

## ANALISIS BEBAN PENCEMARAN, KAPASITAS ASIMILASI DAN TINGKAT PENCEMARAN DALAM UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN PERAIRAN DANAU MANINJAU

MARGANOF<sup>1)</sup>, LATIFAH K DARUSMAN<sup>2)</sup>, ETTY RIANI<sup>2)</sup>, BAMBANG PRAMUDYA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengkajian Alam UNRI

<sup>2)</sup> Dosen Sekolah Pascasarjana IPB

Diterima : 26 April 2007 Disetujui : 21 Mei 2007

### ABSTRACT

Water quality in Maninjau Lake has been threatened by organic and inorganic matters that are flown into the lake. The pollution sources are many activities around the lake such as residential area, husbandry, agriculture, and fish culture on the lake (floating net cage). These activities result in huge pollution loads and the trends are predicted to increase. Understanding on the pollution loads, pollutant sources and assimilative capacity are important in formulating pollution control techniques in lake waters. The objectives of the research was to determine level of pollution waters of Maninjau Lake. The results of this research showed that pollution load parameter such as Total Suspended Solid (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Total Phosphorus were very high. All parameters of pollution loads have exceeded its assimilative capacity. The level of pollution in the study site is classified as medium category.

*Key words:* pollutant loads, assimilative capacity and level of pollution

### PENDAHULUAN

Danau Maninjau merupakan danau terpenting di Sumatera Barat yang terletak di Kabupaten Agam. Danau ini merupakan danau kaldera yang terbentuk dari aktivitas vulkanik, terletak pada ketinggian 4611,50 m di atas permukaan laut dengan luas 9737,50 hektar. Danau Maninjau memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung aktivitas masyarakat dan industri di Sumatera Barat. Berbagai aktivitas di daerah sekitar danau dapat menghasilkan berbagai macam bahan pencemar (limbah), baik organik maupun anorganik yang secara langsung ataupun tak langsung masuk ke perairan danau. Beban pencemar yang berasal dari aktivitas masyarakat tersebut dapat menimbulkan dampak pencemaran yang serius di perairan danau. Beban pencemar yang dominan di perairan danau adalah tingginya konsentrasi bahan organik (LIPI, 2001).

Perairan Danau Maninjau mengalami peningkatan kekeruhan, padatan tersuspensi, kadar nitrit, fosfat dan DDT serta *fecal coliform* akibat tingginya aktivitas masyarakat di sempadan danau (Bappeda Agam, 2003). LPPM-UMJ (2006) melaporkan bahwa sedimen perairan Danau Maninjau telah pula mengalami peningkatan kandungan logam berat (Cu dan Cr) yang sudah di atas ambang batas yang diperkenankan menurut PP No. 82 tahun 2001 (KLH, 2004). Keberadaan bahan pencemar tersebut menyebabkan penurunan kualitas air perairan danau, sehingga tidak sesuai lagi dengan jenis peruntukannya (sumber air baku air minum dan perikanan), serta hilangnya keanekaragaman hayati khususnya spesies asli/endemik Danau Maninjau tersebut (Khosla *et al.*, 1995; Syandri, 2000 dan Deswati, 2001). Dampak pencemaran di perairan Danau Maninjau tidak hanya dapat menimbulkan kerugian

secara ekonomis dan ekologis berupa penurunan produktivitas hayati perairan, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan bahkan dapat menyebabkan kematian manusia yang memanfaatkan perairan danau dalam memenuhi kebutuhan hidupnya.

Peningkatan pertumbuhan penduduk di kawasan danau yang cukup tinggi dan perkembangan budidaya perikanan (KJA) yang semakin sulit dikendalikan serta budaya masyarakat di sekitar danau. Umumnya masyarakat di sekitar perairan danau membuang limbah domestik, baik limbah cair maupun limbah padatnya langsung ke perairan danau (Fahkruddin *et al.*, 2001; Haryani, 2001). Hal ini akan memberikan tekanan terhadap ekosistem perairan danau yang pada akhirnya dapat mengancam kelestarian fungsi danau.

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa penurunan kualitas perairan yang terjadi di perairan Danau Maninjau merupakan masalah yang perlu segera ditangani secara serius dan sistematis agar tidak meluas dan semakin parah di kemudian hari. Informasi tentang tingkat pencemaran di perairan Danau Maninjau merupakan suatu hal yang penting, khususnya bagi masyarakat yang menggantungkan kehidupannya dari sumberdaya danau. Bagi pemerintah daerah informasi ini sebagai bahan pertimbangan dalam memformulasi kebijakan pengendalian pencemaran perairan danau.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan beban pencemaran, kapasitas asimilasi dan tingkat pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau. Dengan harapan dapat memberikan informasi kepada pemerintah Kabupaten Agam sebagai bahan pertimbangan atau acuan dalam memformulasi kebijakan dalam pengendalian pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau dan bagi masyarakat sebagai informasi dalam pemanfaatan dan pelestari sumberdaya perairan Danau Maninjau.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Danau Maninjau Kabupaten Agam Sumatera Barat pada bulan Januari sampai bulan Juli 2006. Pengambilan contoh air danau dan pengukuran parameter fisika kimia dan beban limbah perairan danau dilakukan pada enam stasiun pengamatan yaitu : stasiun 1 = Sungai Limau Sundai; stasiun 2 = Batang Maransi; stasiun 3 = Bandar Ligin; stasiun 4 = Sungai Jembatan Ampang; stasiun 5 = Batang Kalarian dan stasiun 6 = Sungai Tembok Asam.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air, tiosulfat, KI,  $H_2SO_4$  pekat,  $MnSO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $FeSO_4$ , indikator ferroin, pereaksi Nessler, larutan standar ammonia, brusin, larutan NaCl, larutan standar nitrat, larutan sulfanilamid, larutan N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorida, larutan standar nitrit, ammonium molibdat, stano klorida, larutan baku fosfat,  $Na_2CO_2$  dan indikator fenolptalein. Sedangkan alat-alat yang digunakan meliputi: pH meter, thermometer, *secchi disk*, *kemmerer water sampler* dan *water quality checker*.

### Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan contoh air dilakukan pada tiga lapisan kedalaman yakni 0 m (permukaan), 5 m dan 10 m, kemudian dikompositkan. Beberapa parameter yang diukur secara langsung di lapangan (*insitu*) yaitu pH, suhu, oksigen terlarut (DO), sedangkan parameter lainnya dianalisis di Laboratorium Kimia Lingkungan FMIPA Universitas Andalas dan Balai Laboratorium Kesehatan Propinsi Sumatera Barat. Untuk analisis fosfat, amoniak, nitrat dan nitrit, sampel air diambil sebanyak 250 ml dan disimpan pada suhu 4 °C. Untuk  $BOD_5$  dan COD sampel air dimasukan perlahan-lahan ke dalam botol  $BOD_5$  guna menghindari gelembung udara. Adapun untuk analisis TSS, TDS, pestisida, fecal coliform dan total coliform sampel air

disimpan dalam botol plastik. Semua sampel air diberi label dan disimpan dalam *cool box* untuk dianalisis di laboratorium.

### Analisis Data

#### Beban Pencemaran

Analisis parameter fisika, kimia dan mikrobiologi perairan danau berdasarkan standar methods 1995 (APHA, 1995) dan dibandingkan dengan baku mutu air menurut PP No. 82 tahun 2001 (KLH, 2004). Beban pencemaran (limbah) yang berasal dari darat melalui sungai yang menuju perairan danau dihitung melalui perkalian antara debit sungai ( $m^3/\text{detik}$ ) dengan konsentrasi limbah ( $\text{mg/L}$ ). Beban limbah dihitung berdasarkan rumus menurut Mitsch & Goesselslink (1993) yaitu  $BL = Q \times C$ ; dimana  $BL$  = beban limbah yang berasal dari sungai (gram/detik);  $Q$  = debit sungai ( $m^3/\text{detik}$ ) dan  $C$  = konsentrasi limbah ( $\text{mg/L}$ ). Untuk mengkonversi beban limbah ke dalam ton/tahun dikali dengan  $10^{-6} \times 3600 \times 24 \times 360$ .

#### Kapasitas Asimilasi

Untuk menghitung kapasitas asimilasi perairan danau terhadap beban pencemaran dilakukan dengan menggunakan metode hubungan antara konsentrasi parameter limbah di perairan danau dengan total beban limbah tersebut di muara sungai. Nilai kapasitas asimilasi didapatkan dengan cara membuat grafik hubungan antara nilai konsentrasi masing-masing parameter limbah di perairan danau dengan parameter limbah tersebut di muara sungai. Selanjutnya dianalisis dengan memotongkan dengan garis nilai baku mutu air kelas I. Asumsi yang digunakan dalam metode ini adalah:

- Nilai kapasitas asimilasi hanya berlaku untuk wilayah perairan yang ditetapkan dalam penelitian
- Nilai hasil pengamatan baik di perairan danau maupun di muara sungai merupakan dinamika yang ada di perairan tersebut
- Perhitungan beban limbah hanya berasal dari *land based sources*, sedangkan beban

limbah dari kegiatan di perairan danau tidak diperhitungkan.

#### Tingkat Pencemaran Perairan Danau

Tingkat pencemaran perairan Danau Maninjau ditentukan dengan menggunakan metode indeks mutu lingkungan perairan (IMLP) berdasarkan *National Sanitation Water Quality Index* (NSF-WQI) yang dikembangkan oleh Ott (1978). Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$IMLP = \sum_{i=1}^n (W_i I_i)$$

dimana IMLP = Indeks mutu lingkungan perairan danau, skala 0–100;  $W_i$  = konstanta pembobotan ke- $i$ , skala 0 – 1 dan  $I_i$  = nilai dari kurva baku subindeks ke- $i$ , skala 0– 100. Untuk menentukan tingkat pencemaran digunakan kriteria nilai indeks sebagai berikut: 0–25 sangat buruk (sangat tercemar); 25–50 buruk (tercemar berat); 50–70 sedang (tercemar sedang/ringan); 70–90 baik (tidak tercemar) dan 90–100 sangat baik. Pada penelitian ini parameter yang dijadikan sebagai acuan meliputi: suhu, TSS, pH, DO, COD,  $BOD_5$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , kekeruhan dan *fecal coliform*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Parameter Fisika, Kimia dan

#### Mikrobiologi Perairan Danau

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap kondisi perairan Danau Maninjau diperoleh kisaran dan rata-rata nilai parameter fisik, kimia dan biologi seperti diperlihatkan pada Tabel 1. Sebagian besar parameter fisik, kimia dan biologi masih dibawah baku mutu air sebagai sumber air baku air minum. Namun demikian beberapa parameter seperti TSS, DO, bahan organik sulit nurai (COD), bahan organik mudah urai ( $BOD_5$ ) dan  $\text{PO}_4^{3-}$ , telah melampaui ambang batas baku mutu.

### Sumber dan Beban Pencemaran

Secara umum sumber pencemaran yang masuk ke perairan Danau Maninjau berasal dari limbah domestik dan kegiatan keramba jaring apung (KJA). Bapedalda Sumbar

(2001) dan Syandri (2002) menyatakan bahwa sumber utama pencemaran terhadap perairan Danau Maninjau berasal dari domestik (permukiman) dan KJA di perairan danau.

**Tabel 1. Kondisi parameter fisik, kimia dan biologi perairan Danau Maninjau**

No	Parameter	Satuan	Min	Max	Rata-rata	Baku mutu
1	Suhu	°C	27,83	28,47	28,25	Deviasi 3
2	TSS	mg/L	46,47	56,70	51,59	50
3	TDS	mg/L	113,97	117,73	115,83	1000
4	Warna	Unit PtCo	12,99	14,73	13,88	-
5	Kecerahan	Cm	76	83	78,6	-
6	pH	-	7,32	7,46	7,38	6 - 9
7	CO <sub>2</sub>	mg/L	7,2	8,76	7,96	-
8	DO	mg/L	5,1	6,7	5,96	6
9	COD	mg/L	9,8	12,4	10,96	10
10	BOD <sub>5</sub>	mg/L	2,25	2,94	2,75	2
11	N-NO <sub>3</sub>	mg/L	0,21	0,26	0,23	10
12	N-NO <sub>2</sub>	mg/L	0,07	0,08	0,072	0,06
13	Ammonia	mg/L	0,22	0,26	0,255	0,5
14	Orito fosfat	mg/L	0,41	0,46	0,43	0,2
15	DDT	µg/L	ttd	0,0023	0,0016	2
16	Karbofenonetion	µg/L	0,94	2,76	1,99	-
17	Fecal coliform	MPN/100 ml	67,86	77,21	71,91	100
18	Total coliform	MPN/100 ml	74,94	94,51	84,24	1000

Keterangan: ttd = tidak terdeteksi

Penghitungan beban pencemaran bertujuan untuk mengetahui sumber pencemaran, jenis bahan pencemar dan besarnya beban pencemaran yang masuk ke dalam perairan Danau Maninjau. Beban pencemaran yang bersal dari darat dihitung melalui perkalian antara debit air sungai yang masuk ke danau dengan dengan konsentrasi parameter kualitas perairan yang diukur. Besarnya beban pencemaran total yang masuk ke perairan Danau Maninjau dari daratan dihitung dengan menjumlahkan beban pencemaran dari enam sungai yang masuk, yaitu Sungai Limau Sundai, Batang Maransi, Bandar Ligin, Sungai Jembatan Ampang dan Batang Kalarian serta Sungai Tembok Asam (Tabel 2). Sementara besarnya beban pencemaran yang berasal dari kegiatan keramba jaring apung di perairan danau dihitung melalui sisa pakan yang tidak dikomsumsi ikan.

Beban pencemaran terbesar yang berasal dari *land based sources* yang masuk ke perairan Danau Maninjau adalah TSS. Jumlah beban pencemar sebesar 1063,252 ton per tahun disumbangkan oleh Sungai Batang Kalarian dan Sungai Jembatan Ampang. Parameter beban pencemar lain yang juga cukup besar jumlahnya adalah bahan organik susah urai (COD) yaitu 157,749 ton per tahun sebagian besar disumbangkan oleh Sungai Jembatan Ampang dan Batang Kalarian.

### Kapasitas Asimilasi

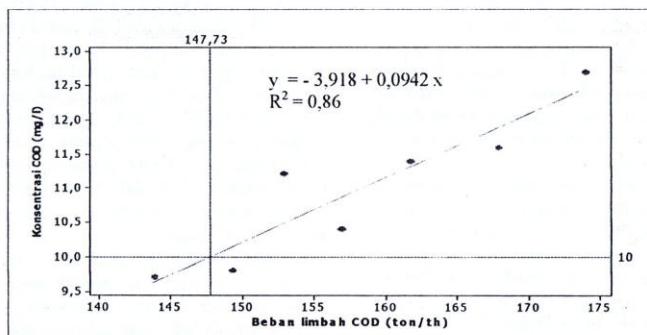
Penentuan kapasitas asimilasi perairan Danau Maninjau dihitung pendekatan secara tidak langsung (*indirect approach*) yaitu dengan metode hubungan antara konsentrasi masing-masing parameter di perairan danau dengan totak beban limbah di muara sungai yang masuk ke perairan danau. Kemudian hasil yang diperoleh dibandingkan dengan baku mutu air sebagai sumber air baku air

minum menurut PP Nomor 82 tahun 2001 (KLH, 2004). Apabila kapasitas asimilasi telah terlampaui berarti beban pencemar yang masuk ke perairan danau tergolong tinggi. Hal ini ditandai oleh konsentrasi eksisting parameter yang telah melebihi nilai ambang baku mutu air sebagai sumber air baku air minum. Sebaliknya apabila kapasitas asimilasi belum terlampaui, berarti beban limbah yang masuk masih rendah dan bahan pencemar yang masuk telah mengalami proses-proses *dilution* (pengenceran), *dispersion* (penyebaran) dan *decay or reaction* (reaksi penguraian).

Dari beberapa parameter beban limbah cair yang masuk ke perairan Danau Maninjau telah melampaui baku mutu sebagai sumber air baku air minum. Adapun parameter yang dimaksud adalah TDS, TSS, COD, BOD<sub>5</sub>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, dana NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sebagian besar parameter beban pencemar seperti TSS, COD, BOD dan PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> telah melampaui kapasitas asimilasinya. Sementara parameter yang lain seperti TDS dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> masih di bawah kapasitas asimilasinya. Hubungan antara beban limbah COD dimuara dengan konsentrasi COD di perairan Danau Maninjau diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Total beban pencemaran (ton/tahun) yang bersumber dari luar danau

No	Parameter	Stasiun						Total
		SL. Sundai	Bt. Maransi	Br. Ligin	SJ. Ampang	Bt Kalarian	ST. Asam	
1	TSS	134,439	117,064	167,178	246,063	248,35	150,158	1063,252
2	COD	20,295	18,183	21,275	39,658	37,791	20,547	157,749
3	BOD <sub>5</sub>	5,599	2,716	5,963	7,605	8,305	3,863	34,051
4	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,49	0,414	0,672	0,933	0,933	0,504	3,946
5	NH <sub>3</sub>	0,56	0,529	0,644	1,166	1,073	0,616	4,588
6	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	0,373	0,276	0,644	0,886	0,700	0,4199	3,299



Gambar 1. Hubungan antara beban pencemar COD di muara sungai dengan kadar COD perairan Danau Maninjau.

Gambar 1 mempresentasikan bahwa parameter pencemar bahan organik sulit urai (COD) yang masuk ke perairan Danau Maninjau telah melampaui kapasitas asimilasinya. Dengan nilai baku mutu yang ditetapkan 10 mg/L dan persamaan regresi yang dihasilkan yaitu  $y = -3,918 + 0,09421x$ , maka perairan Danau Maninjau mempunyai nilai kapasitas asimilasi terhadap pencemar organik sulit urai sebesar 147,73 ton per tahun.

#### Tingkat Pencemaran Perairan Danau Maninjau

Penentuan tingkat pencemaran suatu perairan danau perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari limbah yang masuk ke perairan terhadap kualitas perairan

danau. Penggunaan metode pengindeksan kualitas air (*water quality index*) atau indeks mutu lingkungan perairan (IMLP) dengan tujuan untuk menentukan tingkat pencemaran yang terjadi di perairan Danau Maninjau. Hasil metode ini dapat memberikan masukan kepada pengambil kebijakan untuk menentukan tindakan yang akan dilakukan apabila terjadi penurunan kualitas perairan.

Hasil perhitungan tingkat pencemaran perairan Danau Maninjau menggunakan IMLP diperoleh nilai berkisar antara 67,75–70,47 (Tabel 3). Hal ini menggambarkan bahwa secara umum kondisi perairan di Danau Maninjau tergolong pada kondisi tercemar sedang.

**Tabel 3. Nilai Indeks Mutu Lingkungan Perairan (IMLP) di Danau Maninjau**

No	Parameter	Stasiun					
		S.Limau Sundai	Batang Maransi	Bandar Ligin	S.Jembatan Ampang	Batang Kalarian	S. T. Asam
1	DO	11,05	12,41	11,56	13,09	11,73	12,41
2	Suhu	8,9	8,7	8,9	8,6	8,4	8
3	<i>Fecal coliform</i>	6,9	7,2	7,2	6,75	6,9	6,9
4	pH	10,8	11,16	10,8	11,16	10,8	10,92
5	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,8	9	8,6	9	8,9	8,9
6	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5,8	5,9	5,7	5,8	5,9	5,9
7	BOD <sub>s</sub>	4	4,5	4,2	4,2	4,2	4,1
8	Kekeruhan	4,54	4,8	4,48	4,48	4,48	4,48
9	TSS	6,96	6,8	6,96	6,88	6,88	6,68
Nilai IMLP		67,75	70,47	68,4	69,96	68,19	68,29
Kategori		Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

#### KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut : Beban pencemaran yang terbesar masuk ke perairan Danau Maninjau yaitu TSS, COD dan BOD<sub>s</sub>. Beban pencemaran berupa TSS sebagian besar bersumber dari Batang Kalarian dan Sungai Jembatan Ampang, sedangkan beban pencemaran berupa bahan organik sulit urai

(COD) sebagian besar bersumber dari Sungai Jembatan Ampang dan Batang Kalarian.

Nilai kapasitas asimilasi perairan Danau Maninjau terhadap parameter beban limbah seperti TSS, BOD<sub>s</sub>, COD, DO dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sudah melampaui baku mutu perairan kelas 1, sedangkan parameter TDS dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> masih di bawah baku mutu. Tingkat pencemaran

yang terjadi di perairan Danau Maninjau berdasarkan IMLP termasuk pada kategori tercemar sedang.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [APHA] American Public Health Association, [AWWA] American Water Works Association. 1995. Standart Methods for the Examination of Water and Waste Water. 17<sup>th</sup> Ed. Washington.
- [Bapedalda] Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Provinsi Sumatera Barat. 2001. Laporan Penelitian Pencemaran dan Kerusakan Danau Maninjau. Bapedalda Sumatera Barat. Padang.
- [Bappeda] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Agam. 2003. Pemantauan dan Evaluasi Kualitas Air Danau Maninjau. Bappeda Kabupaten Agam. Lubuk Basung.
- Deswati, L. 2001. Laporan Penelitian Tinjauan Kondisi Perairan Danau Maninjau Berdasarkan Jenis dan Kelimpahan Fitoplankton. (Tidak Diterbitkan). Fakultas Perikanan-Universitas Bung Hatta. Padang.
- Fakhruddin, M., H. Wibowo, L. Subehi, dan I. Ridwansyah. 2001. Karakterisasi Hidrologi Danau Maninjau Sumatera Barat. Limnotek VIII (1): 65–75.
- Haryani, G.S. 2001. Menuju Pemanfaatan Sumberdaya Perairan Darat Berkesinambungan: Permasalahan dan Solusinya. Hal 15–22. *Di dalam*. Peran Strategis Data dan Informasi Sumberdaya Perairan Darat dalam Pembangunan Nasional. Seminar Nasional Limnologi. Bogor, 28 Juli 2004. LIPI.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Khosla, M.R., G.H. Alan., and P.L. Angermeier. 1995. Assesing Water Quality Interdisciplinary Problems and Approach. *Interdisciplinary Science Reviews* 20 (3) : 229 – 240.
- [LIPPI] Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2001. Permasalahan Danau Maninjau dan Pendekatan Permasalahannya. Cibinong. Bogor.
- [LPP-UMJ] Lembaga Penelitian dan Pengembangan Universitas Muhammadiyah Jakarta. 2006. Audit Lingkungan, Kajian Lingkungan Sosial dan Telaahan Teknologi PLTA Maninjau. UMJ. Jakarta.
- Mitsch, I., and J.G. Gosselink. 1993. Wetlands. In *Water Quality. Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Ott, W.R. 1978. *Environmental Indices, Theory and Practice*. Ann Arbor Science. Michigan.
- Syandri, H. 2000. Laporan Penelitian Perikanan Keramba Jaring Apung dan PLTA terhadap Perairan Danau Maninjau. Lembaga Studi Analisa Lingkungan dan Sosial. Padang.
- \_\_\_\_\_. 2002. Laporan Penelitian Dampak Kerambah Jaring Apung terhadap Kualitas Perairan Danau Maninjau. Presented in Diskusi Panel Press Club (PPC). Padang.