

KAJIAN BAKTERIOLOGI DI DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT
Profil Bakteri Heterotrofik, Ammonifikasi, Nitrifikasi, Denitrifikasi
dan Bakteri Pereduksi Sulfat Pada Sedimen dan Kolom Air Danau

Oleh:

Muhammad Badjoeri, Sulung Nomo Satryo dan Sugiharti
Pusat Penelitian Limnologi -LIPI

PENDAHULUAN

Danau Maninjau adalah salah satu danau kaldera yang terdapat di Sumatera Barat yang memiliki luas sekitar 9.975,5 ha, panjang maximum 16,6 km dan lebar maximum 8 km dan kedalaman maksimum 157 m. (Pusat studi lingkungan U.I, 1978 dalam Sulastri, 2001). Danau ini telah banyak memberi manfaat bagi kesejahteraan pemerintah setempat atau masyarakat disekitar danau, seperti pemanfaatan air danau untuk pembangkit tenaga listrik (PLTA), pariwisata alam dan budidaya ikan dalam karamba.

Menurut Looij dan Wijgergangs (1992 dalam Sulawesty, 2001) pada tahun 1992 kondisi kualitas air danau Maninjau masih cukup baik, airnya terlihat jernih dengan kecerahan secchi 10,7 m. Namun dalam kurun waktu satu dasa warsa danau Maninjau menunjukkan terjadi penurunan kualitas air karena terjadinya eutrofikasi danau. Seperti yang dilaporkan Sulastri (2001) di danau Maninjau telah terjadi blooming *blue green algae* (*Micocystis*), sehingga air danau Maninjau berwarna kehijauan dan berbau tidak sedap.

Fenomena *tubo belerang* akibat dari pembalikan massa air dari kolom bagian bawah air yang kondisinya anaerobik dan mengandung gas-gas beracun, perbaikan kondisi hidrologis akibat pembuatan bendung air untuk PLTA di batang Atokan (outlet danau), meningkatnya aktivitas budidaya ikan dalam karamba dan aktivitas disekitar danau yang menghasilkan limbah domestik, seperti pasar, pertokoan, hotel, cafe, rumah makan. Semuanya itu merupakan faktor-faktor yang menyebabkan bertambahnya beban bahan organik ke perairan danau, terganggunya keseimbangan ekologi perairan, proses purifikasi alami dan pada akhirnya mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air danau Maninjau.

Bakteri didalam sistem perairan danau merupakan mikroorganisme yang berperan aktif dalam perombakan dan proses siklus biogeokimia di perairan, seperti siklus karbon, siklus nitrogen, siklus sulfur dan siklus nutrien lainnya. Bakteri heterotrofik dalam ekosistem perairan berhubungan erat dengan proses dekomposisi (penguraian) bahan-bahan organik dan siklus karbon. Karena itu perairan yang kandungan bahan organiknya tinggi biasanya diikuti pula dengan melimpahnya populasi bakteri heterotrofik. Pada danau atau perairan yang

dimanfaatkan untuk usaha budidaya perikanan (karamba jaring apung) sering terjadi penumpukan sisa pakan ikan yang akan dimanfaatkan oleh bakteri heterotrofik untuk mendapatkan energi dan pertumbuhannya.

- Siklus karbon di perairan jika tersedia oksigen terlarut akan terus berjalan dan laju proses ini akan berjalan cepat jika ketersedian oksigen memadai (kondisi aerobik) dan sebaliknya jika oksigen tidak tersedia (kondisi anaerobik) maka proses ini akan berjalan lambat. Pada kondisi anaerobik bakteri akan melakukan proses respirasi anerobik dan proses penguraian berjalan secara respirasi intra molekul (fermentasi) (Rheinheimer, 1983).

Proses dekomposisi protein oleh mikroorganisme berperan penting dalam proses mineralisasi bahan organik diperairan. Kelompok bakteri pengurai senyawa nitrogen organik (protein atau makhluk hidup) akan melepaskan amonia diperairan secara terus menerus. Proses ini dikenal dengan sebutan ammonifikasi. Proses ini sangat penting dalam siklus nitrogen diperairan, melalui proses ini amonia jadi tersedia diperairan untuk keperluan makluk hidup lainnya diperairan. Sebagian kelompok mikroorganisme lainnya ada pula yang mampu memfiksasi nitrogen bebas secara langsung dari udara dan digunakan untuk kebutuhan nitrogen makhluk hidup diperairan (Rodina, 1972 dan Rheinheimer, 1983).

Kandungan amonia diperairan selain melalui proses ammonifikasi (penguraian nitrogen organik) juga dihasilkan dari ekskresi biota air. Tetapi ada beberapa spesies bakteri seperti *Escherichia coli* dan *Bacillus sp.* mampu melepaskan amonia bukan melalui proses ammonifikasi bahan organik tapi melalui proses ammonifikasi nitrat.

Proses nitrifikasi dibagi atas dua fase yaitu nitritasi dan nitratas. Proses nitrifikasi berlangsung optimal pada kondisi aerobik sehingga memerlukan suplai oksigen yang cukup yaitu antara 0,5–0,7 mg/L dan minimal 0,3–0,4 mg/L bakteri nitrifikasi masih mampu menjalankan aktivitasnya dan nitrifikasi akan terhenti apabila kandungan oksigen terlarut sampai 0,2 mg/L (Rheinheimer, 1983 dan Meske, 1985).

Amonia yang terdapat diperairan akan dimanfaatkan sebagai sumber energi bakteri nitrit. Bakteri nitrit akan mengoksidasi amonia menjadi nitrit (nitritasi). Proses ini berlanjut dengan proses oksidasi nitrit menjadi nitrat (nitratas). Bakteri dari genus *Nitrosomonas* sering dijumpai berperan dalam proses nitritasi dan genus *Nitrobacter* yang berperan dalam proses nitratas (Meske, 1985).

Denitrifikasi merupakan proses kebalikan dari nitrifikasi. Pada proses ini nitrat (NO_3^-) akan direduksi menjadi nitrit (NO_2^-), nitrogen oksida (NO dan N_2O) dan nitrogen bebas (N_2). Beberapa spesies bakteri dari genus *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, dan *Vibrio* merupakan bakteri yang berperan dalam proses ini dan umumnya bersifat anaerob fakultatif (Mc Carty dan Haug, 1971).

Pada lapisan hypolimnion, dasar danau atau pada lapisan sedimen yang anaerobik atau mempunyai kandungan oksigen sangat rendah merupakan daerah terjadinya proses denitrifikasi. Goering (1980) melaporkan tidak menemukan *Pseudomonas denitrificans* pada perairan yang mengandung oksigen terlarut dibawah 0,2 mg/L. Namun demikian pada lapisan perairan yang teroksidasi dengan baik proses denitrifikasi dapat juga berlangsung, yaitu secara intra seluler didalam mikrozona anoksik yang terdapat pada sel alga atau bakteri yang mampu membentuk heterokista (Hartoto dkk, 1988).

Pada proses dekomposisi protein seperti asam amino sistin dan metionin selain dihasilkan amonia juga dihasilkan sejumlah kecil hidrogen sulfida (H_2S). Pada lingkungan aerobik senyawa hidrogen sulfida tidak stabil dan dengan cepat akan dioksidasi secara kimia dan secara mikrobial dengan bantuan enzim desulfurase menjadi sulfat. Oleh karena itu senyawa H_2S banyak terakumulasi didasar perairan.

Beberapa genus bakteri yang bersifat aerobik seperti *Beggiatoa*, *Thiotrix* dan *Thiobacillus* merupakan bakteri pengoksidasi sulfat diperairan. Spesies lain yang berisifat anaerobik fakultatif adalah *Thiobacillus desulfuricans* yang dapat melakukan oksidasi sulfat pada kondisi oksigen rendah atau anaerobik. Bakteri ini sangat penting perannya dalam siklus sulfur diperairan (Rheinheimer, 1983).

Menurut Hartoto dkk (1988) senyawa sulfur diperairan walaupun bukan nutrien yang menjadi faktor pembatas karena konsentrasi yang cukup tinggi diperairan (mencapai 0,2 %). Namun demikian senyawa sulfur harus diperhatikan karena berhubungan dengan proses mobilisasi senyawa fosfat dan mekanisme kombinasi proses adsorpsi fosfat dengan besi di perairan. Pada kondisi anoksik, besi (III) yang mengikat fosfat akan tereduksi menjadi besi ferro (II), karena rendahnya kelarutan besi disulfida (FeS), besi (II) fosfat akan diubah menjadi FeS_2 dengan lepasnya ion fosfat.

Pada penelitian ini dilakukan kajian terhadap bakteri siklus karbon (bakteri heterotrofik), Bakteri siklus nitrogen (bakteri ammonifikasi, nitrifikasi, denitrifikasi) dan bakteri siklus sulfur (bakteri pereduksi sulfat) pada kolom air dan sedimen di danau Maninjau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil distribusi bakteri dan perannya dalam proses siklus bahan organik di danau Maninjau.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Danau Maninjau pada bulan September 2001. Parameter yang diamati ialah kelimpahan populasi bakteri heterotrofik, bakteri ammonifikasi, bakteri nitritasi dan nitaratasi, bakteri denitrifikasi dan bakteri pereduksi sulfat di kolom air. Selain itu juga diamati parameter fisika-kimia air.

Tabel 1. Komposisi media bakteri yang digunakan

Preparasi	Komposisi Media Bakteri	Metoda
1. Bakteri Heterotrofik	Nutrien agar: (per liter) 1. Bacto Peptone 5 g 2. Beef extract 3 g 3. Bacto agar 15 g 4. Aquadest 1000 ml pH: 7,0	1. teknik <i>Spread plate</i> (Kuadran/cawan tebar) 2. Pengenceran sampai 10^{-6} 3. TPC (Total Plate Count) 4. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 5. Inkubasi 24 jam, suhu ruang
2. Bakteri ammonifying (ammonifikasi) Ammonia formation	Pepton broth : per liter 1. Bacto pepton 5 g 2. Aquadest 1000 ml	1. Teknik MPN (Most Probable Number) dengan 3 seri tabung 2. Reagent: Sodium hypochlorite, Phenol alkohol, Sodium nitro prucile, dan sodium citrat 3. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 4. Inkubasi: 7 hari, suhu ruang
3. Bakteri Nitrifikasi 3.1. Bakteri Nitrifying (Nitritasi) Nitrite formation	Winogradsky medium: Nitrifikasi fase 1 (per liter) 1. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 2 g 2. $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,5 g 3. $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,4 g 4. CaCO_3 5 g 5. Aquadest 1000 ml 6. pH medium 7,4	1. Teknik MPN (Most Probable Number) dengan 3 seri tabung 2. Reagent: NEDD, Sulfanilamide 3. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 4. Inkubasi: 21 hari, suhu ruang
3.2. Nitratasi Nitrate formation	Winogradsky medium Nitrifikasi fase 2 (per liter) 1. NaNO_3 1 g 2. Na_2CO_3 1 g 3. NaCl 0,5 g 4. K_2HPO_4 0,5 g 5. $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,3 g 6. $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,3 g 7. Aquadest 1000 ml	1. Teknik MPN (Most Probable Number) dengan 3 seri tabung 2. Reagent : NEDD, Sulfanilamide 3. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 4. Inkubasi: 21 hari, suhu ruang
4. Denitrifikasi	Nitrate broth: pH 7,2 1. Bacto Peptone 5 g 2. Beef extract 3 g 3. KNO_3 or NaNO_3 5 g 4. Aquadest 1000 ml	1. Teknik MPN (Most Probable Number) dengan 3 seri tabung with durham tube 2. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 3. Inkubasi 14 hari, suhu ruang
5. Bakteri Sulfur 5.1. Bakteri ungu sulfur (Purple Sulfur Bacteria)	EDTA medium (per liter) 1. NaCl 5 g 2. NH_4Cl 1 g 3. KH_2PO_4 0,5 g 4. Na_2CO_3 6,3 g 5. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$ 0,3 g 6. EDTA 0,1 g 7. $\text{MgCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ 0,05 g 8. Na_2S 1 g 9. Bacto Peptone 1 g 10. Yeast Extract 5 g 11. Gliserol 2 g 12. Nutrien agar 15 g 13. Aquadest 1000ml dan media FWC (Freshwater Complete): 1. Bacto pepton 5 g 2. Yeast Extract 1 g 3. Gliserol 3 g Aquadest 1000 ml	1. Teknik TPC (Total Plate Count) 2. Pengenceran sampai 10^{-6} 3. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 4. Inkubasi : 21 hari, suhu ruang, dan diberi cahaya lampu pijar (bohlam) 40 watt 1. MPN (Most Probable Number dengan 3 seri tabung 2. Sterilisasi 121°C, 1 atm, 20 menit 3. Inkubasi: 21 hari, suhu ruang, kondisi fakultatif anaerobic, dan diberi cahaya lampu pijar (bohlam) 40 watt

Sampel air diambil secara aseptik dengan menggunakan botol steril (volume 200 – 350 ml) pada 5 stasiun sampling berdasarkan strata kedalaman air, sedangkan sedimen diambil dengan menggunakan kantong plastik. Stasiun sampling diberi kode M2, M4, M7, M8, dan M10.

Strata kedalaman pada masig-masing stasiun yang diambil ialah:

1. M 2: permukaan atau 0 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 40 m, 60 m dan 100 m (dasar danau)
2. M 4 : permukaan atau 0 m, 5 m, 10 m, 20 m, 40 m, 60 m, 100 m dan 145 m (dasar danau)
3. M 7 : permukaan atau 0 m, 5 m, 10m, 15 m, 20 m, 40 m, 60 m, 120 m dan 165,5 m (dasar danau)
4. M 8 : permukaan atau 0 m, 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 40 m, 60 m, dan 90 m (dasar danau) , berdekatan dengan areal karamba.
5. M 10: permukaan atau 0 m, 5m, 10 m, 15 m, 20 m, 45 m (dasar danau) dekat lokasi PLTA.

Sampel air dan sedimen sebanyak \pm 3 gram diambil secara aseptik dengan menggunakan botol steril (untuk air) dan plastik (untuk sedimen). Sampel air diambil dengan menggunakan water sampler dan sedimen dengan menggunakan kor. Sampel secepatnya disimpan dalam kotak es (cooling box). Sebagian sampel air dianalisa langsung dilapangan dan sebagian lainnya dianalisa di Laboratorium mikrobiota, Puslit Limnologi – LIPI.

Metoda dan komposisi media bakteri yang digunakan untuk pengamatan bakteriologi diperlihatkan pada tabel 1. Kelimpahan populasi bakteri (sel/ml sampel), dihitung dengan menggunakan rumus : (Cappuccino dan Sherman, 1983).

$$P = \frac{1000}{V_i} \times (k \text{ koloni} \times \text{pengenceran})$$

Dimana:

P = populasi bakteri (sel/ml)

V_i = volume sampel yang diinokulasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisa bakteri heterotrofik, bakteri amonia, bakteri nitrifikasi, bakteri denitrifikasi dan bakteri pereduksi sulfat yang diambil di 5 stasiun sampling, memperlihatkan Danau Maninjau mengandung banyak bahan organik dan telah menunjukkan danau eutrofik (Tabel 2)

Profil distribusi bakteri heterotrofik di Danau Maninjau memperlihatkan pola yang hampir sama (Gambar 1) yaitu pada permukaan danau sampai kedalaman air 15 m berkisar antara $84,4 - 296 \times 10^5$ sel/ml, dan kelimpahan bakteri menurun drastis pada kedalaman 20 m ($22,6 - 99,0 \times 10^5$ sel/ml), namun pada kedalaman lebih dari 20 m yaitu pada kedalaman 40 m – dasar danau (45 – 165,5 m) populasi bakteri heterotrofik meningkat yaitu antara $20,7 - 125,6 \times 10^5$ sel/ml. Sedangkan pada lapisan sedimen populasi bakteri heterotrofik sangat tinggi ($99,7 - 400,3 \times 10^5$ sel/ml).

Menurut Rheinheimer (1983) jumlah total bakteri heterotrofik yang terdistribusi di danau antara $2.200 - 12.300 \times 10^3$ sel/ml termasuk danau eutrofik. Tingginya populasi bakteri heterotrofik dilapisan dasar danau (sedimen) menunjukkan terjadinya penumpukan bahan organik dan diduga terjadi ketidakseimbangan siklus karbon di dasar danau, yang ditunjukkan dengan ditemukan penumpukan asam-asam organik di dasar danau.

Proses amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi di Danau Maninjau berlangsung dengan baik. Hal ini diperlihatkan dengan ditemukannya bakteri nitrifikasi dengan jumlah yang banyak (Gambar 2), dan menunjukkan proses siklus nitrogen di Danau Maninjau dapat berlangsung (lampiran 1).

Bakteri nitritasi secara umum ditemukan selalu lebih tinggi dibanding bakteri nitrataasi dan bakteri amonifikasi. Kondisi ini adalah normal terjadi di perairan danau eutrofik. Perbandingan kelimpahan populasi bakteri nitrit dan nitrat di perairan danau, yaitu 13 : 1, dan meningkat di lapisan sedimen (lapisan permukaan dasar danau) menjadi 29 : 1. (Rheinheimer, 1983).

Bakteri nitrifikasi (nitritasi dan nitrataasi) ditemukan sampai dasar danau, hal ini dikarenakan masih terdapat oksigen terlarut yang memadai untuk proses nitrifikasi (Lampiran). Hal ini juga dapat menunjukkan bahwa pada Danau Maninjau terjadi perputaran arus (pengadukan) pada kolom air sehingga oksigen terlarut masih terdapat sampai di dasar danau.

Menurut Dart dan Stretton, 1980, Rheinheimer, 1983 dan Meske, 1985, proses nitrifikasi terdapat dua fase yaitu nitritasi dan nitrataasi. Proses nitrifikasi berlangsung optimal pada kondisi aerobik sehingga memerlukan suplai oksigen yang cukup yaitu antara $0,5 - 0,7$ mg/L dan minimal $0,3 - 0,4$ mg/L, bakteri nitrifikasi masih mampu menjalankan aktivitasnya dan nitrifikasi akan terhenti apabila kandungan oksigen terlarut sampai $0,2$ mg/L.

Tabel 2. Data kelimpahan bakteri Heterotrofik, Amonifikasi, Nitritasi, Nitrasi, Denitrifikasi dan Pereduksi sulfat di danau Maninjau, September 2001.

Stasiun Depth (M)	Heterotrofik (10^5 sel/ml)	Amonifikasi (10^3 sel/ ml)	Nitritasi (10^3 sel / ml)	Nitrasi (10^3 sel / ml)	Denitrifikasi (10^5 sel / ml)	Pereduksi Sulfat (10^2 sel/ m)
St. M2						
0	173	1.075	0.93	0.582	0	0
5	160	1.053	1.38	1.139	0	0
10	125	1.05	1.165	0.848	0	0
15	145.9	1.079	1.74	1.298	0	0
20	22.6	0.71	1.04	0.869	0	0
40	20.7	0.89	1.24	1.1	0	0
60	24.4	1.012	1.461	1.273	0	0
100	57.9	1.314	1.788	1.567	0.3	1.88
Sedimen	190					
St. M4						
0	100.6	0.899	1.7	1.07	0	0
5	94.9	0.895	1.2	1.02	0	0
10	91.9	0.891	0.98	0.99	0	0
20	24.9	0.608	1.4	1.14	0	0
40	28.4	0.707	1.23	1.12	0	0
60	30.4	0.802	1.5	1.23	0	0
100	41.5	1.104	2.04	1.83	0	0
145	80	1.49	2.34	2.1	0.38	4.32
Sedimen	159.5					
St. M7						
0	88.7	1.054	1.14	1.090	0	0
5	86.5	1.023	1	1.100	0	0
10	89.9	1.056	0.99	1.190	0	0
15	84.4	1.019	1.08	1.300	0	0
20	50.5	0.94	1.22	1.170	0	0
40	55	1.025	1.76	1.380	0.04	1
60	57.9	0.993	2.49	1.740	0.08	0.421
120	58	1.38	3.09	2.510	0.05	0
165.5	77.5	1.76	3.35	2.970	0.49	5.876
Sedimen	99.7					
St. M8						
0	223.7	2	2.98	2.65	0	0
5	229.9	1.895	2.87	2.72	0	0
10	221	1.873	2.79	2.51	0	0
15	229	1.914	2.86	2.51	0	0
20	97	1.992	2.65	2.2	0	0
40	89.5	2.07	2.87	2.71	0.11	0.89
60	99	2.17	3.06	2.92	0.075	0
90	120	2.99	3.6	3.4	0.51	6.45
Sedimen	243					
St. M10						
0	298.7	1.402	1.99	0.99	0	0
5	250.2	1.298	1.87	1.76	0	0
10	238	1.321	1.76	1.69	0	0
15	224	1.025	1.54	1.45	0	0
20	99	0.992	1.78	1.73	0	0
45	125.6	1.793	2.99	2.81	1.28	1.952
Sedimen	400.3					

Menurut Goering (1980) pada lapisan hypolimnion, dasar danau atau pada lapisan sedimen yang anaerobik atau mempunyai kandungan oksigen sangat rendah merupakan daerah terjadinya proses denitrifikasi. Hasil penelitiannya juga melaporkan tidak menemukan *Pseudomonas denitrificans* (bakteri pereduksi nitrat) pada perairan yang mengandung oksigen terlarut diatas 0,2 mg/L. Namun demikian pada lapisan perairan yang teroksigenasi dengan baik, proses denitrifikasi dapat juga berlangsung tapi secara intra seluler di dalam mikrozona anoksik yang terdapat di dalam sel alga atau bakteri yang mampu membentuk heterokista (Hartoto, dkk, 1988).

Bakteri Denitrifikasi tidak ditemukan di permukaan danau sampai kedalaman 20 m, bahkan pada stasiun M2 tidak ditemukan sampai kedalaman air 60 m dan pada stasiun M4 sampai kedalaman air 100 m.

Di stasiun M7 dan M8 bakteri denitrifikasi ditemukan pada kedalaman air 40 m. Bakteri denitrifikasi banyak ditemukan pada lapisan dasar danau (Lampiran 2) yaitu mencapai $0,04 - 1,28 \times 10^5$ sel/ml. Keadaan ini memungkinkan terjadi karena sampai dasar danau masih banyak ditemukan kandungan nitrat dan didukung oleh konsentrasi oksigen terlarut yang rendah.

Bakteri pereduksi sulfat di Danau Maninjau ditemukan hanya pada kedalaman air lebih dari 20 m (Gambar 3). Di Stasiun M7 bakteri ini ditemukan pada kedalaman air 60 m dan di stasiun M8 pada kedalaman air 40 m. Sedangkan pada umumnya di semua stasiun sampling bakteri ini ditemukan di lapisan dasar danau. Kelimpahan bakteri pereduksi sulfat di Danau Maninjau berkisar $0,421 - 6,45 \times 10^2$ sel/ml adalah relatif sedikit.

Menurut Rheinheimer (1983) bakteri pereduksi sulfat terdistribusi pada lapisan hypolimnion yaitu pada kedalaman 15 m dan terus meningkat sampai kedalaman 25 m di bawah air. Pada kedalaman 25 m di bawah air bakteri pereduksi sulfat dari golongan bakteri sulfur yang tidak berwarna (Colorless sulfur bacteria) kelimpahannya dapat mencapai 3×10^6 sel/ml.

Bakteri ini ditemukan karena di lapisan dasar danau banyak ditemukan sulfat (H_2S) dan dasar danau yang rendah oksigen terlarut. Hal ini menunjukkan bahwa pada lapisan dasar Danau Maninjau siklus sulfur dapat berjalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cappuccino, J. G. and N. Sherman. 1983. MICROBIOLOGY : a laboratory manual. Addison-Wesley Publishing Company. California. 456 p.
- Hartoto, D.I. S. Sunanisari, M.S. Syawal, Yustiawati, I. Ridwansyah dan S. Nomosatryo.. 1988. Alternatif Tata Guna Danau Teluk Berdarkan Sifat

- Limnologis. *Dalam* : Hasil – Hasil Penelitian Puslitbang Limnologi. Th. 1977/1998. Puslitbang Limnologi-LIPI. 12–102 hal.
- Meske. C. 1985. Fish Aquaculture. In : Fredeick. V, (Translated and ed.). Pergamon Press, Frankfurt.
- Mc Carty. P. L. and R.T. Haug, 1971. Nitrogen Removal from Freshwater by Biological Nitrification and Denitrification. In: Sykes. G and F. A. Skinner (Ed.), Microbial Aspect of Polution. Academic Press. London.
- Rheinheimer. G. 1983. Aquatic Microbiology. 3rd (ED). John Wiley and Sons. Chichester. 257 p.
- Rodina. G. A. 1972 Methode in Aquatic Microbiology. Rita R. C. and Michael S.Z (Ed.). University Park Press. Baltimore. 461 p.
- Sulastri, 2001. Permasalahan Danau Maninjau dan Pendekatan Penyelesaiannya, Puslit Limnologi. LIPI. Tidak dipublikasi.
- Sulawesty, F. 2001. Sosialisasi Rencana Danau Maninjau. *dalam* : Laporan Kemajuan Proyek Pengelolaan Sumberdaya Alam . Triwulan II. th. 2001. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Cibinong - Bogor. h. 64 –67.