga biru hijau (Cyanophyta) dan kelimpahan tertinggi ditemukan pada April 2018 (4180,932 x 10³ individu/L). Walaupun alga hijau (Chlorophyta) menunjukkan jumlah jenis yang tinggi, namun kelimpahan yang tinggi dijumpai pada jenis-jenis alga biru hijau (Cyanophyta) (Tabel 3).



Gambar 2. Jumlah jenis fitoplankton di Danau Maninjau, Sumatera Barat

Tabel 2. Kondisi kualitas air Danau Maninjau, Sumatera Barat

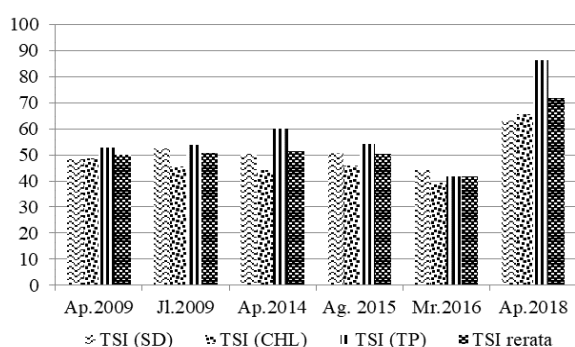
Parameter		Pengamatan					
		Apr 2009	Jul 2009	Apr 2014	Ags 2015	Mar 2016	Apr 2018
Kedalaman Secchi (m)	Rerata	2,1	1,87	1,95	1,93	2,96	0,8
	Kisaran	1,8-2,36	1,72-2,02	1,75-2,15	1,7-2,2	2,5-3,75	0,3-1,25
Temperatur (°C)	Rerata	28,6	29,30	29,0	29,40	30,79	28,58
	Kisaran	28,1-29,3	27,4-31,4	29-31,3	28,5-30,5	29,72-32,23	27,8-29,1
pH	Rata	8,44	8,64	8,3	8,22	8,71	7,75
	Kisaran	8,3-8,7	8,0-9,1	7,79-8,79	7,07-8,85	8,34-9,09	7,73-7,92
Konduktivitas (mS/cm)	Rerata	0,113	0,100	0,131	0,130	0,105	0,130
	Kisaran	0,113-0,114	0,094-0,129	0,127-0,135	0,128-0,133	0,103-0,108	0,124-0,34
DO (mg/L)	Rerata	2,88	6,00	8,10	4,32	7,79	8,71
	Kisaran	2,3-2,4	4,4-7,1	7,26-9,03	2,34-6,12	6,93-8,29	6,4-10,87
TN (mg/L)	Rerata	1,486	0,637	0,882	0,790	0,418	1,117
	Kisaran	0,736-2,099	0,450-0,849	0,582-1,299	0,397-1,765	0,200-0,802	0,348-1,614
TP (mg/L)	Rerata	0,039	0,015	0,054	0,022	0,021	0,298
	Kisaran	0,026-0,052	0,028-0,065	0,030-0,069	0,01-0,069	0,008-0,044	0,139-0,803
TN/TP	Rerata	39,68	14,33	17,93	35,5	20,6	4,7
	Kisran	27,36-56,69	8,04-3,66	9,02-22-76	10,81-96,34	10,86-47,84	1,614-8,28
Klorofil-a (µg/L)	Rerata	5,9858	4,135	3,237	4,813	2,404	35,31
	Kisaran	3,412-9,533	1,241-9,233	2,023-4,491	0,66-7,52,	0,705-7,929	10,83-97,48

Keterangan; Ap=April; Ag= Agustus; Jl= Juli; Mr= Maret.

Tabel 3. Jenis-jenis fitoplankton di Danau Maninjau, Sumatera Barat

Species	Waktu pengamatan						Spesies	Waktu pengamatan					
	Apr 2009	Jul 2009	Apr 2014	Ags 2015	Mar 2016	Apr 2018		Apr 2009	Jul 2009	Apr 2014	Ags 2015	Mar 2016	Apr 2018
Chrysophyta							Chlorophyta						
<i>Cymbella</i> sp.		*	*	*		*	<i>Staurostrum crenulatum</i>				*		
<i>F. construens</i>		**		*	*		<i>St. marginatum</i>			*			
<i>Fragilaria</i> sp.					*	****	<i>St. disentum</i>			**			
<i>Diatoma elongata</i>				*			<i>St. dentatum</i>				*	*	
<i>Eunotia</i> sp.			*				<i>St. xanthium</i>			*	*		
<i>Navicula</i> spp.		**		*	*	****	<i>St. trissacantum</i>			*			
<i>Nitzschia</i> sp.			*			****	<i>St. vaasii</i>	****	****				
<i>Melosira</i> sp.			*	*			<i>St. pseudopachyrhynchum</i>	**	****				
<i>Gomphonema gracile</i>			*				<i>St. playfairi</i>			**	**	*	
<i>Synedra ulna</i>	*****	*****	*****	*****	**	****	<i>St. ophicura</i>		****				
<i>Surirella</i> sp.				*			<i>St. zonatum</i>	*	**				
<i>Centritractus</i> sp.				*	*		<i>St. gutwinski</i>				**		
<i>Mollanantus</i> sp.			*****	*****	*****		<i>St. megacanthum</i>	*					
Chlorophyta							<i>St. tohopelagiensis</i>	*					
<i>Ankistrodesus falcatus</i>		*					<i>Staurostrum</i> sp.					*	
<i>Coelastrum</i> sp.	**	*	*	*	*		<i>Sphaerocystis</i> sp.				*	*	
<i>C. sphaericum</i>	**					*	<i>Spirogyra</i> sp.				*		
<i>C. microphorum</i>						*	<i>Tetradron minimum</i>	*	****	*	*	*	
<i>C. combricum</i>							<i>Tetradron</i> sp.				*		
<i>Crucigenis</i> sp.						*	<i>Tetrademus</i> sp.				*		
<i>Crucigenia apiculata</i>		*					<i>Xanthidium hastiferum</i>				*		
<i>Crucigenia arcuatus</i>			*	*	*		<i>Xanthidium</i> sp.				*		
<i>Crucigenia quadrata</i>	**	***			*		<i>Ulotrix aequatis</i>		*				
<i>Crucigenia truncata</i>	**	***	*	*	*		<i>Ulotrix subconstricta</i>		*				
<i>Closterium</i> sp.		*					<i>Zygnema</i> sp.		*				
<i>Cosmarium contractum</i>		***	****	**	*		Cyanophyta						
<i>Cosmarium identatum</i>	**	***	***	**	*		<i>Aphanocapsa indophytica</i>			*			
<i>Cosmarium monoliforme</i>		*					<i>Anabaenopsis</i> sp.		***				
<i>Cosmarium punctulatum</i>	*						<i>Anabaena affinis</i>	*****	*****	*	*	*	*****
<i>Cosmarium spinuliferum</i>		**	***	***	*		<i>Anabaena bergii</i>	****	****				
<i>Cosmarium perisum</i>				****	*		<i>Anabaena circinalis</i>			**			
<i>Cosmarium blythii</i>				****	*		<i>Anabaena inaequalis</i>				*		
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	*	**		*	*	*	<i>Aphanizomenon</i> sp.	*****	*****		*	*	
<i>Kirchneriella</i> sp.		*					<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	*****	*****	*****	*****	*	*****
<i>Nephrocitium obesum</i>		*					<i>Chroococcus pallidus</i>	**	****		*		
<i>Meugeotia</i> sp.						*	<i>Chroococcus</i> sp.			*	***	*****	
<i>Oocystis</i> sp.			*	*	*	*	<i>Coelosphaerium</i> sp.				*	*	
<i>Oocystis gigas</i>	****	*		*	*		<i>Gomphosphaeria</i> sp.	***	***				
<i>Oocystis parva</i>	****	*		*	*		<i>Gleotrichia echinulata</i>				*		
<i>Oocystis elliptica</i>	**	*		*	*		<i>Gleotrichia</i> sp.				*	*	
<i>Oocystis crassa</i>		*		*	*		<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	**	***				
<i>Oocystis solitaria</i>				*	*		<i>Hapalosiphon</i> sp.						*
<i>Oocystis Burgei</i>				*	*		<i>Lyngbia limnetica</i>				***		
<i>Oocystis emeroaphaeria</i>					*		<i>Microcystis aeruginosa</i>	**	****	*	*	*	*****
<i>Oocystis Pusilus</i>					*		<i>Merismopedia</i> sp.				*	*	*
<i>Oocystis sub marina</i>					*		<i>Oscillatoria tenuis</i>				*		
<i>Pandorina</i> sp.					*		<i>Oscillatoria</i> sp.	*	***	*	*	*	
<i>Pediastrum</i> sp.		*				*	<i>Planktotrix</i> sp.	**	*		***		
<i>P. duplex</i>		*					<i>Planktolynbia</i>			*****			*
<i>P. simplex</i>					*		<i>Pseudoanabaena</i> sp.	***	**	**	**	*	*
<i>P. duplex var reticulatus</i>							Pyrrophyta						
<i>Quadrigula</i> sp.			*		*	***	<i>Ceratium hirudinella</i>				****		
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	****	***	*	*	*	*	<i>Peridinium</i> sp.	***	****				***
<i>S. bijuga</i>	****	***				*	<i>P. cinctum</i>	**	*			*	***
<i>S. quadricauda</i>	***	**	**	*	*		<i>P. pusilus</i>			*			
<i>S. longus</i>		***			*		<i>Glenodinium quadriden</i>	**	***	**	**	**	
<i>S. Bernadii</i>					*	*	<i>G. Penadiforme</i>	***	*			**	
<i>S. abundans</i>					*		<i>Glnodineum</i> sp.			*		*	
<i>S. incrassatus</i>					*		Euglenophyta						
<i>Scenedesmus</i> sp.	**	***	*	*	*	*	<i>Haemocystis</i>					**	
<i>Staurostrum anatinoides</i>					*		<i>Phacus caudalis</i>					*	
<i>St. arachne</i>			**	**	*		<i>Phacus</i> sp.		***		*	*	
<i>St. identatum</i>			**	**	*		<i>Trachelomonas</i> sp.					**	

Keterangan: * = < 100; ** = 100-500; *** = 500-1000; **** = 1000-10.000; ***** = > 10.000; * = > 100.000 individu/L.



Gambar 3. Status trofik perairan Danau Maninjau

Status trofik perairan

Status trofik yang dihitung berdasarkan skor indeks status trofik (TSI) dan dirujuk dari persamaan Carlson Dan Simpson (1996) kondisi nya bervariasi. Status Mesotrofik ditemukan pada bulan dan Maret 2016, status meso-eutrofik ditemukan bulan April 2009 dan Agustus 2015, status eutrofik pada bulan April 2014 dan status hipertrofik pada bulan April 2018. TSI (SD) berkisar 44,27-60,22, TSI klorofil berkisar antara 39,2-60,7 dan TSI (TP) berkisar antara 41,8-71,7 (Gambar 3).

Keterkaitan keanekaragaman fitoplankton dengan status trofik.

Hasil analisis komponen utama (PCA) antara variable jumlah species fitoplankton, kondisi lingkungan dan status trofik perairan menunjukkan ada lima komponen (Tabel 6).

Komponen pertama terdiri dari indeks status trofik, total jenis fitoplankton dan total jenis dari masing-masing phylum, serta parameter lingkungan yakni kecerahan, temperature, konduktivitas, pH, total fosfor, total nitrogen, rasio (TN:TP) dan konsentrasi klorofil-a. Komponen kedua terdiri total jenis, phytoplankton, total jenis dari phylum Chrysophyta, Chlorophyta, Euglenophyta dan parameter lingkungan temperatur, total fosfor, klorofil-a, Oksigen, terlarut dan total nitrogen serta rasio TN:TP. Komponen ketiga adalah total species, total species dari Cyanophyta dan pyrrhophyta dengan faktor lingkungan klorofil-a, oksigen terlarut dan rasio TN:TP. Komponen ke 4 total species dari Cyanophyta, Pyrrhophyta, Euglenophyta dan pH, Total nitrogen dan rasio TN:TP dan komponen terdiri dari pH dan konduktivitas. Pada komponen 1 menunjukkan adanya hubungan yang kuat dan positif yakni antara total fosfor total nitrogen dan klorofil-a dengan indeks status trofik yang tinggi, dan hubungan negative dengan keserahan secchi dish, total species fitoplankton dan total species dari total jenis masing-masing phylum. Kondisi ini menunjukkan peningkatan unsur TN dan TP berpengaruh terhadap peningkatan klorofil-a dan kesuburan perairan, namun menyebabkan penurunan jumlah jenis keanekaragaman fitoplankton dan kecerahan perairan. Komponen kedua menunjukkan total nitrogen memiliki hubungan positif jumlah jenis atau keanekaragaman Chrysophyta, selanjutnya dengan Oksigen terlarut (DO). Pada Komponen 3 Cyanophyta dan Pyrrhophyta memiliki hubungan negative dengan oksigen terlarut dan pada komponen 4 Euglenophyta memiliki hubungan positif dengan rasio TN dan TP.

Tabel 3. Kelimpahan fitoplankton di Danau Maninjau, Sumatera Barat

Taxa	Kelimpahan (x 10 ³ individu/L)					
	Ap.2009	Jl.2009	Ap.2014	Ag.2015	Mr.2016	Ap.2018
Chrysophyta	70	58,802	29,06	13,076	6,182	175,343
Chlorophyta	35,253	52,659	9,01	5,733	0,357	16,045
Cyanophyta	111,59	130,403	52,57	7,902	65,499	4180,932
Pyrrhophyta	1,765	10,909	0,065	5,234	0,529	3,549
Euglenophyta				0,037	0,429	

Tabel 5. Status trofik berdasarkan skor TSI, menurut Carlson dan Simpson (1996)

TSI	Klorofil-a (µg.L ⁻¹)	T-P (µg.L ⁻¹)	Status trofik (m)	Karakteristik status trofik perairan danau
< 30	<0.95	< 6	>8	Ultraoligotrofik
30-40	0.95-2.6	6-12	8-4	Oligotrofik
40-50	2.6-7.3	12-24	4-2	Mesotrofik
50-60	7.3-20	24-48	2-1	Eutrofik (kemungkinan adanya lapisan anoksik hypolimnion)
60-70	20-56	28-96	1-0.5	Eutrophic (terjadi dominansi alga biru hiau, membentuk <i>algae scums</i> , problem tumbuhan air)
70>80	56 > 155	96 > 192	0.5 < 0.25	Hipereutrofik

Tabel 6. Komponen matrik dari jumlah jenis fitoplankton, indek status trofik dan kondisi lingkungan perairan

	Component Matrix ^a				
	1	2	3	4	5
TSI average	0.975				
TSI total phosphorus	0.951				
TSI Secchi depth	0.946				
Secchi depth	-0.941				
TSI chlorophyll-a	0.832			0.334	
Temperature	-0.805	0.42			
Total phosphorus	0.803	0.495			
Total species	-0.8	0.403	0.35		
Chlorophyta	-0.755	0.362			
Chlorophyll-a	0.739	0.479	0.31		
pH	-0.542			0.431	-0.487
Chrysophyta	-0.356	0.749			
Total nitrogen	0.563	-0.554		0.347	
Dissolved oxygen		0.563	-0.67		
Cyanophyta	-0.505		0.6	-0.474	
Pirrhophyta			-0.555	-0.329	
Euglenophyta	-0.546	0.349		0.619	
TN:TP	-0.439	-0.469	0.491	0.507	
Conductivity	0.4				0.793

Keterangan: Extraction method: Principal Component Analysis; a. 5 component extracted

Pembahasan

Kecerahan perairan terendah (0.8) m pada bulan April 2018 sejalan dengan tingginya kelimpahan foplankton. Seperti dilaporkan faktor penting yang mempengaruhi kecerahan perairan selain masukan material tersuspensi dari luar sistem perairan dan tutupan awan adalah produksi fitoplankton dan detritus (Hakanson dan Boulon 2003; Hutchinson, 1957), Suhu perairan menunjukkan kondisi optimum untuk pertumbuhan fitoplankton.. Contohnya temperatur optimum untuk pertumbuhan *Microcystis aeruginosa* adalah mendekati 30°C (You et al. 2017). Selanjutnya blooming *Microcystis* yang terus menerus di perairan danau, wilayah Banglades, selain dipengaruhi tingginya unsur hara juga ditentukan oleh suhu perairan dengan kisaran 28-30°C. (Affan et al. 2016).

pH yang lebih rendah (7.75) dijumpai di bulan April 2018. Bisa terjadi karena pembusukan sel-sel *Microcystis* ketika blooming. Rendahnya DO pada bulan April 2009 dan Agustus 2015 bisa dipengaruhi oleh produksi oksigen dari proses fotosintesis yang rendah karena rendahnya intensitas radiasi matahari. Disamping itu percampuran kolom air miskin oksigen (unoksik) ke permukaan perairan bisa menyebabkan proses oksidasi ammonia (NH₄) menjadi (NO₃) menurunkan ketersediaan oksigen (Santoso 2018). Hasil kajian melaporkan pada periode tertentu percampuran air dan tidak terjadi stratifikasi suhu bisa mencapai kedalaman 50 m, (Santoso et al. 2018) sedangkan kolom air miskin oksigen (unoksik) dijumpai pada kedalaman 20 sampai 15 m (Sulastri et al. 2015) maka percampuran kolom anoksik ke permukaan perairan bisa mempengaruhi konsentrasi DO zona efotik.

Variasi konsentrasi TN dan TP berhubungan dengan meningkatnya masukan unsur hara dari aktivitas antropogenik seperti kegiatan budidaya dalam KJA, pemanfaatan oleh fitoplankton dan terbawa aliran air keluar

dari danau ketika tinggi muka air danau meningkat seperti waktu musim hujan. Telah disebutkan sebelumnya bahwa limbah kegiatan budidaya ikan dalam KJA menambah masukan unsur hara fosfor dan nitrogen dan fosfor diperairan, dan fosfor menjadi faktor utama terjadinya blooming *Microcystis* di D. Maninjau (Nomosatryo dan Lukman 2011; Sulastri et al. 2018). Kejadian blooming fitoplankton diikuti fase kematian fitoplankton karena penurunan unsur hara fosfor akibat dimanfaatkan untuk pertumbuhan ketika blooming (Pearl et al. 2012).

Konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada bulan April 2018, sejalan dengan tingginya kelimpahan fitoplankton (Tabel 3). Namun pada April dan Juli, 2009, April, 2014, Agustus, 2015 serta Maret 2016, nampaknya nilai konsentrasi klorofil-a tidak selalu diikuti dengan kelimpahan fitoplankton. Pada pengamatan ini kelimpahan fitoplankton yang tinggi didominasi oleh jenis-jenis dari phylum Cyanophyta (Cyanobacteria) Reynolds (1984) melaporkan adanya perbedaan konsentrasi klorofil-a ditinjau kelompok taksonomi fitoplankton. Kohl and Nicklisch (1988) menyatakan bahwa kandungan klorofil di alga hijau Chlorophyta lebih tinggi dari pada alga biru hijau (Cyanobacteria).

Pada pengamatan ini kelimpahan, fitoplankton umumnya di dominasi oleh jenis jenis dari phylum Cyanophyta atau Cyanobacteria (Tabel 2). Baik pada kondisi status hipertrofik maupun meotrofik atau eutrofik., tingginya kelimpahan Cyanobacteria karena cyanobacteira mampu beradaptasi kondisi lingkungan seperti *Cylindrospermopsis toleransi* terhadap kekurangan unsur hara dan intensitas cahaya (Reynold et al. 2002), Cyanobacteria juga mampu beradaptasi pada kondisi pH yang tinggi (Harris, 1986). Disamping itu Cyanobacteria tidak mudah dimanfaatkan oleh zooplankton karena adanya *mucilage* dan memiliki sifat toksik (Ger et al. 2016).

Jumlah jenis fitoplankton yang paling rendah dijumpai pada bulan April 2018 yang menunjukkan kondisi blooming atau dengan status hipereutrofik. Sebaliknya jumlah jenis yang tinggi dijumpai pada bulan Maret 2016 atau pada kondisi status mesotrofik. Penurunan keanekaragaman fitoplankton bisa terjadi karena kompetisi secara eksklusif antara species, namun pada status trofik yang semakin tinggi, banyak terjadi penurunan keanekaragaman fitoplankton disebabkan oleh stress (Spatharis et al. 2007). Pada kondisi blooming cyanobacteria (*Microcystis*), jenis-jenis dari phylum chlorophyta sangat sedikit dijumpai, kondisi ini bukan karena kompetisi antara species namun tidak mampu untuk tumbuh pada kondisi pada kondisi hipereutrofik. Jenis-jenis alga hijau (Chlorophyta) dapat tumbuh kembali setelah tidak terjadi blooming atau alga *Microcystis* mati. Seperti di D. Maninjau pada status mesotrofik banyak ditemukan jenis dari phylum Chlorophyta, khususnya jenis dari famili Desmidiaceae (jenis dari *Cosmarium* dan *Staurastrum*), Oocystaceae (dari jenis *Oocystis*) dan Scenedesmuaceae (jenis dari *Scenedesmus*). Hasil analisis komponen utama (PCA) juga menunjukkan semakin tinggi status trofik semakin menurun jumlah jenis fitoplankton.

KESIMPULAN

Di Danau Maninjau di temukan 121 jenis fitoplankton terdiri dari phylum Chlorophyta (74 jenis), Cyanophyta (23 jenis), Pyrrophyta (7 jenis) dan Euglenophyta (4 jenis). Status trofik perairan bervariasi secara temporal mulai status mesotrofik, meso-eutrofik, eutrofik dan hipereutrofik. Status hiper-eutrofik dicirikan oleh rendahnya jumlah jenis fitoplankton, dan kecerahan perairan serta tingginya kelimpahan *Microcystia aeruginosa* dan unsur hara TN dan TP. Status mesotrofik dicirikan oleh tingginya jumlah jenis fitoplankton khususnya jenis-jenis dari Chlorophyta dan rendahnya konsentrasi unsur hara serta lehih tingginya kecerahan perairan. Semakin tinggi status trofik jumlah jenis atau keanekaragaman fitoplankton semakin berkurang. Dari hasil penelitian ini dapat disarankan bahwa karakteristik status mesotrofik yang mencakup keanekaragaman jenis fitoplankton, kecerahan konsentrasi unsur hara dan klorofil-a dapat dijadikan acuan dalam monitoring dan pengendalian eutrofikasi di D. Maninjau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh pemerintah Indonesia melalui kegiatan DIPA-APBN dan Riset Prioritas Nasional yang dikoordinasikan oleh Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Kami memberikan penghargaan kepada Pusat Penelitian Limnologi-LIPI dan berterimakasih kepada Ibu Rosidah dan tim penelitian atas bantuannya pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th ed. American Public Health Association, Washington D.C.
- APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of the Water and Waste Water. 17th Edition. APA-AWWA-WPCF, Washington D.C.
- APHA. 1999. Standard Methods for the Examination of the Water and Waste Water. 20th ed. American Public Health Association, Washington DC.
- Affan, MA., El-Sayed Touliabah H, Al-Harbi SM, Abdulwassii NI, Turki Aj, Haque MM, Khan S, Elbassat RA. 2016. Influence of environmental parameters on toxic cyanobacterial bloom occurrence in a Lake of Bangladesh. *Rend Fis Acc Lincei* 27: 473-481
- Apip. 2004. Dampak Penyimpangan Iklim global (El Nino) Terhadap Kondisi Hidroklimatologi Danau Maninjau. *Warta Limnologi* 28 (37): 7-10.
- Baker PD, Fabro LD. 1999. A Guide to identification of common blue green algae (Cyanoprokaryotes) in Australia. Cooperative R.C. for Freshwater Ecology, Identification Guide, No. 25. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Canberra.
- Bockwoldt KA., Nodine ER, Mihuc TB, Shambaugh AD, Stockwell JD. 2017. Reduced Phytoplankton and Zooplankton Diversity Associated with Increased Cyanobacteria in Lake Champlain, USA, *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 160: 100-118
- Bužančić M, Gladan ZN, Marasović I, Kušpilić G, Grbec B. 2006. Eutrophication influence on phytoplankton community composition in three bays on the eastern Adriatic coast. *Oceanologia* 58: 302–316
- Carpenter SR., Kitchel JF, Hodgson JR. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity, *BioScience* 35: 634-639
- Carlson RE, Simpson J. 1996. A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. North American Lake Management Society, Madison, WI.
- Chalar, G. 2009. The use of phytoplankton patterns of diversity for algal bloom management. *Limnologica* 39 :200
- Fachrudin, M., Wibowo H, Sebehi L, Ridwansyah I. 2002. Karakterisasi Hidrologi Danau Maninjau, Sumatra Barat. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi*, Bogor, 22 April 2002. Puslit Limnologi-LIPI, Bogor.
- Kohl JG, Nicklisch A. 1988. Ökophysiologie der Algen Wachstum und Ressourcennutzung. Akademie Verlag, Berlin.
- Fachrudin M, Wibowo H, Ridwansyah I, Agita Rustini H, Daruati D, Hamid A. 2010. Kajian Hidroklimatologi sebagai Dasar Peringatan Dini Bencana Kematian Massal Ikan di Danau Maninjau, Sumbar. *Laporan Akhir. Program Intensif Peneliti dan Perekayasa. Pusat penelitian Limnologi*, Bogor.
- Goldman CR, Horne AJ. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill, Book Company. New York.
- Ger KA., Urrutia-Cordero P, Frost PC, Hansson LA, Sarnelle O, Wilson AE, Lüring M. 2016. The interaction between cyanobacteria and zooplankton in a more eutrophic world. *Harmful Algae* 54: 128-132.
- Gell P.A, Soneman JA, Reid MA., Illman MA, Sincok AJ. 1999. An Illustrated Key to Common Diatom Genera from Southern Australia. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology Australia. Hachinson GE 1957. *Treatise on Limnology*. Vol 1. Wiley and Sons. Inc., New York.
- Harris GP. 1986. *Phytoplankton Ecology. Structure, Function and Fluctuation*. Chapman and Hall, London.
- Henny C, Nomosatryo S. 2016. Changes in water quality and trophic status associated with cage aquaculture in Lake Maninjau, Indonesia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ Sci* 31 (2016) 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/31/1/012027.
- Jorgensen SE. 1980. *Lake Manjement*, Pergamon Press Ltd, Oxford, UK.
- Kasprzak P, Padisać J, Koschel R, Lothar Krienitz L, Gervais F. 2008. Chlorophyll-*a* concentration across a trophic gradient of lakes: An estimator of phytoplankton biomass? *Limnologica* 38: 327-338.
- Loreau, M S. Naeem P, Inchausti J, Bengtsson JP, Grime A, Hector DU, Hooper MA, Huston D, Fafaeli B, Schmid, Tilman D. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- Junaidi, Syandri H, Azrita. 2011. Loading and Distribution of Organic Materials in Maninjau Lake West Sumatra Province-Indonesia. *J Aquacult Res Dev* 5: 7. DOI: 10.4172/2155-9546.1000278.

- Nebaeus M. 1984. Alga water-bloom under ice-cover. Verh Internat Verein Limnol 22: 719-724
- Nomosatriyo S, Lukman. 2011. Ketersediaan Hara Nitrogen (N) dan Fosfor (P) di Perairan Danau Toba. Limnotek. Perairan Darat Tropis di Indonesia. 18 (2):127-137.
- Prescott GW. 1951. Algae of the Western Great Lakes Area. Crandbrook Institute of Science Bulletin. No. 31.
- Payne AL. 1986. The ecology of tropical lake and rivers. John Wiley & Sons. New York.
- Reynolds CS. 1984. The ecology of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press. London.
- Reynolds 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research 24: 417-428.
- Reynolds CS.. 2006. Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge.
- Pearl HW, Timothy G. Otten TG. 2012. Harmful Cyanobacteria bloom: Causes, Consequences and Controls. Microb Ecol
- Santoso AB.,Triwisesa E, Fachrudin M, Harsono E, Rustini HA. 2018. What do we know about Indonesian tropical lakes? Insights from high frequency measurement IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 118: 012024. DOI:10.1088/1755-1315/118/1/012024
- Syandri, H. 2002. Dampak Karamba Jaring Apung terhadap Kualitas Air Danau Maninjau. Dipresentasi-kan dalam diskusi Panel Pers Club (PPC), Padang 22 November 2000.
- Spatharis S, Danielidis DB, Tsirtsis G. 2007. Recurrent *Pseudonitzschia calliantha* (Bacillariophyceae) and *Alexandrium insuetum* (Dinophyceae) winter blooms induced by agricultural runoff. Harmful Algae 6 (6): 811-822.
- Scott AM, Prescott GW. 1961. Indonesian Desmid. Hydrobiologia, Vol. XVII.
- Sulastri,Sulawesty F, Nomosatriyo S. 2015. Long Term Monitoring of Water Quality and Phytoplankton Changes in Lake Maninjau, West Sumatra. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 41 (3): 339-353
- Sulastri, Henny C, Santosao AB. 2018 Cyanobacterial Bloom in Lake Maninjau, Indonesia. Disampaikan dalam International Conference on Ecology And Biodiversity A Cross Space and Time (ICEBAT) Tanggal 15-16 Agustus di Penang, Malaysia
- Tanjung LR. 2013. Kondisi terkini kualitas air dan tingkat kesuburan Danau Maninjau. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia 39 (1): 30-38.
- Tilman D, Kareiva PM. 1997. Spatial Ecology: The Role of Space in Population Dynamics and Interspecific Interactions. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- You J, Mallery K, Hong J, Hondzo M..2018. Temperature effects on growth and buoyancy of *Microcystis aeruginosa*. J. Plankton Res. 40 (1):16-28