

**KAJIAN BAKTERIOLOGI DI DANAU MANINJAU – SUMATERA BARAT**  
**Bakteri Heterotrofik, amonifying, nitrifying, denitrifying dan pereduksi sulfat**

**Oleh:**  
**Muhammad Badjoeri**

**Abstrak**

Danau Maninjau adalah salah satu danau yang terdapat di Sumatera Barat. Dalam kurun waktu 5 tahun terakhir kondisi kualitas air Danau Maninjau dilaporkan terus menurun. Beberapa kali ditemukan kasus kematian ikan, melimpahnya alga biru *Microcystis* bahkan kondisi fisik air berwarna kehijauan dan berbau. Diduga telah terjadi penurunan kualitas air di Danau Maninjau.

Mikroorganisme didalam sistem perairan danau terutama bakteri heterotrofik, nitrifikasi, denitrifikasi dan bakteri sulfur merupakan organisme yang berperan aktif dalam perombakan dan proses siklus biogeokimia di perairan, seperti siklus karbon, siklus nitrogen, siklus sulfur dan siklus nutrisi lainnya.

Penelitian ini merupakan kajian lanjutan dari tahun 2001 yang bertujuan untuk mengetahui profil vertikal bakteri di kolom air dan sedimen perairan Danau Maninjau sebagai salah satu kajian proses purifikasi alami di Danau Maninjau.

Sampel air diambil secara aseptik menggunakan botol steril pada 5 stasiun (M2, M4, M7, M8, dan M10) berdasarkan strata kedalaman air, sedangkan sedimen diambil menggunakan kor. Penghitungan kelimpahan bakteri menggunakan metode *spread plate* dengan menggunakan media differensial.

Hasil analisa bakteri heterotrofik, bakteri amonia, bakteri nitrifikasi, bakteri denitrifikasi dan bakteri pereduksi sulfat yang diambil di 5 stasiun (th. 2001) dan 9 stasiun (th 2002) menunjukkan perairan Danau Maninjau telah mengalami eutrofikasi dan didasar danau telah terjadi penumpukan bahan organik, namun demikian proses purifikasi alami di Danau Maninjau masih dapat berlangsung.

**Pendahuluan**

Danau Maninjau adalah salah satu danau kaldera yang terdapat di Sumatera Barat yang terletak pada ketinggian 461,5 m dpl, memiliki luas sekitar 9.737,5 ha, panjang maximum 16,6 km dan lebar maximum 8 km dan kedalaman maksimum 165 m. Sumber air danau ini berasal dari air hujan dan sungai-sungai kecil disekitarnya serta air tanah. Danau ini hanya mempunyai satu saluar keluar (outlet) yaitu batang Antokan dan tidak jauh dari batang Antokan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Maninjau. (Anonimous, 2001 dan Pusat studi lingkungan U.I, 1978 dalam Sulastri, 2001).

Fenomena *tubo belerang* akibat dari pembalikan massa air dari kolom air bagian bawah yang kondisinya anaerobik dan mengandung gas-gas beracun, perbahan kondisi hidrologis akibat pembuatan bendung air untuk PLTA di batang

Antokan (outlet danau), meningkatnya aktivitas budidaya ikan dalam karamba dan aktivitas disekitar danau yang menghasilkan limbah domestik, seperti pasar, pertokoan, hotel, cafe, rumah makan, merupakan faktor-faktor yang menyebabkan bertambahnya beban bahan organik ke perairan danau, hal telah menyebabkan terganggunya keseimbangan ekologi perairan, proses purifikasi alami danau 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 organikya 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.

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 amonifikasi. 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 berasal dari proses amonifikasi juga dihasilkan dari ekskresi biota air. Tetapi ada beberapa spesies bakteri seperti *Escherichia coli* dan *Bacillus sp.* yang mampu melepaskan amonia bukan melalui proses amonifikasi bahan organik tapi melalui proses amonifikasi nitrat.

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 (nitratasi). Bakteri dari genus *Nitrosomonas* sering dijumpai berperan dalam proses nitritasi dan genus *Nitrobacter* yang berperan dalam proses nitratasi (Meske, 1985).

Denitrifikasi merupakan proses kebalikan dari nitrifikasi. Pada proses ini nitrat ( $\text{NO}_3$ ) akan direduksi menjadi nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}$  dan  $\text{N}_2\text{O}$ ) dan nitrogen bebas ( $\text{N}_2$ ). 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 proses dekomposisi protein seperti asam amino sistin dan metionin selain dihasilkan amonia juga dihasilkan sejumlah kecil hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). 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  $\text{H}_2\text{S}$  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).

Pada penelitian ini dilakukan kajian terhadap bakteri siklus karbon (bakteri heterotrofik), bakteri siklus nitrogen (bakteri amonifikasi, 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 peranannya dalam proses purifikasi alami dan siklus bahan organik di danau Maninjau.

### Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di Danau Maninjau pada bulan September 2001 dan Oktober 2002. Parameter yang diamati ialah kelimpahan bakteri heterotrofik, bakteri amonifikasi, bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi, bakteri pereduksi sulfat di kolom air. Selain itu juga diamati parameter fisika-kimia air. Sampel air diambil secara aseptik dengan menggunakan botol steril (volume 200–350 ml) pada 5 stasiun (th 2001) dan 9 stasiun (th 2002) berdasarkan strata kedalaman air (Tabel 2). Sedangkan sedimen diambil dengan menggunakan kantong plastik. Metoda dan komposisi media bakteri yang digunakan untuk pengamatan bakteriologi diperlihatkan pada tabel 1 (Rodina, 1972, Widiyanto, 1995). Stasiun sampling diberi kode M2, M4, M7, M8, dan M10, Intake, AA, BB, CC dan KK (Gambar 1.)

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 $121^{\circ}\text{C}$ , 1atrn, 20 menit 5. Inkubasi 24 jam, suhu ruang
2. Bakteri ammonifying	Pepton broth : per liter 1. Bacto pepton	1. Teknik MPN (Most Probable Number) dengan 3 seri tabung 2. Reagent : Sodium hypochlorit, Phenol alkohol,



(ammonifikasi) Ammonia formation	5 g 2. Aquadest 1000 ml	Sodium nitro prucite, 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  3.2. Nitratasi Nitrate 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. $\text{CaCO}_3$ 5 g 5. Aquadest 1000 ml 6. pH medium 7,4  Winogradsky medium Nitrifikasi fase 2 (per liter) 1. $\text{Na NO}_3$ 1g 2. $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 1g 3. $\text{NaCl}$ 0,5 g 4. $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 0,5 g 5. $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,3g 6. $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ 0,3 g 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  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 brotj : pH 7,2 1. Bacto Peptone	1. Teknik MPN (Most Probable Number) dengan 3 seri tabung with durham tube 2. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20

	5 g 2. Beef extract 3 g 3. KNO <sub>3</sub> or NaNO <sub>3</sub> 5 g 4. Aquadest 1000 ml	3. Inkubasi 14 hari, suhu ruang menit
5. Bakteri Sulfur 5.1. Bakteri ungu sulfur (Purple Sulfur Bacteria)	dan media FWC (Freshwater Complete): 1. Bacto pepton 5 g 2. Yeast Extract 1 g 3. Gliserol 3 g 4. Aquadest 1000 ml	1. Teknik TPC (Total Plate Count) 2. Pengenceran sampai 10 <sup>6</sup> 3. Sterilisasi 121°C, 1atm, 20 menit 4. Inkubasi: 21 hari, suhu ruang, dan diberi cahaya lampu pijar (bohlam) 40 watt.

Sampel air dan sedimen sebanyak ± 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.

Kelimpahan populasi bakteri (sel/ml sampel), dihitung dengan menggunakan rumus: (Cappuccino dan Sherman, 1983)

$$P = \frac{1000}{V_i} \times \Sigma \text{koloni} \times \text{Pengenceran}$$

Dimana:

P = populasi bakteri (sel/ml)

v Vi = volume sampel yang  
 diinokulasi.

Tabel 2. Stasiun pengambilan sampel dan pengukuran data primer di Danau Maninjau, (\* lokasi tambahan th. 2002)

Kode Stasiun	Posisi Geografis (GPS)	Strata Sampling kualitas air (M)	Strata sampling mikrobiologis (M)	Keterangan
DM 2	S 0° 17' 07,4" E 100° 09' 58,0"	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100	0, sechi disc, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 (dsr)	Bagian hampir diujung utara danau
DM 4	S 0° 18' 28,8" E 100° 11' 35,0"	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140	0, sechi disc, 20, 30, 40, 80, 100, 120, 140 (dsr)	Basin utara danau bagian tengah
DM 7	S 0° 22' 33" E 100° 11' 35,1"	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 165	0, secchi disc, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 165	Basin selatan danau bagian yang paling dalam
DM 8	S 0° 23' 45,0" E 100° 11' 01,0"	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12, 15, 20, 30, 40, 60, 90	0,10, 20, 30, 40, 60, 90	Tempat banyak karamba jaring apung dan tempat pernah terjadi kasus kematian ikan (Dusun Batu Nangai)
DM 10	S 0° 21' 28,2" E 100° 11' 35,0"	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11, 12, 15, 20, 30, 40, 50	0,5,sechi disc, 10, 15, 20, 40, 50 (dsr)	Sebelah barat pada garis perbatasan antara basin utara dan basin selatan danau (Dusun Muko Jalan)

Intake *	S 0° 17' 30,4" E 100° 09' 05,0"	0,1,2,3,4, dasar	0,1,2,3,4, dasar	Didepan lokasi lubang pengambilan air danau oleh PLTA untuk menggerakkan turbin
AA *	S 00° 23' 54,7" E 100° 10' 56,4"	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	Bagian litoral sisi selatan danau yang mewakili lokasi sedikit karamba jaring apung
BB *	S 00° 15' 21,6" E 100° 11' 48,6"	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	Bagian litoral sisi timur danau yang mewakili lokasi jumlah sedang karamba jaring apung
CC *	S 00° 16' 00,0" E 100° 10' 01,9"	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	Bagian litoral sisi utara danau yang mewakili lokasi yang tidak terdapat karamba jaring apung
KK *	S 00° 20' 29,0" E 100° 10' 00,3"	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	0, sechi disc , dasar (5 x pengambilan)	Bagian litoral sisi barat danau yang mewakili lokasi banyak karamba jaring apung



## Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa bakteri heterotrofik, bakteri amonia, bakteri nitrifikasi, bakteri denitrifikasi dan bakteri pereduksi sulfat yang diambil di 9 stasiun sampling, menunjukkan perairan Danau Maninjau mengandung banyak bahan organik dan telah tergolong kedalam perairan eutrofik.

Profil distribusi bakteri heterotrofik, di Danau Maninjau pada tahun 2001 dan tahun 2002 berbeda. Dimana pada september 2001, cuaca cerah dan sedikit hujan dibanding pada Oktober 2002 yang cuacanya mendung dan hujan hampir setiap hari. sehingga kecerahan air danau lebih besar dibanding tahun sebelumnya.

Kelimpahan bakteri heterotrofik pada permukaan danau sampai kedalaman air 15 berkisar antara  $84,4 - 296 \times 10^5$  sel/ml pada tahun 2001, sedangkan pada tahun 2002 berkisar antara  $54,4 - 130,401 \times 10^3$  sel/ml.

Pada kedalaman  $> 20$  m, yaitu 40 m – dasar danau kelimpahan bakteri heterotrofik meningkat yaitu antara  $20,7 - 125,6 \times 10^5$  sel/ml, pada tahun 2001. Sedangkan pada tahun 2002 pada kedalaman  $> 20$  m kelimpahan bakteri cenderung menurun. Pada lapisan lapisan sedimen populasi bakteri heterotrofik lebih tinggi dibanding pada kolom air, baik pada tahun 2001 maupun tahun 2002. (Gambar 2).

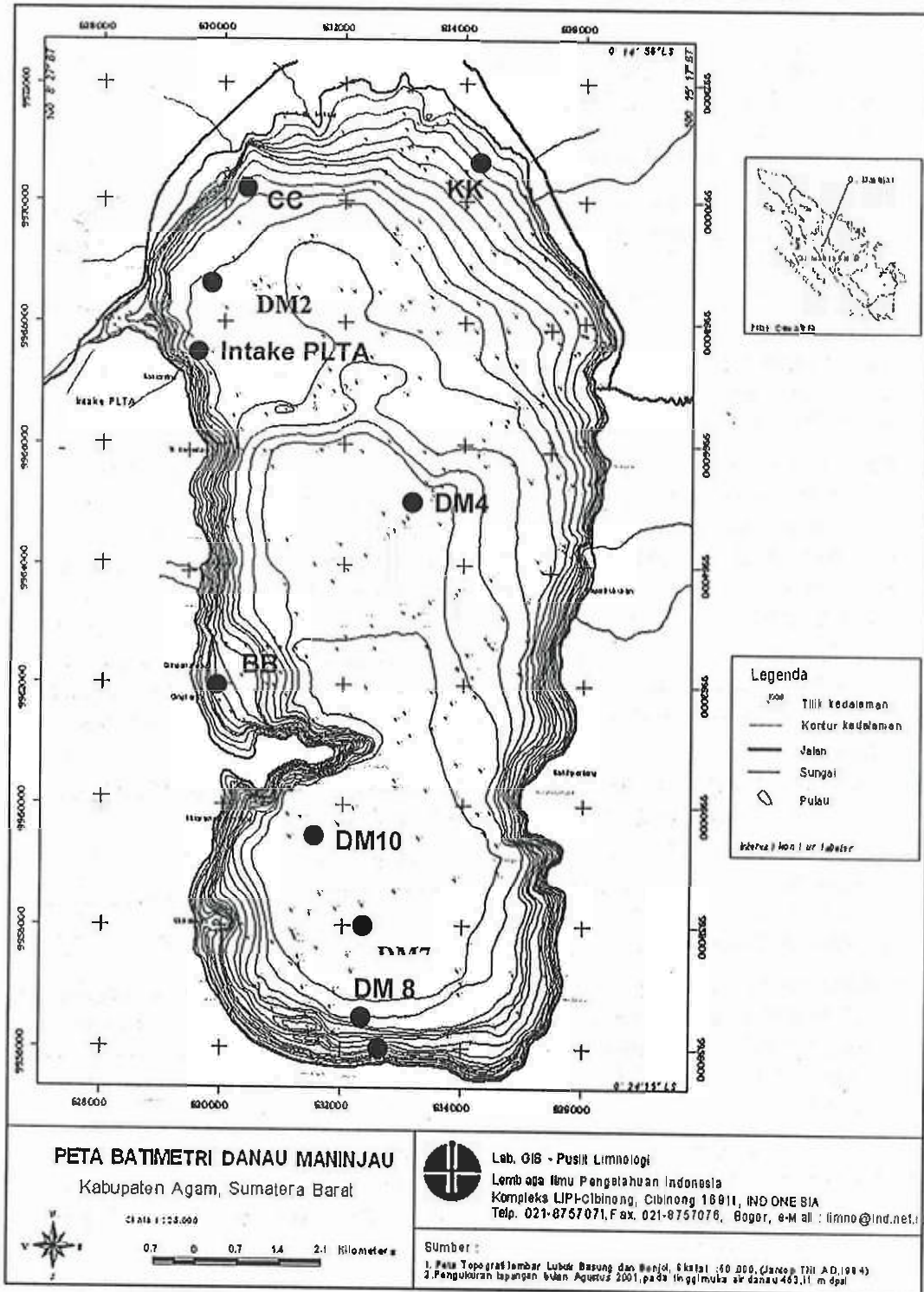
Menurut Rheinheimer (1983) jumlah total bakteri heterotrofik yang terdistribusi di danau antara  $2.200 - 12.300 \times 10^3$  sel/ml termasuk danau eutrofik. Tingginya populasi bakteri heterotrofik di lapisan dasar danau (sedimen) menunjukkan terjadinya penumpukan bahan organik dan diduga telah terjadi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

Bakteri nitritasi secara umum ditemukan selalu lebih tinggi dibanding bakteri nitratasi 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 nitratasi) ditemukan sampai dasar danau dikarenakan masih terdapat oksigen terlarut yang memadai untuk proses nitrifikasi, hal ini disebabkan pada DO 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.





Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air di Danau Maninjau

Bakteri denitrifikasi umumnya tidak ditemukan pada permukaan danau sampai kedalaman air 20 m. Bakteri denitrifikasi banyak ditemukan pada lapisan dasar danau. Keadaan ini memungkinkan terjadi karena sampai dasar danau masih banyak ditemukan kandungan nitrat dan didukung oleh konsentrasi oksigen terlarut yang rendah.

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 di atas 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).

Waktu yang diperlukan untuk proses amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi di Danau Maninjau, berdasarkan pengamatan dilaboratorium diperlihatkan pada tabel 3. Proses pembentukan amonia (amonifikasi) oleh bakteri heterotrofik memerlukan waktu berkisar antara 1 – 3 hari. Proses pembentukan nitrit (nitritasi) oleh bakteri nitrifying memerlukan waktu berkisar antara 21 – 28 hari, proses pembentukan nitrat (nitratasi) oleh bakteri nitrifying memerlukan waktu berkisar antara 14 -21 hari. Proses reduksi nitrat oleh bakteri denitrifying memerlukan waktu berkisar antara 3 – 7 hari. Proses reduksi sulfat oleh bakteri sulfur tidak dapat diamati, namun bakteri pereduksi sulfur dari golongan bakteri fotosintetik ditemukan tumbuh setelah 2 – 4 hari inkubasi.

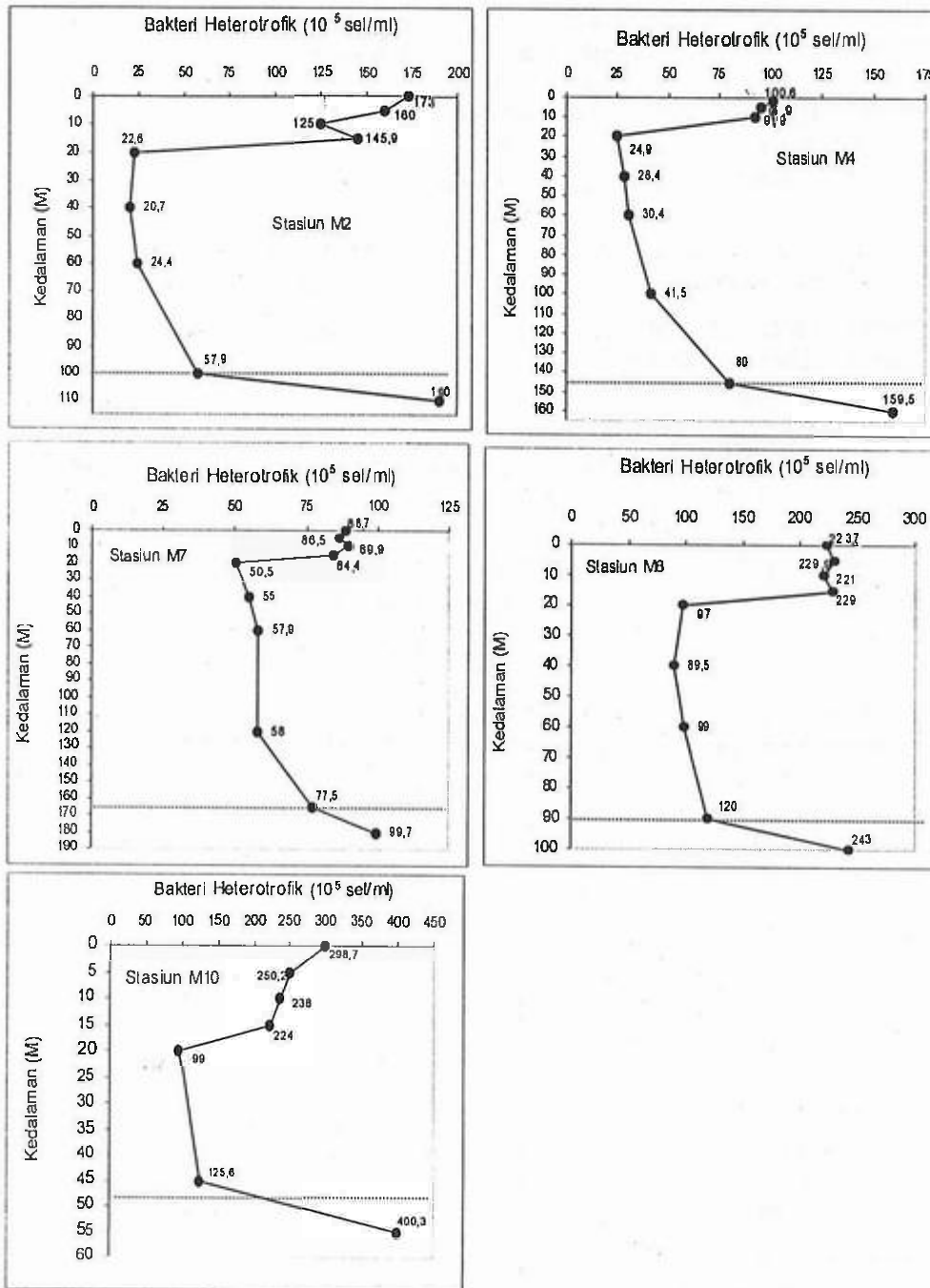
Tabel 3. Waktu yang diperlukan (hari) untuk proses amonifikasi, nitrifikasi dan denitrifikasi pada kolom air Di Danau Maninjau

	Amonifikasi				Nitrifikasi								Denitrifikasi			
					Nitritasi				Nitratasi							
Ulangan	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Kolom air	2	1, 5	1	3	2	2	2	2	1	1	1	2	3	7	4	3
Rata – rata	1,875				21,5				16,5				4,25			

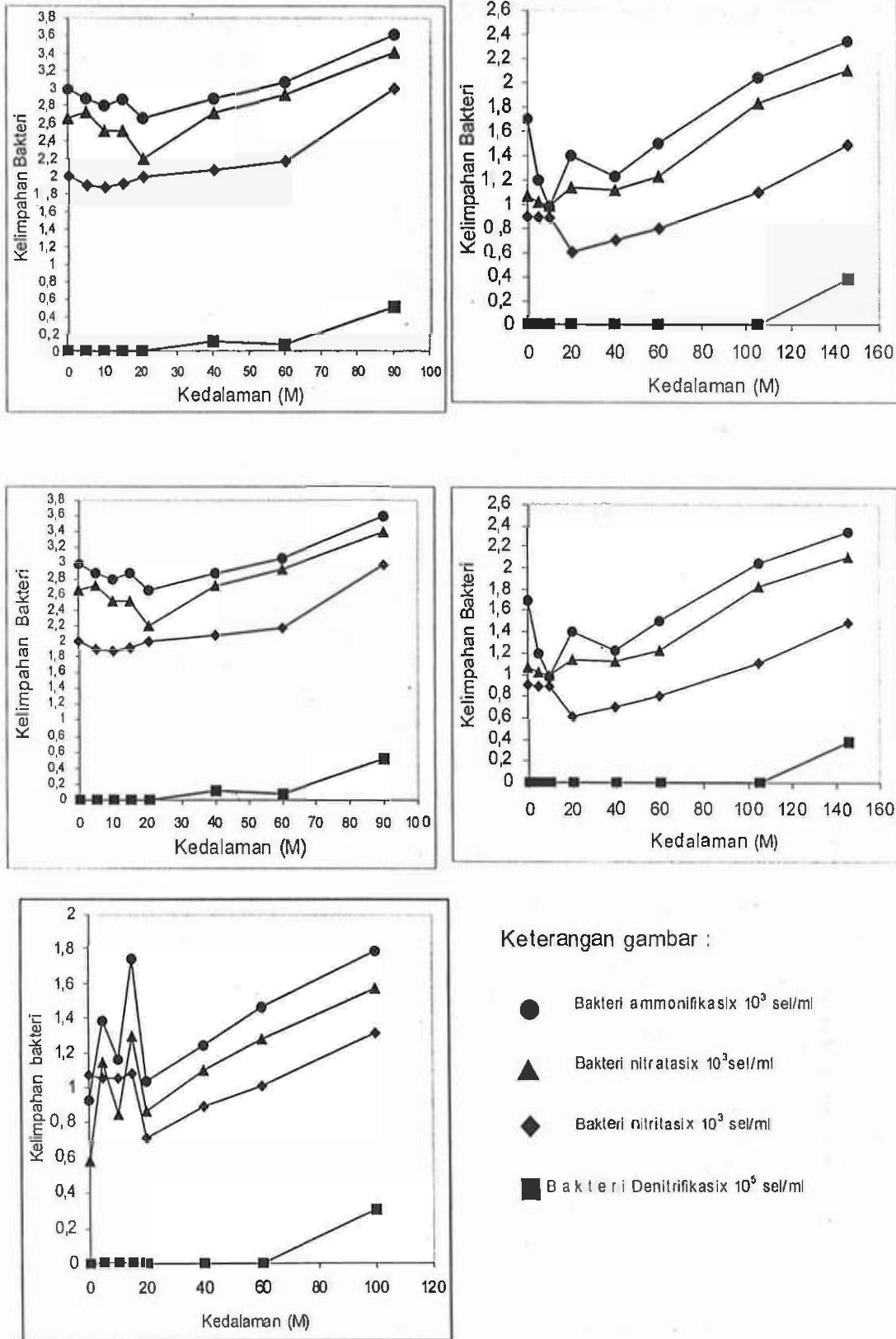
Menurut Meutia dan Hartoto ( 1990) proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang terjadi pada kolom air di Danau Bojongsari memerlukan waktu rata-rata 19,7 hari untuk proses nitritasi, 22 hari untuk proses nitratasi dan 2,93 hari untuk proses denitrifikasi.

Bakteri pereduksi sulfat di Danau Maninjau ditemukan hanya pada kedalaman air lebih dari 20 m dan pada umumnya di semua stasiun sampling bakteri ini ditemukan di lapisan dasar danau. 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 (colourless sulfur bacteria) kelimpahannya dapat mencapai  $3 \times 10^6$

sel/ml. (Rheinheimer, 1983). Bakteri ini ditemukan karena di lapisan dasar danau banyak ditemukan sulfat ( $H_2S$ ) dan dasar danau yang rendah oksigen terlarut. Hal ini menunjukkan siklus sulfur di Danau Maninjau masih dapat berlangsung.

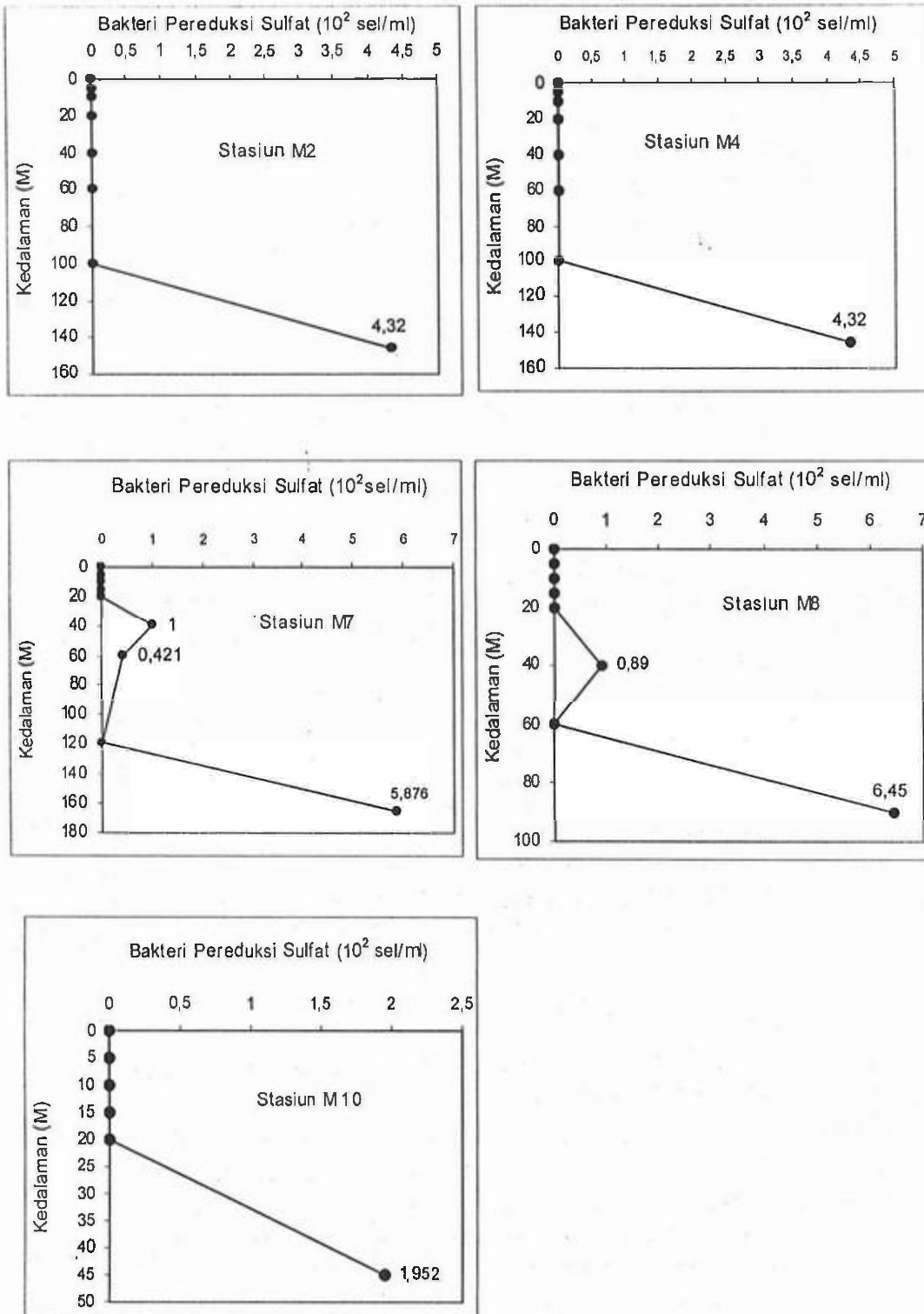


Gambar 2. Kelimpahan bakteri heterotrofik di Danau Maninjau (Th. 20021)



Gambar 3. Kelimpahan Bakteri Ammonifikasi, Nitritasi, Nitratasi dan Denitrifikasi di Danau Maninjau (th. 2001)





Gambar 4 Bakteri Pereduksi Sulfat di Danau Maninjau, (Th. 2001).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa kelimpahan bakteri di Danau Maninjau menunjukkan :

1. Perairan Danau Maninjau telah mengalami eutrofikasi
2. Di dasar danau telah terjadi penumpukan bahan organik dan terjadi ketidak seimbangan proses siklus karbon
3. Proses purifikasi alami di Danau Maninjau masih dapat berlangsung

## Daftar Pustaka

- Anonimous. 2001. Permasalahan Danau Maninjau dan Pendekatan Penyelesaiannya. Kerja sama Proyek Pengembangan dan Peningkatan Kemampuan Teknologi dengan Pusat Penelitian Limnologi – LIPI. Cibinong, 94 hal.
- Cappuccino. J. G. and N. Sherman. 1983. MICROBIOLOGY : a laboratory manual. Addison-Wesley Publishing Company. California. 456 p.
- Fakhrudin, M., H. Wibowo, L. Subehi, I. Ridwansyah. 2001. Karkterisasi Hidrologi Danau Maninjau – Sumbar. Puslit Linologi – LIPI (tidak dipublikasi).
- Hartoto. D.I. S. Sunanisari, M.S. Syawal, Yustiawati, I. Ridwansyah dan S. Nomosatryo.. 1988. Alternatif Tata Guna Danau Teluk Berdasarkan 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, (Tranlated and ed.). Pergamon Press, Frankfurt. 438 p.
- 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. 572 p.
- Rheinheimer. G. 1983. Aquatic Microbiology. 3<sup>rd</sup> (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.
- Widiyanto, T. 1995. Karakterisasi Bakteri Fotosintetik Anoksigenik untuk Biokondisioner di Tambak Udang. Usulan Penelitian. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor, 36 hal.