

KARAKTERISASI HIDROLOGI DANAU MANINJAU SUMATERA BARAT

M. Fakhruddin, Hendro Wibowo, Luki Subehi, dan Iwan Ridwansyah
Pusat Penelitian Limnologi-LIPi

ABSTRAK

Danau Maninjau yang terletak antara 100° 08' 53.84" BT – 100° 14' 02.39" BT dan 0° 14' 52.50" LS – 0° 24' 12.17" LS, merupakan danau tipe vulkano-lektonik. Pada saat ini D. Maninjau digunakan sebagai sumber air untuk pembangkit tenaga listrik dengan energi listrik tahunan rata-rata sebesar 205 GWH, sebagai sumber air irigasi lahan budidaya ikan dalam keramba, dan merupakan salah satu tujuan wisata. Hasil pemetaan batimetri menunjukkan bahwa kedalaman maksimum danau 165 m, panjang garis pantai 52,68 km, shore line development 1,51 km/km², luas permukaan air 9.737,50 ha, panjang maksimum 16,46 km, lebar maksimum 7,5 km dan volume air 10.226.001.629,2 m³. Berdasarkan data curah hujan dari Stasiun Maninjau tahun 1984 - 2000 menunjukkan bahwa pola hujan bulanan relatif merata sepanjang tahun, dengan curah hujan bulanan rata-rata sebesar 299 mm dan curah hujan tahunan rata-rata 3661 mm. Sedangkan klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Ferguson menunjukkan nilai Q sebesar 0,045 berarti daerah kajian tergolong A, yaitu daerah yang sangat basah. Berdasarkan perhitungan water retention time menunjukkan bahwa pembangunan PLTA dengan membendung Sungai Atokan selinggi 2 meter di saluran pengeluaran (outlet) Danau Maninjau tidak signifikan meningkatkan waktu tinggal air (water retention time) yaitu dari 24,58 tahun menjadi 25,05 tahun, tapi merubah bagian air yang keluar danau dari lapisan atas menjadi lapisan pada kedalaman 6 - 10 m. Dan debit air untuk pembangkit tenaga listrik kurang lebih sama dengan aliran keluar (outflow) Danau Maninjau yang melalui Sungai Atokan sebelumnya.

ABSTRACT

Maninjau is a Vulcano-Tectonic lake type which lies on 100°08' 53.84" E - 100° 14' 02.39" E and 0° 14' 52.50" S – 0°24' 12.17" S. Nowadays, It is used for Hydro-Electric Power Plant (PLTA) which produce average energy of 205 GWH/year. Besides that, Lake Maninjau is used for irrigation source, fisheries culture on Floating Net Cage (Karamba jaring apung) and, tourism activity. The result from bathymetry mapping, It's known that maximum depth is 165 m, shore line is 52,68 km, shore line development is 1,51 km/km², surface water area 9.737,50 ha, maximum length 16,46 km, maximum width 7,5 km and volume of water 10.226.001.629,2 m³. Based on rainfall data from Maninjau Station since 1984 – 2000, It's known that rainfall pattern was the same all along year, average monthly rainfall data is 299 mm and average yearly rainfall is 3661 mm. According to Schmidt and Ferguson classification which based on wet session and dry session, It has a Q value which equal to 0,045 that included A categories (very wet session area). Based on Water retention calculation, it showed that PLTA development wasn't significant to change water retention time which from 24,58 years to 25,05 years. But it changed water layer which as outflow from upper surface water became depth of 6 – 10 m. Flow rate water for PLTA is the same flow rate as on Antokan river before PLTA built.

PENDAHULUAN

Danau Maninjau yang terletak di Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Agam, Sumatra Barat merupakan kebanggaan masyarakat dan sekaligus mempunyai peran yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Danau ini mempunyai tiga macam fungsi, yaitu fungsi ekologi, fungsi sosial, dan fungsi ekonomi. Sebagai fungsi ekologi D. Maninjau merupakan habitat bagi organisme, mengontrol keseimbangan air tanah, dan mengontrol iklim mikro. Sebagai fungsi sosial antara lain tempat masyarakat untuk mandi cuci kakus, dan memberikan pemandangan yang indah. Fungsi yang ketiga adalah ekonomi, yaitu sebagai sumber air untuk irigasi, perikanan baik budidaya ikan dengan keramba apung maupun dengan menangkap di perairan danau, daya tarik pariwisata lokal maupun pariwisata internasional, dan fungsi ekonomi yang paling besar adalah sebagai pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan energi rata-rata tahunan sebesar 205

GWH. Fungsi-fungsi inilah yang merupakan latar belakang mengapa Danau Maninjau perlu dilestarikan.

Keberadaan air di danau tidak terlepas dari apa yang disebut dengan siklus hidrologi. Air yang masuk ke Danau Maninjau bersumber dari curah hujan yang langsung masuk ke danau, air yang berasal dari aliran permukaan tanah, baik yang melewati sungai-sungai kecil maupun dari lahan di pinggiran danau, serta berasal dari aliran bawah permukaan tanah (*interflow*) dan aliran airtanah (*groundwater flow*). Sedangkan air yang keluar danau selain berasal dari saluran pengambilan air (*intake*) PLTA dan bendung atau *weir*, dapat berupa evaporasi dari permukaan air danau, maupun aliran airtanah.

Pada tahap ini dilakukan identifikasi komponen-komponen yang berkaitan dengan neraca air (*water balance*) Danau Maninjau, termasuk pemetaan batimetri danau dan dikaji pula perubahan karakter hidrologi dalam kaitannya dengan pembangunan PLTA yang menggunakan air danau untuk pembangkit listrik dengan cara membendung outlet.

BAHAN DAN METODE

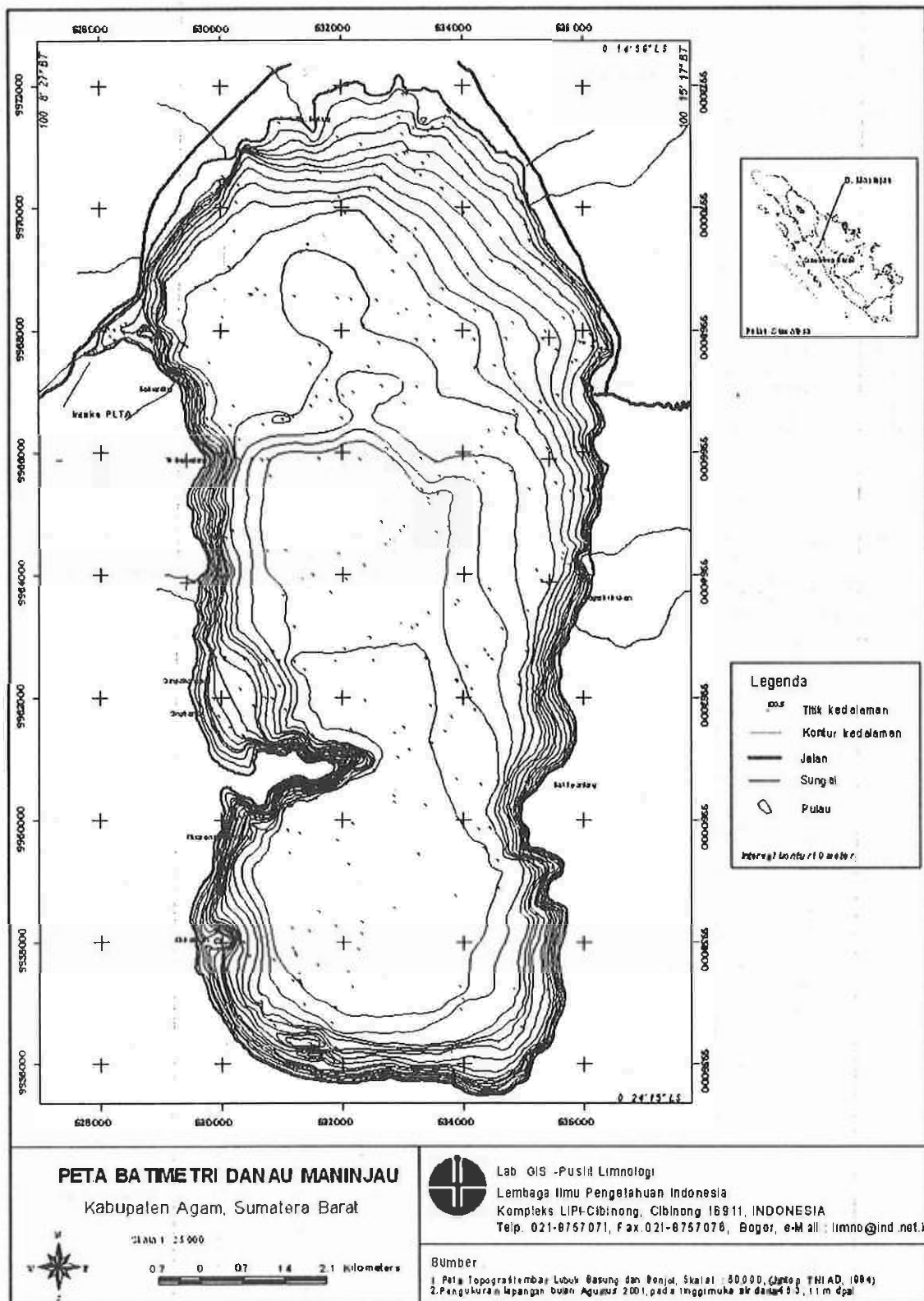
Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder, adapun data primer adalah batimetri danau yang didapatkan dengan melakukan pengukuran di lapangan yang dilakukan pada bulan Juli 2001, meliputi kedalaman air danau dengan Echosounder. Untuk mengetahui posisi titik pengukuran digunakan GPS (*Global Positioning System*) serta dilakukan pengamatan lapangan untuk mengetahui kondisi jaringan sungai. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, meliputi data fluktuasi tinggi muka air danau, debit *inflow* dan *outflow*, data debit pengambilan air PLTA, curah hujan, data bendung, dan Rencana Tata Ruang Maninjau.

Pengolahan data dilakukan dengan GIS (*Geographic Information System*) untuk mendapatkan Peta Batimetri danau dan morfometri danau, yang meliputi luas permukaan air, panjang maksimum, lebar maksimum, kedalaman maksimum, kedalaman rata-rata, panjang garis pantai, dan *shore line development*. Sedangkan untuk mengetahui kondisi hidrologi danau sebelum dan sesudah pembangunan PLTA dilakukan dengan menganalisis waktu tinggal, curah hujan, *aliran yang masuk dan keluar danau* danau, dan fluktuasi tinggi muka air danau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfometri Danau

Berdasarkan analisis dari Peta Batimetri Danau Maninjau (Gambar 1) menunjukkan morfometri danau sebagai berikut (Tabel 1).

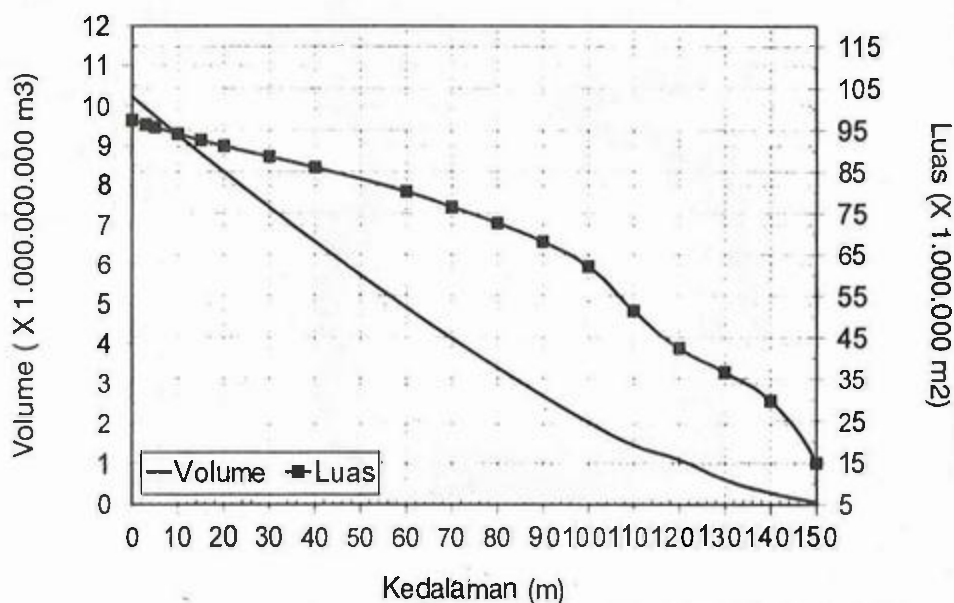


Gambar 1. Peta Batimetri Danau Maninjau.

Tabel 1. Morfometri Danau Maninjau.

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Luas permukaan air	ha	9.737,50
2.	Panjang maksimum	km	16,46
3.	Lebar maksimum	Km	7,50
4.	Kedalaman maksimum	m	168,00
5.	Kedalaman rata-rata	m	105,02
6.	Panjang garis pantai	km	52,68
7.	<i>Shore line development</i>	km/km ²	1,51
8.	Volume air	m ³	10.226.001.629,2

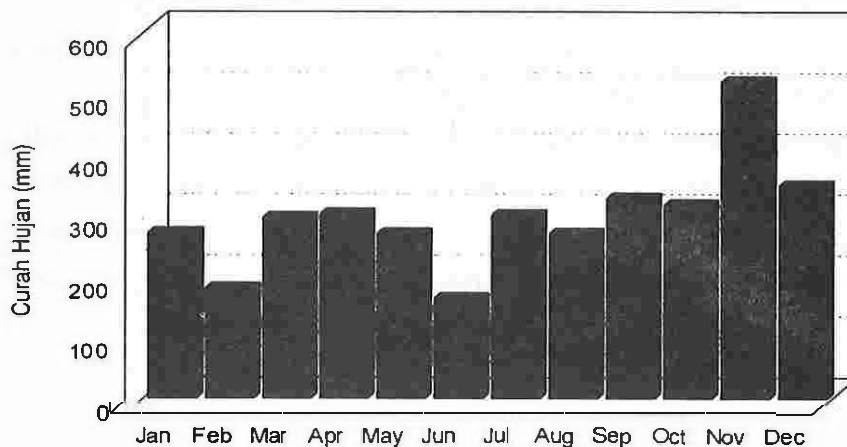
Hubungan antara kedalaman danau dengan luas permukaan air dan volume air menunjukkan bahwa pada kedalaman 0 sampai 100 m terdapat penurunan luas permukaan air yang relatif kecil, tetapi pada kedalaman 100 sampai dasar terjadi penurunan luas permukaan yang tajam (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan antara kedalaman dengan luas permukaan dan volume air Danau Maninjau

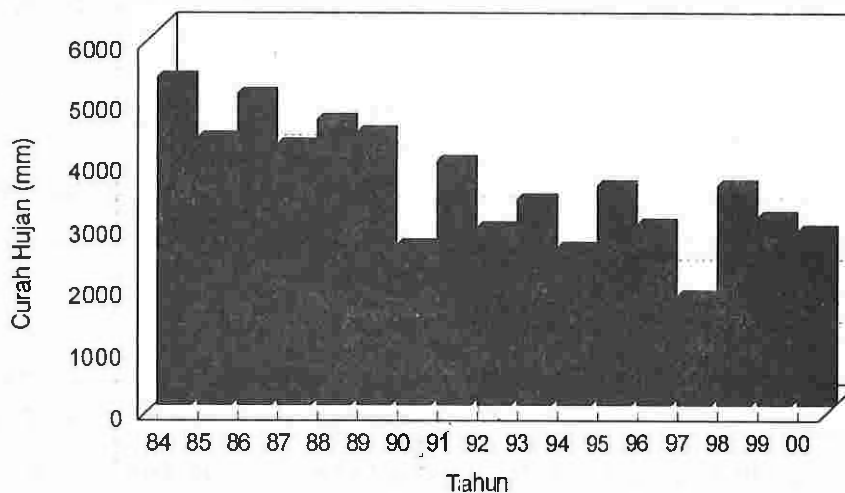
Hidroklimatologi

Berdasarkan data curah hujan dari Stasiun Maninjau mulai tahun 1984 - 2000 menunjukkan bahwa pola hujan bulanan dapat dikatakan relatif merata sepanjang tahun (Gambar 3), dengan curah hujan tertinggi pada bulan November dan terendah pada bulan Juni. Rata-rata curah hujan bulanan sebesar 299 mm dan curah hujan tahunan rata-rata 3661 mm.



Gambar 3. Curah Hujan Bulanan (1984 - 2000)

Berdasarkan klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Ferguson yang menggunakan kriteria bulan basah (curah hujan lebih besar 100 mm), bulan kering (curah hujan lebih kecil 60 mm), dan bulan lembab (curah hujan antara 60 mm sampai 100 mm), menunjukkan bahwa rata-rata bulan basah 10,41/tahun, bulan kering 0,47/tahun dan bulan lembab 0,41/tahun. Nilai Q menunjukkan angka sebesar 0,045, yang berarti daerah kajian tergolong A, yaitu daerah yang sangat basah. Berdasarkan klasifikasi Mohr daerah kajian termasuk Golongan I, yaitu daerah basah.

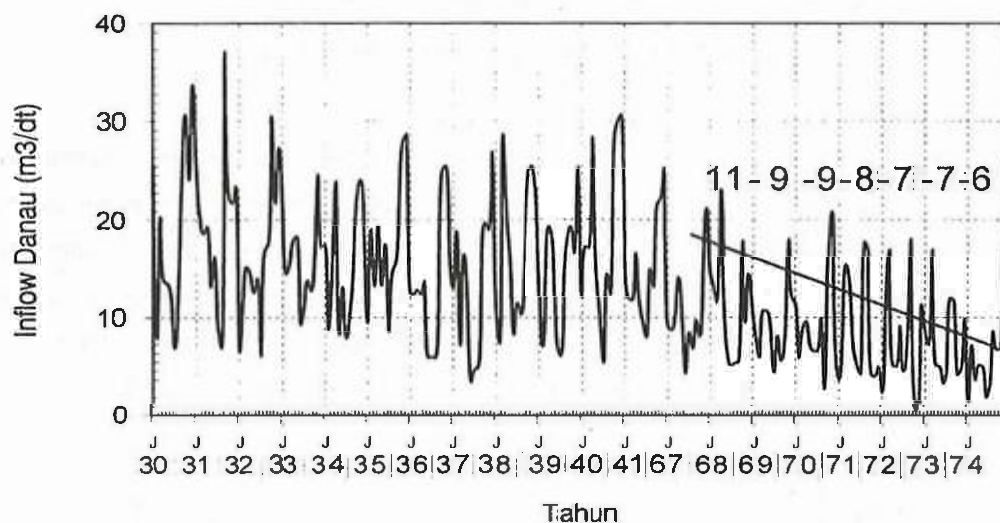


Gambar 4. Curah Hujan Tahunan (1984 - 2000)

Sejak tahun 1983 Danau Maninjau digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dengan membangun bendungan pada outlet (Sungai Atokan, yang dasar sungainya pada ketinggian 462 m) yang produksi pertahunnya rata-rata sebesar 205 GWH. Bendungan ini menaikkan tinggi muka

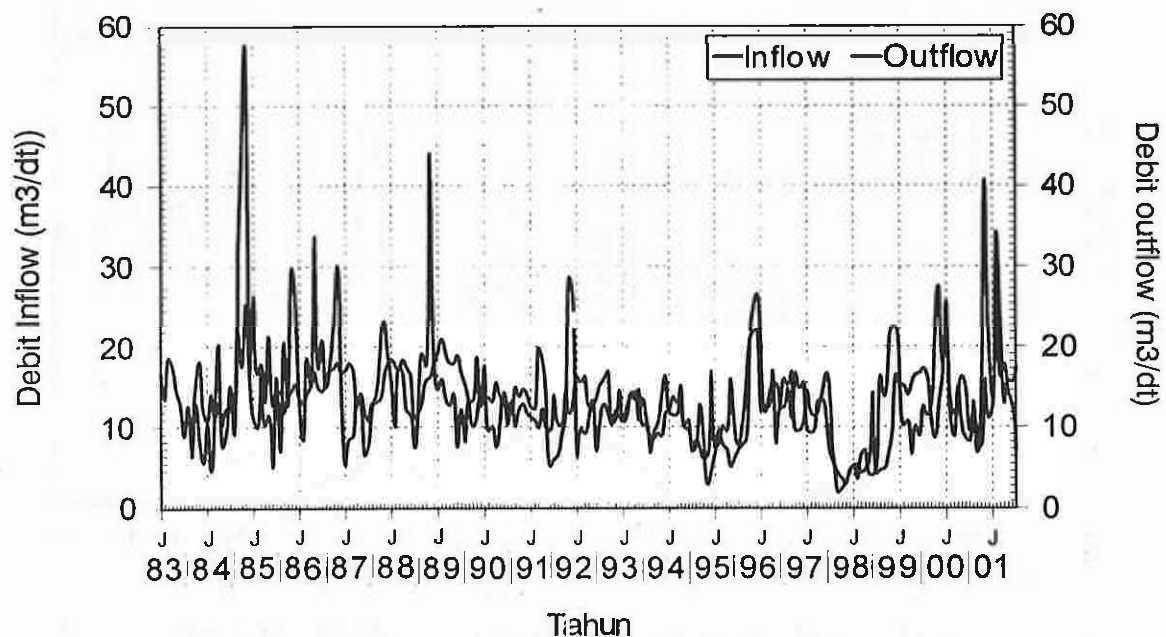
air danau dari ketinggian 462 m dari permukaan air laut menjadi 464 m. Jika dihitung waktu tinggal air (*water retention time*) Danau Maninjau sebelum dibangun PLTA yang dihitung berdasarkan data tahun 1984 -2000 dan Peta Batrimetri menunjukkan waktu sebesar 24,58 tahun, tetapi setelah dibangun PLTA waktu tinggal air menjadi 25,05 tahun.

Aliran masuk Danau Maninjau yang dicatat antara tahun 1930 - 1941 dan tahun 1967 -1974 menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun (Gambar 5), dengan rata-rata sebesar 13,37 m^3/dt . Pada periode tahun 1958 sampai 1974 terjadi kecenderungan penurunan debit yang cukup besar, yaitu dari 11 m^3/dt , menjadi 6 m^3/dt . Penurunan debit ini perlu dicari penyebabnya apakah memang terjadi perubahan iklim secara global atau bersifat lokal, untuk memprediksi perilaku iklim di masa yang akan datang dalam kaitannya dengan konservasi Danau Maninjau.



Gambar 5. Inflow Danau Maninjau (1930- 1974)

Berdasarkan data aliran masuk dan keluar Danau Maninjau yang dicatat antara tahun 1983 - 2001 menunjukkan bahwa pada umumnya outflow lebih kecil dari pada inflow. Pada akhir tahun 1988 terjadi inflow yang sangat besar hal ini disebabkan oleh hujan yang jatuh pada bulan Nopember sangat tinggi yaitu sebesar 1088 mm (Gambar 6). Aliran keluar danau ini digunakan untuk pembangkitan tenaga listrik yang melalui bangunan pengambilan air PLTA pada ketinggian antara 457,15 sampai 453,75 m dari permukaan air laut atau pada kedalaman dari puncak bendung antara 6,85 - 10,25 m. Jika dihitung debit rata-rata air yang melalui saluran pengambilan air untuk PLTA antara tahun 1983 -2001 sebesar 13,39 m^3/dt , hal ini menunjukkan bahwa bila dibandingkan dengan debit rata-rata yang melalui Sungai Antoka sebelum dibangun PLTA (1930 - 1974) terjadi peningkatan debit outflow yang relatif kecil, yaitu dari 13,37 m^3/dt menjadi 13,39 m^3/dt .

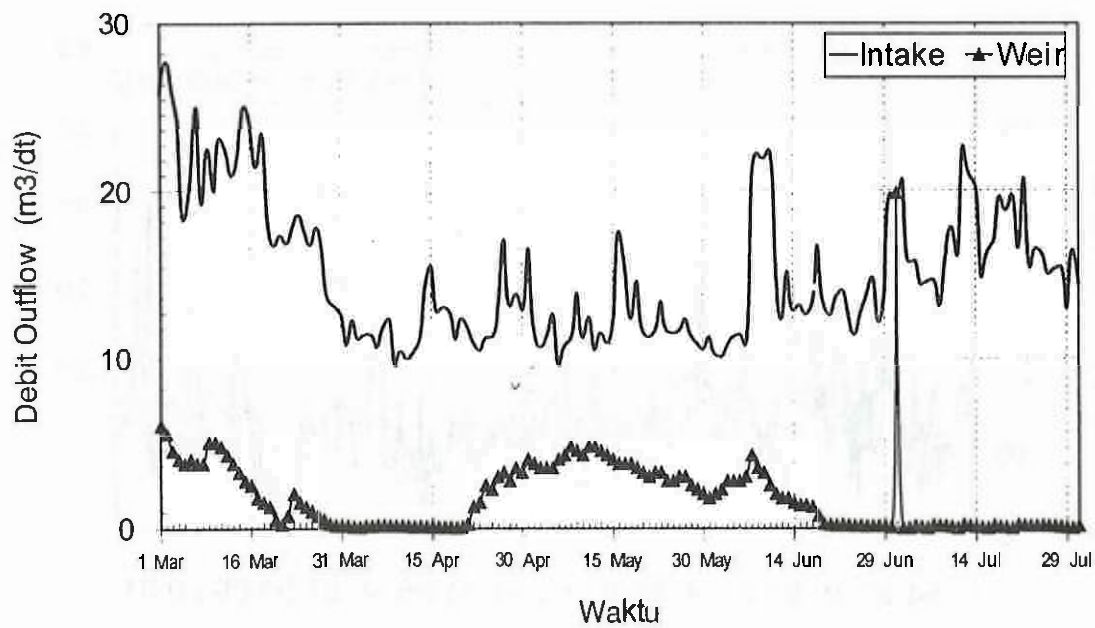


Gambar 6. Inflow dan Outflow Danau Maninjau (1983 - 2001)

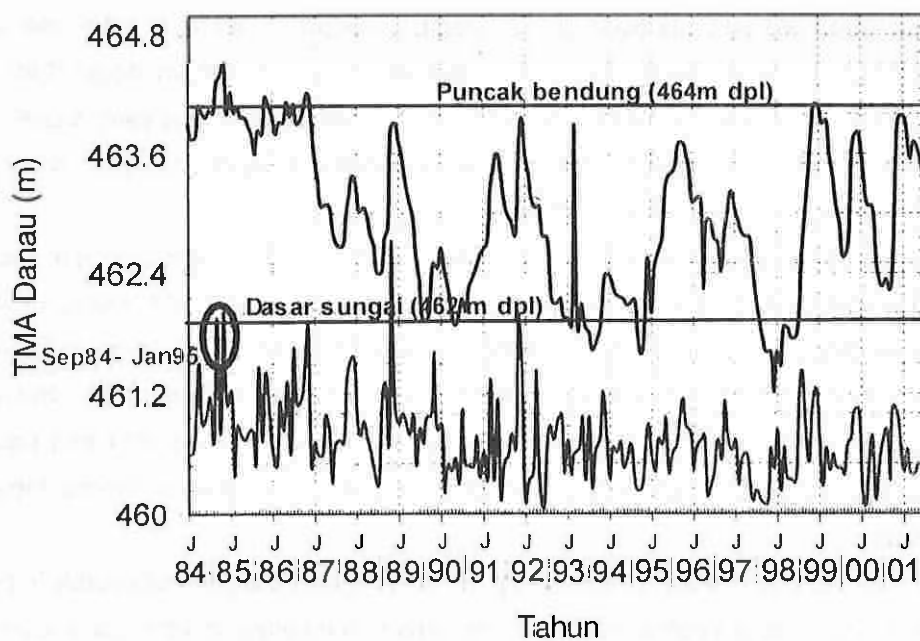
Sejak bulan Maret 2001 pintu air (weir) yang berada di samping bendung dibuka, dan air mulai mengalir pada ketinggian 462 m atau pada ketinggian yang sama dengan dasar Sungai Antokan, hal ini dilakukan untuk membuang lapisan atas kolom air danau. Debit air yang melewati weir tersebut relatif kecil rata-rata sebesar $1,83 \text{ m}^3/\text{dt}$, bila dibanding dengan debit yang melalui bangunan intake PLTA sebesar $15,12 \text{ m}^3/\text{dt}$ (Gambar 7).

Tinggi muka air danau berdasarkan data antara tahun 1984 -2001 atau setelah dibangun PLTA pada umumnya menunjukkan kurang dari 464 m dari permukaan air laut, atau dengan kata lain air danau tidak melimpah melalui bendung. Tetapi pada akhir tahun 1984 tinggi muka air danau di atas 464 m, berarti terjadi pelimpahan air danau melalui bendung (Gambar 8). Hal ini disebabkan karena pada waktu itu terjadi hujan yang sangat tinggi yaitu sebesar 811 mm pada bulan Nopember, dan pada bulan-bulan sebelumnya curah hujan sudah besar sehingga tanah jenuh dengan air hujan.

Fluktuasi tinggi muka air danau mempunyai pola yang sejalan dengan pola curah hujan (Gambar 8), hal ini mempunyai arti bahwa walaupun air danau mempunyai volume yang sangat besar tetapi curah hujan yang jatuh di danau atau di *catchment area* mempunyai kontribusi yang cukup besar. Jadi komponen yang terkait dengan aliran permukaan (*surface run-off*) mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuantitas maupun kualitas air Danau Maninjau. Di masa yang akan datang proses air hujan menjadi *surface run-off* yang terjadi di daerah tangkapan (*catchment area*) danau perlu dikaji lebih mendalam lagi, dan juga dikaitkan dengan perkembangan daerah Maninjau menjadi objek pariwisata.



Gambar 7. Debit air yang melalui weir dan intake (Maret - Juli 2001)



Gambar 8. Fluktuasi Tinggi Muka Air Danau

Penggunaan Lahan di Daerah Tangkapan D. Maninjau

Danau Maninjau mempunyai *catchment area* sebesar 13. 260 ha, relatif kecil bila dibandingkan dengan luas permukaan airnya (9.737,50 ha), padahal air danau mempunyai volume

yang sangat besar, yaitu $10.226.001.629,2 \text{ m}^3$, juga dicerminkan oleh apa yang disebut dengan *volume quotient* ($A_{\text{DAS}}/V_{\text{W}}$) dan *area quotient* ($A_{\text{DAS}}/A_{\text{W}}$) yang masing-masing sebesar 0,013 ($\text{km}^2/10^6\text{m}^3$) dan 1,38.

Hal ini merupakan indikator peranan aliran air tanah (*groundwater*) cukup besar. Pada umumnya batas basin air tanah tidak selalu sama dengan batas basin danau, aliran air tanah dapat berasal dari daerah aliran sungai di luar Danau Maninjau, kalau ini yang terjadi maka kestabilan air danau sangat dipengaruhi oleh selain kondisi daerah aliran sungai danau, juga oleh kondisi daerah aliran sungai di luar (sekitar) danau khususnya penggunaan lahan (*land use*).

Berdasarkan peta rupa bumi skala 1:50.000 yang dikeluarkan Jantop TNI-AD tahun 1984 daerah tangkapan danau berada pada ketinggian antara 464 – 1250 m dari permukaan air laut, sebagian mempunyai lereng yang curam. Sebagai contoh pada sisi sebelah selatan perbedaan ketinggian antara permukaan danau dengan puncak pegunungan (batas daerah tangkapan air danau) sekitar 796 m tetapi jarak diagonalnya hanya 1,5 km atau mempunyai lereng sebesar 63%. Lahan ini sebaiknya diklasifikasikan kedalam lahan yang mempunyai potensi erosi yang tinggi. Kelerengan (besar dan panjang lereng) akan mempengaruhi erosi, semakin besar dan panjang suatu lereng maka akan semakin besar erosi, sehingga lahan yang mempunyai lereng yang besar dalam pengelolaannya diperlukan cara khusus, misalnya dengan teras dan pengolahan sejajar kontur.

Teras berfungsi untuk memperpendek lereng dan sekaligus memperkecil lereng, air hujan mempunyai kesempatan lebih lama untuk meresap kedalam tanah atau memperkecil aliran permukaan sehingga memperkecil erosi lembar (*sheet erosion*) dan erosi alur (*rill erosion*). Sedangkan vegetasi akan mempunyai dampak yang memperkecil erosi karena vegetasi berfungsi sebagai intersepsi air hujan sehingga mengurangi energi dari curah hujan dan memperkecil aliran permukaan, mengurangi kecepatan aliran permukaan, memperkuat agregat dan porositas tanah karena adanya perakaran dan serasah, dan meningkatkan aktivitas biologi di tanah (Schwab *et al.*, 1966)

Penggunaan lahan di daerah tangkapan air danau mempunyai pengaruh khususnya terhadap kualitas air danau, misalnya penggunaan pupuk dan pestisida untuk tanaman padi sawah, dan sampah domestik yang berasal dari daerah pemukiman. Menurut pengamatan di lapangan daerah di pinggiran danau mempunyai pengaruh yang sangat besar dalam menentukan kondisi air danau, karena pada umumnya sampah domestik di daerah tersebut dibuang langsung ke perairan danau, hal ini perlu mendapat perhatian.

Di masa yang akan datang kajian tentang beban nutrien yang berasal dari daerah tangkapan air danau dengan berbagai macam penggunaan lahan sangat diperlukan, guna untuk mengantisipasi perkembangan kota Maninjau yang dicanangkan untuk obyek pariwisata.

Berdasarkan data penggunaan lahan di kota Maninjau tahun 1991 ditunjukkan pada Tabel 2, memperlihatkan bahwa penggunaan lahan untuk hutan masih mempunyai areal yang sangat

luas yaitu 76,5 %, padi sawah menempati areal 13,4 %, ladang/kebun 7,9 % dan pemukiman 2,2 %. Perubahan penggunaan lahan khususnya pada areal hutan menjadi areal non hutan perlu diperketat, mengingat hutan di daerah ini mempunyai topografi yang tergolong sangat curam, ditambah faktor tanah yang peka terhadap erosi, hal ini dapat meningkatkan sedimentasi di perairan danau.

Tabel 2. Penggunaan Lahan di Kota Maninjau Tahun 1991

No.	Jenis Penggunaan Lahan	Luas (ha)	%
1	Rumah	33,5	2,2
2	Sawah	212,8	13,4
3	Ladang/kebun	125	7,9
4	Hutan	1.211,7	76,5
Jumlah		1.582,9	100

Sumber : Rencana Umum Tata Ruang Ibukota Kec. Tanjung Raya

KESIMPULAN DAN SARAN

- Daerah tangkapan air danau sebagian besar mempunyai lereng yang sangat curam dan sensitif terhadap erosi, ditambah dengan curah hujan yang tinggi sehingga perubahan peruntukan daerah ini dari areal hutan menjadi areal non hutan akan meningkatkan sedimentasi di Danau Maninjau.
- Pengaruh pembangunan PLTA cukup kecil terhadap waktu tinggal, tapi merubah bagian air yang keluar danau dari lapisan atas menjadi lapisan pada kedalaman 6 - 10 m. Debit air untuk pembangkit tenaga listrik kurang lebih sama dengan aliran yang keluar dari Danau Maninjau yang melalui Sungai Atokan sebelumnya.
- Untuk meningkatkan wisata kedanau Maninjau disarankan penataan daerah sepadan danau (zonasi peruntukan), dan mencantumkan informasi ilmiah tentang karakteristik danau terutama yang berkaitan dengan keselamatan/kesehatan wisatawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1991. Rencana Umum Tata Ruang Ibukota Kec. Tanjung Raya. Pemda Kabupaten Daerah Tingkat II Agam.
- Schwab, G.O, Frevert, R.K, Edminster, T.W., and Barnes. K.K. 1966. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons. New York. USA.
- Soehaimi, A. M, Firdaus, I. Effendi, A. Djuhandi, J.H. Setiawan, Eka T. Putranto. 1998. Studi Terpadu (Geologi, Geodesi, Seismologi dan Geokimia) Sesar Aktif Sumatera Segmen

- Alahan Panjang – Singkarak – padang Panjang – Bukittinggi, Sumatera barat. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXVII, p 121. Yogyakarta.
- Soekardi Wisnubroto, Siti Lela Aminah, dan Mulyono Nitisapto. 1983. Asas-asas Meteorologi Pertanian. Ghalia Indonesia, Yogyakarta.
- Van Bemmelen. 1949. The Geology of Indonesia Vol. 1A” Government Printing Office, The Hague.
- Ward, A.D. and Elliot, W.J. 1995. Environmental Hydrology. Lewis Publishers. New York, USA.