

## KARAKTERISASI HIDROLOGI DANAU MANINJAU SUMBAR

Oleh:

M. Fakhrudin, H. Wibowo, L. Subehi, I. Ridwansyah  
*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*

### PENDAHULUAN

Danau Maninjau yang terletak di Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Agam, Sumatra Selatan merupakan kebanggaan masyarakat dan sekaligus mempunyai peran yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Danau ini mempunyai fungsi tiga macam, yaitu pertama fungsi ekologi, antara lain merupakan habitat bagi organisme, mengontrol keseimbangan air tanah, dan mengontrol iklim mikro. Fungsi kedua adalah sosial, antara lain tempat masyarakat untuk mandi cuci kakus, dan memberikan pemandangan yang indah. Fungsi yang ketiga adalah ekonomi, antara lain 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 dipinggiran danau, dan dapat berasal pula dari aliran bawah permukaan tanah (interflow) dan groundwater flow. Sedangkan air yang keluar danau selain berasal dari intake PLTA dan bendung atau weir, dapat berupa evaporasi dari permukaan air danau, maupun groundwater flow.

Pada tahap ini dilakukan identifikasi komponen-komponen yang berkaitan dengan 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.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

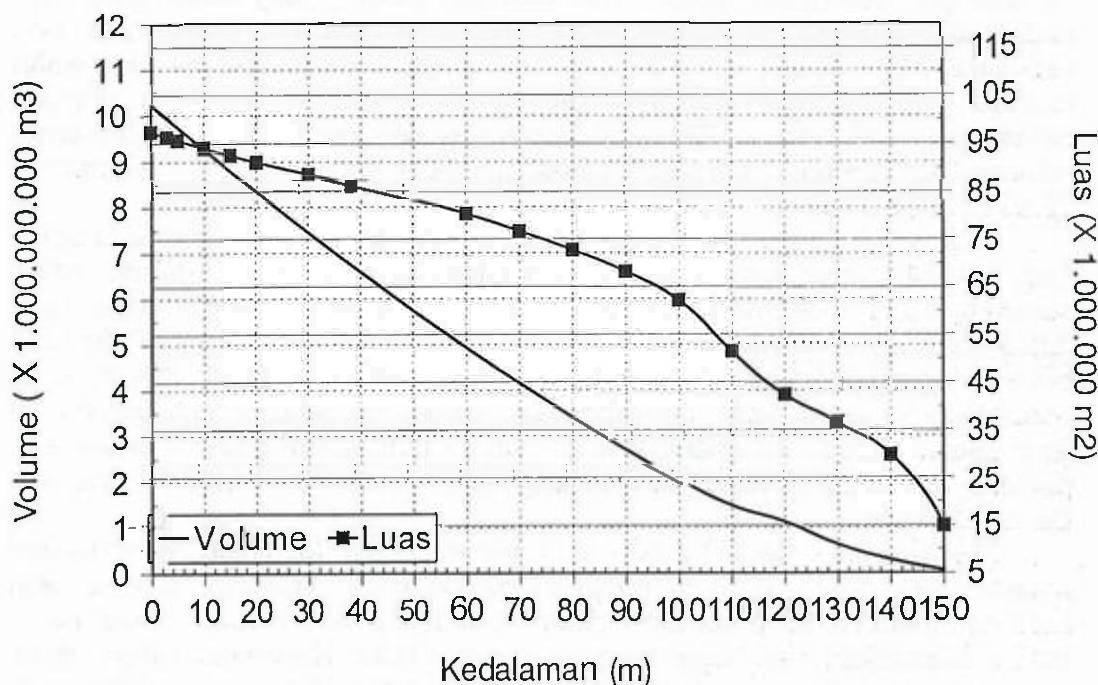
#### *Morfometri Danau*

Berdasarkan analisis dari Peta Batimetri Danau Maninjau (Gambar 1) yang disusun oleh penulis menunjukkan sebagai berikut:

- Luas permukaan air 9.737,50 ha
- Panjang maksimum 16,46 km
- Lebar maksimum 7,5 km

- Volume air  $10.226.001.629,2 \text{ m}^3$
- Kedalaman maksimum 165 m
- Kedalaman rata-rata 105,02 m
- Panjang garis pantai  $52,68 \text{ km}^2$
- Shore line development  $1,51 \text{ km/km}^2$

Hubungan antara kedalaman danau dengan luas permukaan air dan volume air ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa pada kedalam 0 sampai 100 m menunjukkan penurunan luas permukaan air yang relatif kecil, tetapi kedalaman 100 sampai dasar terjadi penurunan luas permukaan yang tajam.



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

### Hidroklimatologi

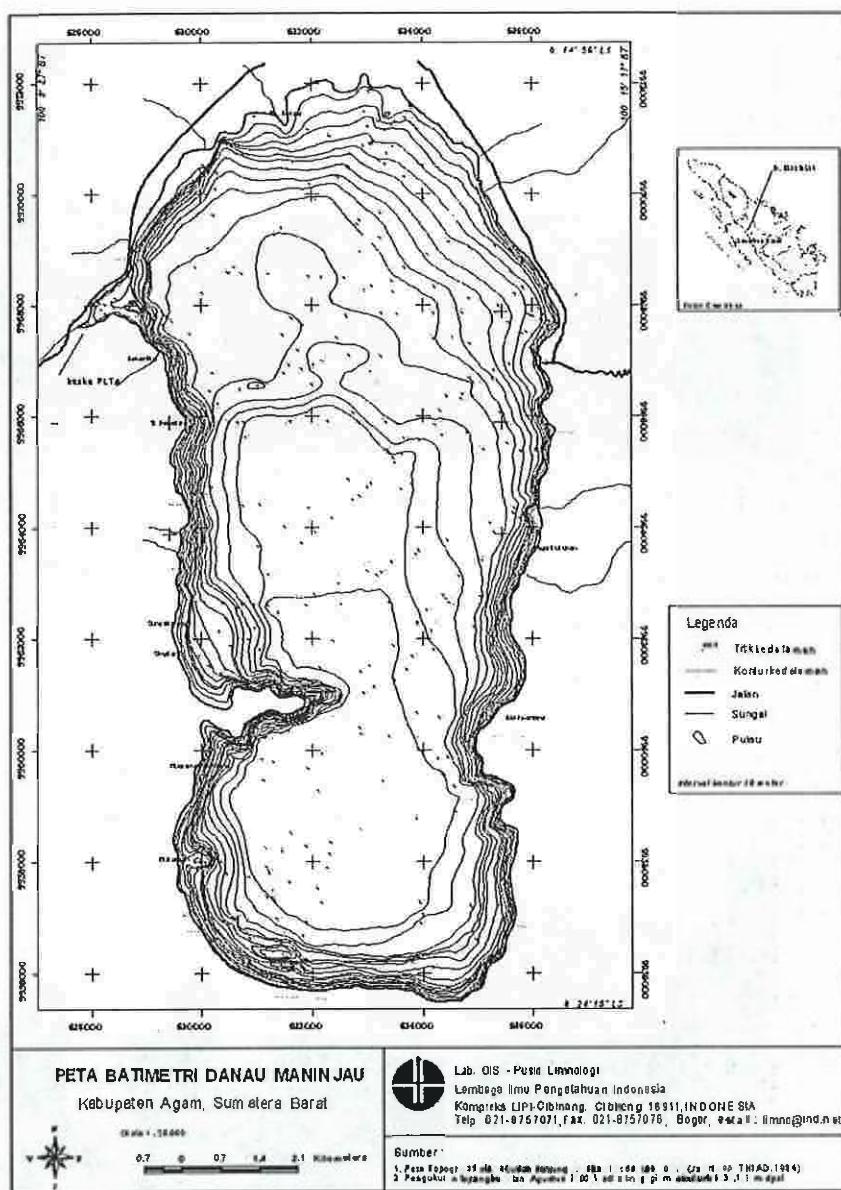
Berdasarkan data curah hujan dari Stasiun Maninjau mulai tahun 1984-2000 menunjukkan bahwa pola hujan bulanan dapat dikatakan relatif merata sepanjang tahun, seperti terlihat pada Gambar 3, kecuali bulan Nopember merupakan bulan yang curah hujannya tertinggi dan bulan Juni merupakan bulan dengan curah hujan yang terkecil. Jika dirata-rata curah hujan bulanan sebesar 299 mm dan curah hujan tahunan rata-rata 3661 mm.

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), berdasarkan kriteria tersebut menunjukkan bahwa rata-rata bulan basah 10,41/th, bulan kering 0,47/th dan bulan lembab 0,41/th. Kemudian dihitung nilai Q yang menunjukkan angka sebesar 0,045 berarti daerah kajian tergolong A, yaitu daerah yang sangat basah. Jika berdasarkan klasifikasi menurut Mohr daerah kajian termasuk Golongan I, yaitu daerah basah.

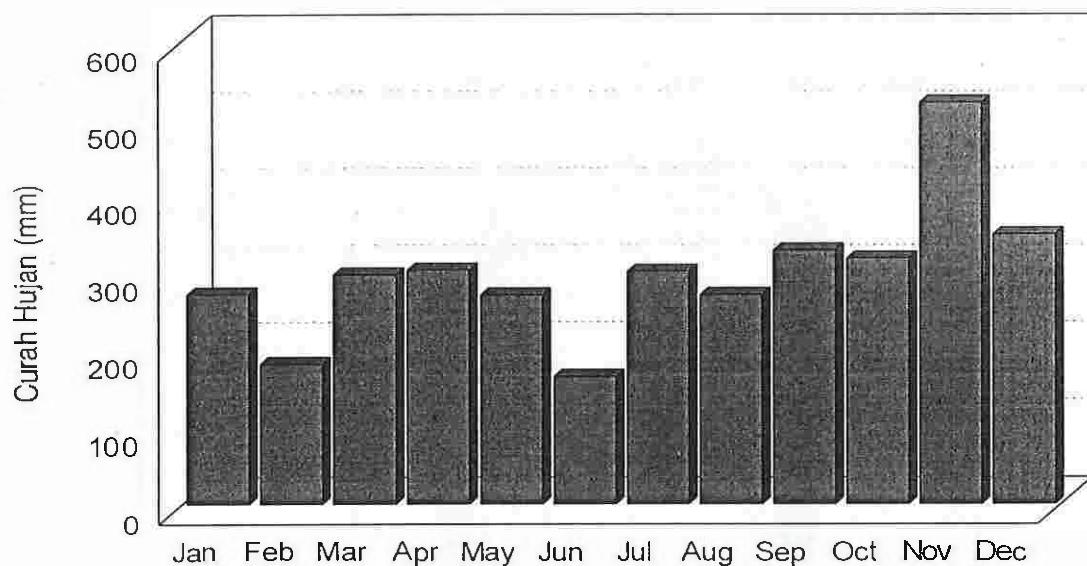
Danau Maninjau sejak tahun 1983 digunakan untuk pembangkit tenaga listrik yang produksinya rata-rata pertahun sebesar 205 GWH, dengan membangun bendungan pada outlet (Sungai Atokan, yang dasar sungainya pada ketinggian 462 m). Bendungan ini menaikkan tinggi muka air danau dari ketinggian 462 m dari permukaan air laut menjadi 464 m. Jika dihitung water retention time Danau Maninjau sebelum dibangun PLTA yang dihitung berdasarkan data tahun 1984 -2000 dan Peta Batimetri menunjukkan waktu sebesar 24,58 tahun, tetapi setelah dibangun PLTA water retention time menjadi 25,05 tahun, hal ini menunjukkan peningkatan yang tidak signifikan.

Inflow Danau Maninjau yang dicatat antara tahun 1930 - 1941 dan tahun 1967 - 1974 menunjukkan fluktuasi dari tahun ketahun, jika dirata-rata inflow sebesar  $13,37 \text{ m}^3/\text{dt}$  (Gambar 5). Pada periode tahun 1958 sampai 1974 terjadi kecenderungan penurunan debit yang cukup besar, yaitu berturut-turut sebesar  $11 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $9 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $9 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $8 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $7 \text{ m}^3/\text{dt}$ ,  $7 \text{ m}^3/\text{dt}$ , dan  $6 \text{ m}^3/\text{dt}$ , penurunan ini perlu dicari penyebabnya apakah memang terjadi perubahan iklim secara global atau bersifat lokal, hal ini diperlukan untuk memprediksi perilaku iklim dimasa yang akan datang dalam kaitannya dengan konservasi Danau Maninjau.

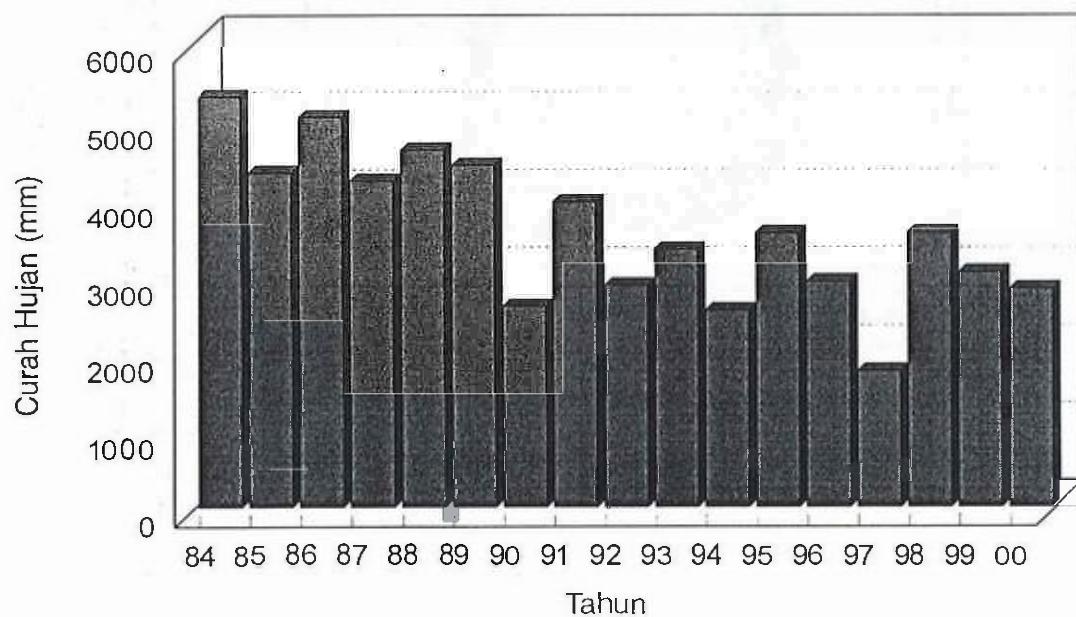
Berdasarkan data inflow dan outflow Danau Maninjau yang dicatat antara tahun 1983 - 2001 menunjukkan bahwa pada umumnya outflow lebih kecil dari pada inflow, pada akhir tahun 1988 terjadi inflow yang sangat besar hal ini disebabkan oleh hujan yang jatuh pada bulan Nopember sangat tinggi yaitu sebesar 1088 mm. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6. Outflow danau ini digunakan untuk pembangkitan tenaga listrik yang melalui bangunan intake 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 melalaui intake untuk PLTA antara tahun 1983 -2001 sebesar  $13,39 \text{ m}^3/\text{dt}$ , hal ini menunjukkan bahwa bila dibandingkan dengan debit rata-rata yang melalui Sungai Atokan sebelum dibangun PLTA (1930- 1974) terjadi peningkatan debit outflow yang relatif kecil, yaitu dari  $13,37 \text{ m}^3/\text{dt}$  menjadi  $13,39 \text{ m}^3/\text{dt}$ .



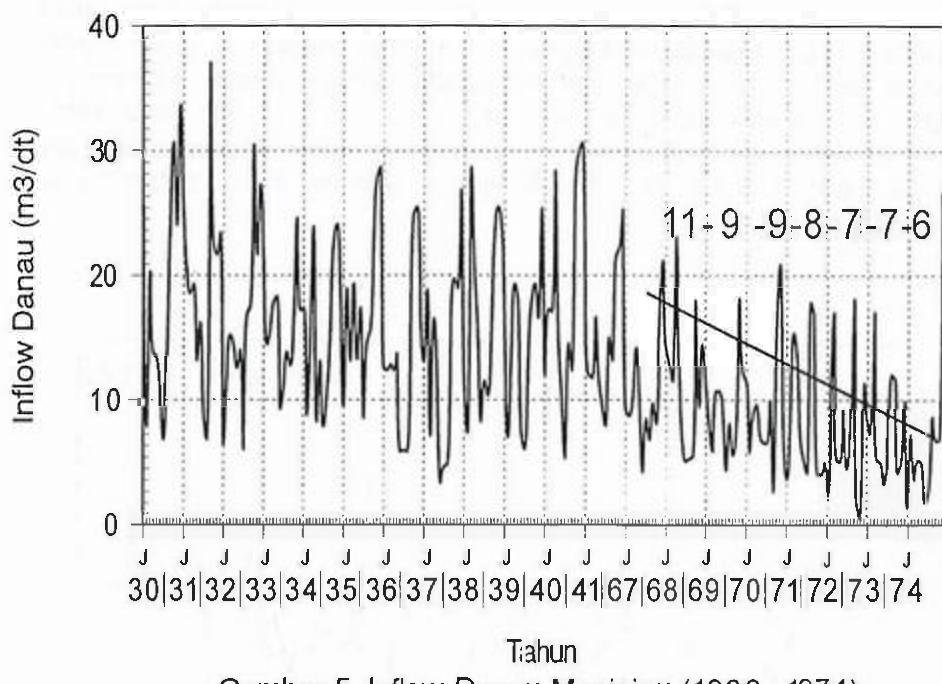
Gambar 1. Peta Batimetri



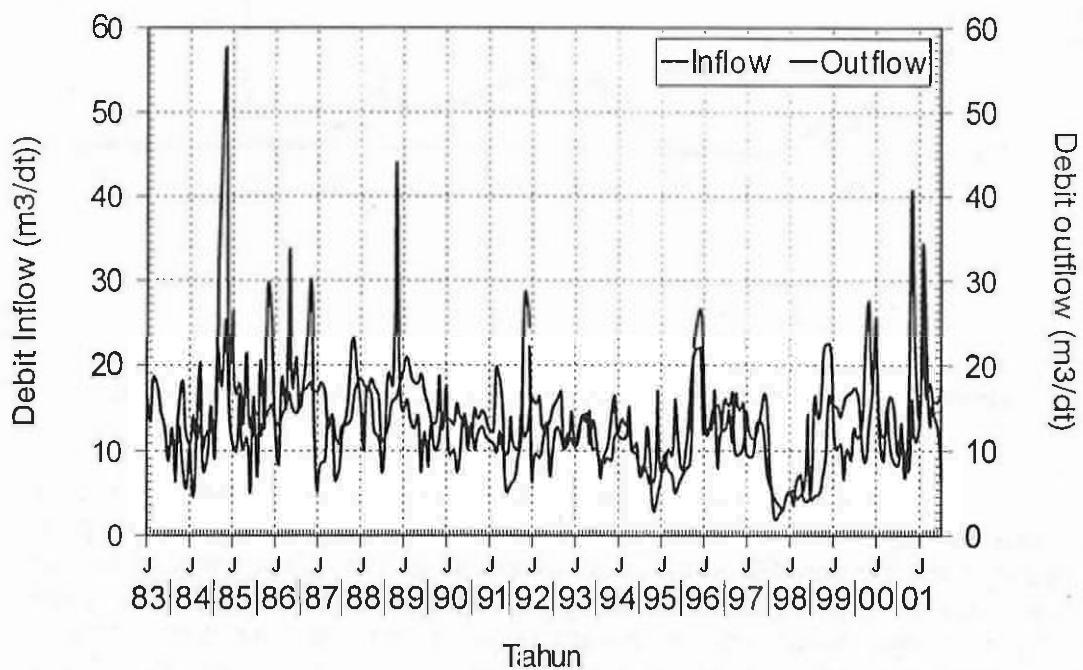
Gambar 3. Curah Hujan Bulanan (1984 - 2000)



Gambar 4. Curah Hujan Tahunan (1984 - 2000)

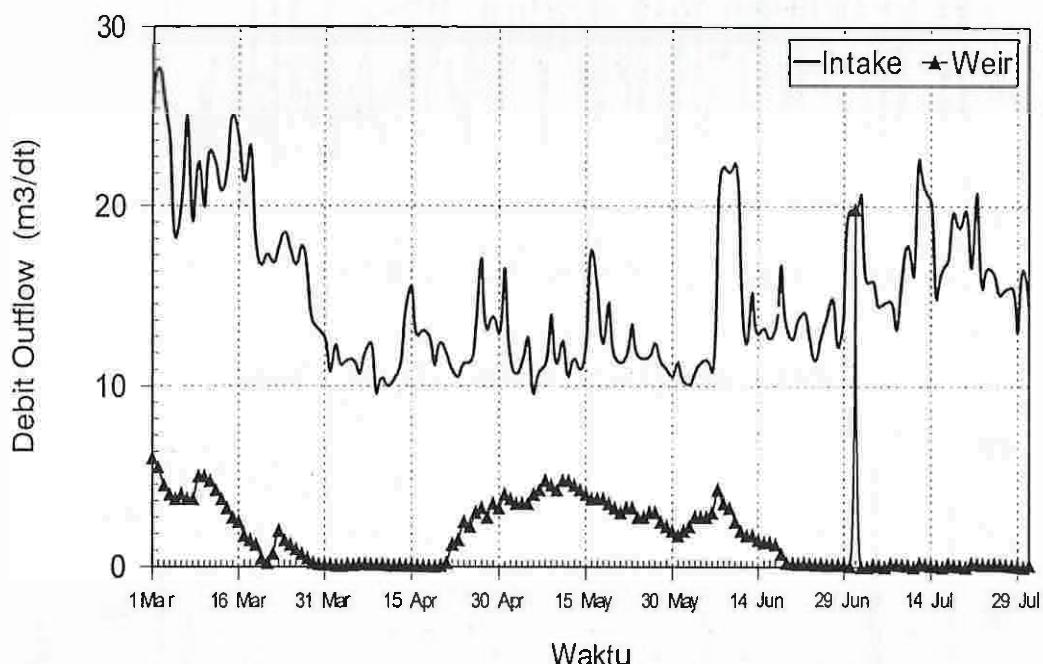


Gambar 5. Inflow Danau Maninjau (1930- 1974)



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

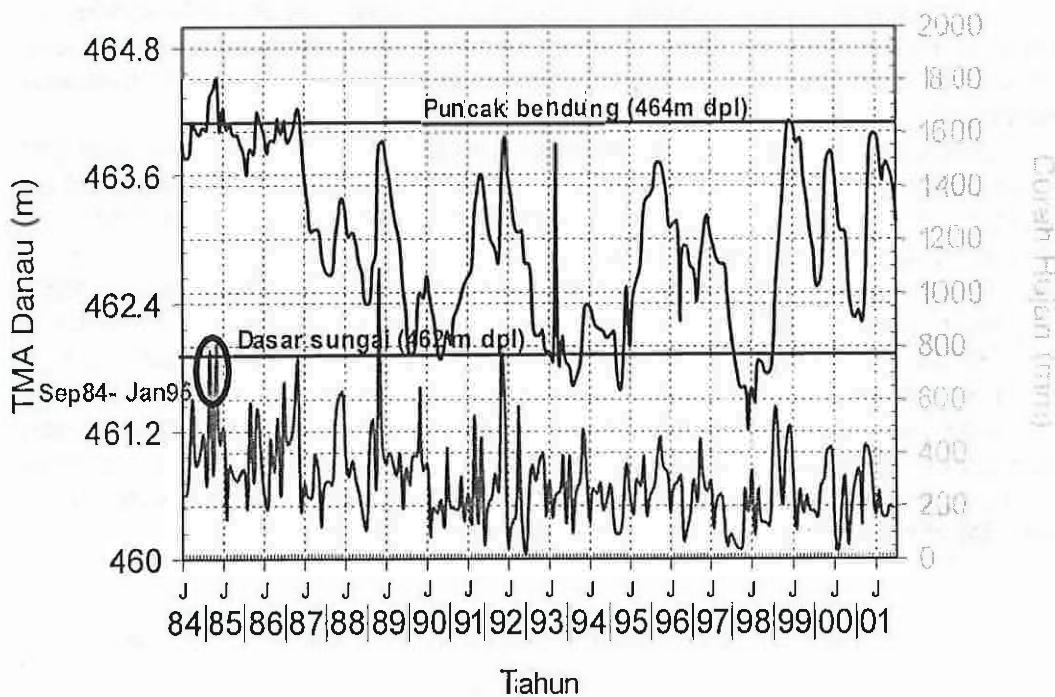
Sejak bulan Maret 2001 pintu air (weir) yang berada disamping bendung dibuka, air mulai mengalir pada ketinggian 462 m atau pada ketinggian yang sama dengan dasar Sungai Antokan, hal ini dilakukan untuk membuang lapisan atas kolom air danau. Debit air yang melewati weir tersebut relatif kecil rata-rata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



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

Tinggi muka air danau berdasarkan data antara tahun 1984 -2001 atau setelah dibangun PLTA menunjukkan bahwa tinggi muka air danau pada umumnya 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 diatas 464 m, berarti terjadi pelimpahan air danau melalui bendung (Gambar 8). Hal ini disebabkan karena pada waktu itu terjadi hujan dengan tebal 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.

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa fluktuasi tinggi muka air danau mempunyai pola yang sejalan dengan pola curah hujan, 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 surface run-off mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kuantitas maupun kualitas air Danau Maninjau. Dimasa yang akan datang proses air hujan menjadi surface run-off yang terjadi di catchment area danau perlu dikaji lebih mendalam lagi, dan juga dikaitkan dengan perkembangan daerah Maninjau menjadi objek pariwisata.



Gambar 8. Fluktuasi Tinggi Muka Air Danau

#### **Penggunaan Lahan di Catchment area D. Maninjau**

Danau Maninjau mempunyai catchment area sebesar 13.260 ha, bila dibandingkan dengan luas permukaan airnya (9.737,50 ha) relatif kecil, padahal air danau mempunyai volume yang sangat besar, yaitu 10.226.001.629,2 m<sup>3</sup>, juga dicerminkan oleh apa yang disebut dengan volume quotient ( $A_{DAS}/V_w$ ) dan area quotient ( $A_{DAS}/A_w$ ) yang masing-masing sebesar 0,013 (km<sup>2</sup>/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>) 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 diluar 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 *land use*.

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 dipinggiran 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 dari berbagai stakeholder.

Dimasa 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 1, 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 diperairan danau.

Tabel 1. 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

## *Geologi*

Secara umum, geologi Danau Maninjau yang terletak pada  $100^{\circ} 08' 53.84''$  BT –  $100^{\circ} 14' 02.39''$  BT dan  $0^{\circ} 14' 52.50''$  LS –  $0^{\circ} 24' 12.17''$  LS merupakan danau tipe vulcano-tektonik dengan bentuk kaldera elips (Van Bemmelen, 1933), yang diduga masih terdapat aktivitas vulkanik di daerah tersebut dengan ditandai munculnya belerang (tubo belerang). Faktor geologi yang membatasinya ialah Gunung Talakmau dan Sorikmarapi yang berada di sisi sebelah utara dan sebelah selatan terdapat kota Padang (merupakan satu arah melintang pada arah barat laut - tenggara) serta blok patahan yang merupakan bagian dari patahan Sumatera (patahan Semangko) yaitu patahan Bengkulu di sebelah barat yang merupakan daerah zona subduksi. Akibat terjadinya proses subduksi yaitu adanya lipatan/fold di Sumatera yang terjadi di depan zona subduksi dan terbentuk oleh intrusi batuan batholith dari granodiorit dan granit.

Blok patahan Bengkulu dicirikan oleh kandungan fases Vulkanik (formasi andesit tua berumur pleistosen). Terdapat juga intrusi batuan batholith berupa granit, granodiorit dan diorite yang berumur miosen tengah dengan dike dan dapur magma berupa batuan dacite (Tobler 1910, 1917). Dalam zona patahan Bengkulu ini, sangat erat hubungannya dengan jajaran pegunungan api sebelah selatan di Jawa yang merupakan barisan busur luar pegunungan api Sumatera - Jawa, dalam skala luas merupakan rangkaian pegunungan yang dimulai dari Birma sampai Banda (pegunungan sabuk Pasifik).

Pada daerah zona Barisan tersebut, awal pembentukannya dimulai berupa pegunungan non-vulkanik dengan ditandai adanya perekahan (rifting) akibat patahan utama Sumatera yaitu patahan Semangko yang menghasilkan graben Semangko.

Pada akhir pengendapan periode formasi Telisa, terjadi pembentukan zona Barisan yang kedua. Proses geantiklin ini ditandai aktivitas vulkanik dan keluarnya belerang sehingga menjadi daerah pegunungan vulkanik. Pada zona ini terjadi intrusi magma (acid magma) yang terbentuk dari dacite dan liparite sebagai faktor eksternal aktivitas outflow vulkanik dari lava dacitic dan liparitic. Blok patahan Bengkulu dibatasi dalam arah Utara-Timur oleh graben Semangko. Ujung sebelah selatan dari graben Semangko ini meliputi daerah Selat Sunda

Danau Maninjau merupakan berupa kaldera yang berbentuk elips dengan batas di sebelah timur dengan adanya vulcano-tektonik yang terbentuk dari batuan dasar kompleks yaitu : granodiorit, diabas, phyllitic, sekis dan gamping. Bentuk kaldera yang memanjang mungkin menunjukkan masa erupsi yang lama pada waktu terjadi pergeseran lateral kanan pada jalur patahan utama Sumatera; juga tuf batuapung tampaknya menutupi semua batuan dasar gunung api Maninjau dan berumur pleistosen.

## KESIMPULAN

- Volume air danau sangat besar bila dibandingkan dengan luas catchment tetapi curah hujan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap fluktuasi tinggi muka air
- Catchment area danau sebagian besar mempunyai lereng yang sangat curam dan sensitif terhadap erosi
- Pengaruh pembangunan PLTA cukup kecil terhadap water retention time, tapi merubah bagian air yang keluar danau dari lapisan atas menjadi lapisan pada kedalaman 6 - 10 m dan dapat meningkatkan kesetabilan tinggi muka air danau.
- Debit untuk pembangkitan listrik kurang lebih sama dengan outflow dari sungai Atokan sebelumnya.

## S A R A N

- ◆ Penataan sempadan pantai (dikhususkan untuk pariwisata) dan diperlukan konservasi daerah-daerah yang berpotensi terjadi erosi
- ◆ Diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai beban nutrien yang berasal dari catchment area danau dengan berbagai penggunaan lahan pada saat ini dan untuk prediksi dimasa yang akan datang, serta diperlukan pula kajian bagaimana peran iklim khususnya angin terhadap pengadukan air danau.
- ◆ Data hidroklimatologi Danau Maninjau sangat minim sekali, maka diperlukan pemasangan peralatan perekam data hidroklimatologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1991. Rencana Umum Tata Ruang Ibukota Kee. Tanjung Raya. Pemda Kabupaten Daerah Tingkat II Agam.
- Asmoro, Pudjo, 1992. Kemungkinan Letusan Freatomagmatik di Masa dating dan Bahayanya di Kaldera batur Bali – Indonesia. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XXI, Yogyakarta.
- Natawidjaja, Danny H, 1994. Studi Mikrotektonik dan Sesar Aktif di Indonesia. Prosiding Tridasawarsa Puslitbang Geoteknologi LIPI. Bandung.
- Sampoerno, 1997. Diktat Geomorfologi. ITB. Bandung.
- 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.

Soekardi Wisnubroto, Siti Lela Aminah, dan Mulyono Nitisapto. 1983. *Asas-asas Meteorologi Pertanian*. Ghalia Indonesia, Yogyakarta.

Soehaimi, A. M. Firdaus, I. Effendi, A. Djuhanda, 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, 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.