

## PENGAMATAN JANGKA PANJANG KONDISI AIR DANAU TOWUTI

Yudi Iman Tauhid & Jon Arifian <sup>1)</sup>

### Intisari

*Dalam tulisan ini, dikemukakan kajian awal mengenai kondisi air Danau Towuti berkenaan dengan turunnya duga muka air (DMA) secara drastis. Dengan menggunakan data harian dari 13 tahun pengamatan seperti curah hujan, duga muka air dan out flow, kemudian dihitung kesetimbangan air daerah aliran danaunya. Hasil-hasil pengamatan secara tahunan adalah, curah hujan = 2982 mm, in flow = 1821 mm, out flow = 1829 mm, penguapan = 1185 mm dan perubahan storage = - 24 mm.*

### Abstract

*In this paper, a preliminary assessment of Lake Towuti water condition is outlined due to the water level is decreased drastically in recent time. Using the daily data from 13 years observation such as rainfall, water level and out flow, then each component of the catchment water balance is calculated. The results of observation for annual values are, rainfall = 2982 mm, in flow = 1821 mm, out flow = 1829 mm, evaporation = 1185 mm and delta storage = - 24 mm.*

Kata kunci : DMA, Inflow, Outflow, Storage, Curah hujan.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kegiatan penyemaian awan pertama kali dilakukan di Danau Towuti-Soroako, tahun 1988 untuk 2 periode masing-masing periode selama 3 minggu. Ketika itu Duga Muka Air (DMA) Danau Towuti menurun terus sejak pertengahan tahun 1987 hingga mencapai posisi terendahnya pada bulan Maret 1988 pada level 317.61 m MSL. Secara alami posisi tersebut dikhawatirkan sulit kembali ke posisi normalnya ( $\pm$  319 m MSL), karena sedang terjadi bencana kekeringan yang melanda sebagian besar wilayah Indonesia. Bencana kekeringan ini lebih dikenal dengan

tahun kering El Nino yang diduga datangnya secara periodik dan telah banyak dikemukakan oleh berbagai pihak sebagai penyebab utama turunnya jumlah curah hujan musiman. Pada tahun 1997, kembali DMA danau Towuti turun. Kali ini turunnya bahkan lebih ekstrim lagi, hingga tercapai level terendah dalam catatan historisnya selama periode 1986-1998. Penurunan drastis DMA akan mengancam kelangsungan pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Larona yang sangat mengandalkan suplai airnya dari Danau Towuti. Energi listrik yang dihasilkan, terutama digunakan oleh PT INCO untuk produksi nikel, selain itu juga digunakan bagi keperluan sehari-hari masyarakat sekitarnya.

---

<sup>1)</sup> UPT Hujan Buatan, BPP Teknologi. Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta.

Apabila pengoperasian PLTA terganggu maka kesinambungan produksi nikel tentunya akan terganggu pula, bahkan terancam berhenti dalam berproduksi.

Dua tahun terakhir ini, kegiatan penyemaian awan kembali dilakukan di danau Towuti dengan teknologi penyemaian awan yang berbeda. Pada tahun 1988 dilakukan penyemaian awan dengan menggunakan bahan semai higroskopis powder dan larutan urea dalam jumlah puluhan ton, namun bahan semai yang digunakan kali ini disebut *flare* dengan jumlah tidak mencapai satuan ton. Teknik *flare* telah dilaksanakan 2 kali. Pertama, pada bulan Mei-Juni 1998 (anonym, 1998) dan kedua, di tahun 1999 ini secara terus menerus dari bulan Februari sampai Juni (Tauhid, Y.I. *et al*, 1999). Teknik ini relatif baru di Indonesia, sehingga dalam implementasinya melibatkan kerjasama antara UPT Hujan Buatan, BPP Teknologi dengan Atmospheric Incorporated (AI), USA..

Tujuan kegiatan tersebut adalah untuk membantu meningkatkan DMA danau Towuti yang turun sangat ekstrim, disebabkan oleh berbagai hal yang akan dikemukakan dalam bab diskusi tulisan ini. Turunnya elevasi atau DMA danau terkait dengan kesetimbangan inflow dan outflow. Apabila outflow lebih besar dari inflow maka DMA akan turun, demikian juga sebaliknya. Inflow sendiri banyak dipengaruhi oleh jumlah curah hujan, dengan kata lain adanya peningkatan curah hujan diharapkan akan meningkatkan inflow maupun storage. Inflow jelas dipengaruhi oleh kondisi alam, sementara outflow hanya tergantung pada kebutuhan, dapat diatur atau dikelola karena di danau Towuti sudah ada bendung. Kebutuhan akan minimum outflow dan minimum DMA bagi pengoperasian PLTA yang ada menjadi sangat strategis bagi kesinambungan produksi nikel PT. INCO. Kajian awal ini dibuat berdasarkan diskusi intensif dan informasi dari lapangan yang

diperoleh selama penulis bertugas di lokasi pada bulan Maret 1999, melibatkan sesama peneliti dari BPP Teknologi, personil dari PT.INCO dan team AI.

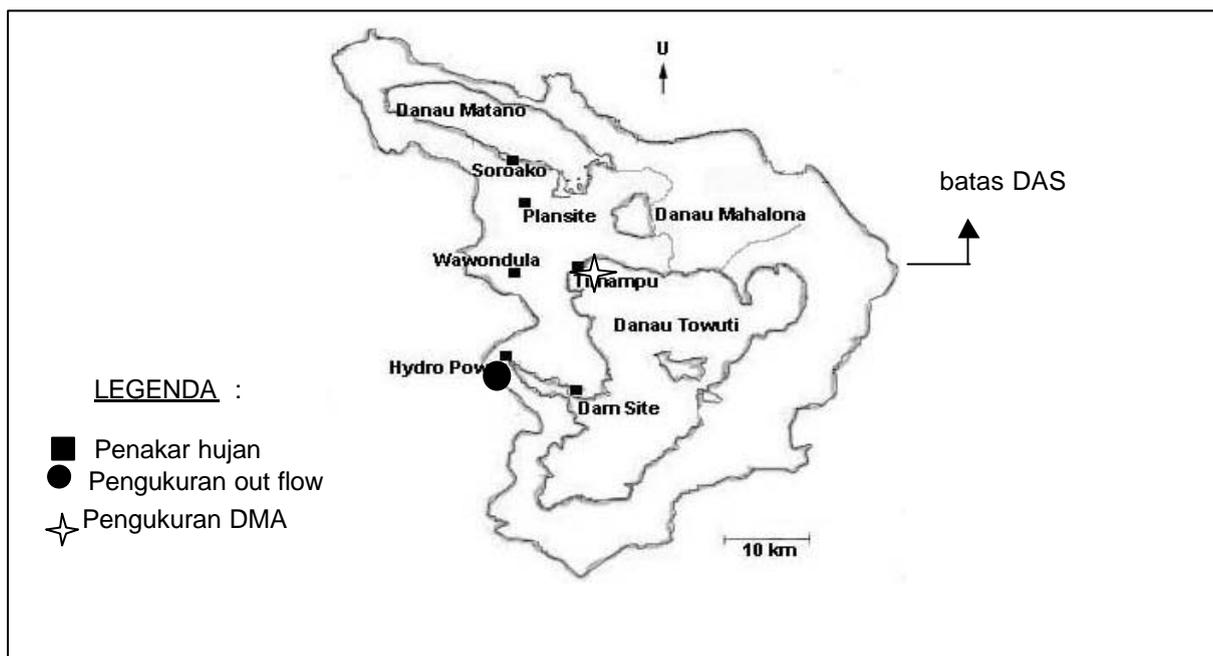
## 1.2. Tujuan

Tujuan penulisan adalah mengemukakan kajian awal mengenai kondisi air danau Towuti sekaligus menyediakan *data base* untuk menuju pada penelitian spesifik yang lebih mendalam, khususnya bidang hidrologi-klimatologi.

## 2. DATA DAN METODA

### 2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah Daerah Aliran Danau (DAD) Towuti - Soroako (2444 sq.km), Sulawesi Selatan. Peta lokasi ditunjukkan pada gambar 1. Di daerah ini terdapat perusahaan penambangan nikel terbesar di Indonesia, PT INCO. Untuk keperluan energi listriknya perusahaan tersebut memanfaatkan aliran sungai Larona yang dibendung di ujung danau Towuti. Danau Towuti dihubungkan secara *cascade* oleh 2 buah danau di bagian hulunya, yaitu danau Matano dan danau Mahalona. Kondisi topografi wilayah ini dicirikan dengan daerah perbukitan, relatif landai di sebelah barat dimana terdapat desa Soroako, namun cukup curam pada sisi pantai utara dan timurnya. Sebagian besar permukaan lahannya masih tertutup oleh vegetasi berupa hutan tropis, terlihat secara visual ketika penulis mengikuti sorti-sorti penerbangan untuk penyemaian awan, kecuali di areal sekitar penambangan nikel terdapat lahan terbuka. Terlihat juga beberapa lokasi bekas penambangan telah direhabilitasi (dihijaukan kembali), sekalipun belum pulih benar seperti kondisi sekitarnya yang belum terganggu.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan pengukuran hidrologi

Jarak antara batas tangkapan hujan dengan permukaan air danau relatif sangat sempit, sehingga apabila terjadi hujan, airnya akan langsung efektif menaikkan DMA danau. Hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 1. perbandingan luas daerah tangkapan hujan dan luas permukaan air atau genangan untuk ketiga danau, berikut prosentasenya terhadap total DAD-nya. Secara total hampir sepertiga atau 31.8 % dari luas DAD (2444 km<sup>2</sup>) merupakan permukaan air.

Tabel 1. Luas daerah tangkapan hujan dan permukaan air dalam km<sup>2</sup>.

Nama Danau	Tangkap-an Hujan	Permuka-an Air	Rasio (%)
Matano	482.4	168.0	34.8
Mahalona	260.9	25.0	9.6
Towuti	1700.4	585.0	34.4
<b>TOTAL</b>	<b>2443.7</b>	<b>778.0</b>	<b>31.8</b>

Sumber : PT. INCO

Berdasarkan pengamatan harian periode bulan Desember 1994 hingga Februari 1998, DMA danau Matano terendah adalah 391.25 m MSL pada 17 Nopember 1997 dan tertinggi dicapai pada 2 Agustus 1995 sebesar 392.98 m MSL. Terdapat perbedaan beda tinggi (elevasi) yang cukup besar atau sekitar 75 m antara DMA Danau Matano dengan DMA Danau Towuti.

## 2.2. Analisis data

Data yang digunakan bersumber dari PT. INCO berupa, out flow yang diukur di Hydro Power menggunakan *ultrasonic flow measuring devices*, sementara DMA Towuti dan curah hujan diukur di Timampu melalui pembacaan manual. Periode pengamatan adalah data harian yang diamati sejak bulan Januari 1986 sampai Maret 1999. Komponen inflow dari suatu daerah tangkapan hujan tidak diukur langsung, karena secara teknis di lapangan akan sulit dilakukan dan tidak praktis. Nilai inflow biasanya dihitung berdasarkan data out

flow (terdiri dari canal flow dan spill way flow) serta DMA melalui persamaan-persamaan sebagai berikut,

$$\text{Inflow} = \text{net storage} + \text{Canal flow} + \text{Spill Way flow}$$

Canal flow dihitung berdasarkan formula yang disarankan oleh PRP *Feasibility Study Report*, Juli 1995 halaman 3 -12 adalah sebagai berikut,

$$\text{Canal flow} = \text{Penstocks flow} + 1,$$

angka 1 merupakan faktor koreksi karena adanya canal leakage sebesar 1 m<sup>3</sup>/detik. Spill way flow dihitung langsung berdasarkan tabel konversi, sementara storage dihitung dengan persamaan lengkung debit (rating curve) yang menyatakan hubungan antara storage dengan DMA,

$$S = 5.03750. L^2 - 2630.81.L + 328312$$

dimana, *S* = storage Towuti (MCM, juta meter kubik), *L* = DMA Towuti (m), selanjutnya akan diperoleh,

$$\text{net storage} = \text{today storage} - \text{yesterday storage}$$

Hubungan antara DMA (elevasi) dengan besarnya storage dan luas permukaan air (area) danau Towuti yang digunakan dalam persamaan di atas, ditunjukkan pada tabel 2. Hubungan demikian dapat pula di plot dalam bentuk grafik yang disebut *rating curve* dan bersifat khas untuk suatu lokasi pengukuran.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1. Fluktuasi harian

Data curah hujan yang digunakan sementara ini berasal dari satu penakar, untuk mengetahui curah hujan wilayah yang lebih

representatif, sebenarnya perlu ditambah penakar-penakar lain yang tersebar lebih merata. Hal ini belum dapat dilakukan karena terbatasnya data panjang yang tersedia maupun kendala-kendala dalam penambahan penakar hujan. Beberapa kendala utama pemasangan penakar baru, diantaranya karena besarnya rasio luas permukaan air terhadap DAD-nya (lihat Tabel 1). Pemasangan penakar hujan di atas permukaan air tentunya memerlukan teknik khusus, misalnya dengan *buoy*. Selain itu, pemasangan penakar baru di daratanpun terkendala dengan jarangya pemukiman di sebelah utara dan timur danau, solusi untuk ini tentunya dapat dilakukan dengan cara memasang jaringan penakar sistem telemetring yang tidak memerlukan pengamat di lokasi. Jumlah penakar yang dipantau selama kegiatan penyemaian ini ada 17 buah seluruhnya tipe manual, penyebarannya lebih terkonsentrasi di bagian barat bahkan 3 diantaranya berada diluar DAD. Representatif tidaknya penggunaan data curah hujan yang hanya berasal dari satu lokasi di Timampu, akan dibahas pada bab 3.2.

**Tabel 2. Hubungan antara elevasi, area dan storage D.Towuti dalam angka**

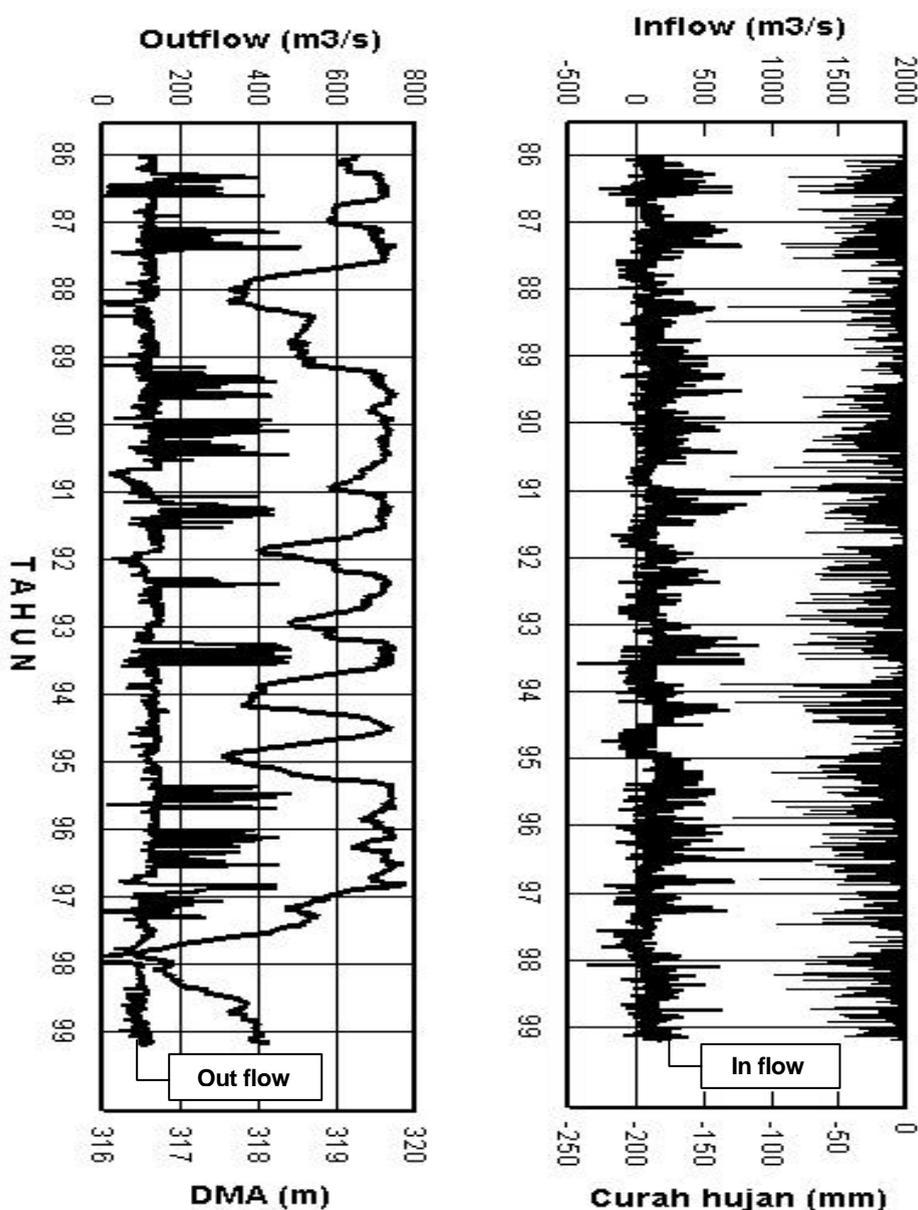
Elevasi (m)	Area (km <sup>2</sup> )	Storage (m <sup>3</sup> x10 <sup>6</sup> )
316.0	553	0
317.0	563	558
318.0	573	1126
318.3	576	1298
318.6	579	1472
319.0	583	1704
319.3	586	1879
319.6	589	2056
320.2	595	2411
322.0	617	3502
323.0	635	4128
324.0	660	4775
324.6	667	5176
326.0	727	6159

Gambar 2., menunjukkan hasil perhitungan inflow dengan persamaan yang telah dikemukakan sebelumnya, berikut data outflow, curah hujan dan

DMA Towuti. Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa; untuk **curah hujan**, ternyata lamanya periode tidak ada hujan relatif pendek sekalipun pada tahun El Nino (1987 & 1997), menyebabkan dimusim kemarau-pun masih diharapkan ada hujan, bisa jadi tidak pernah mengalami kekeringan yang parah seperti halnya di Pulau Jawa. Untuk **inflow**, secara umum berfluktuasi sejalan dengan curah hujan.

Ada 2 hal menarik yang perlu didiskusikan lebih lanjut yang terlihat dari inflow yang dihitung

dari pengamatan jangka panjang, **pertama**, inflow harian dapat bernilai negatif, **kedua**, kekhasan kurva resesi pada hidrografnya tidak nampak jelas. Faktor yang diduga menjadi penyebabnya adalah karakteristik topografi atau struktur geologinya dan adanya intervensi aliran dari bagian hulunya, sayangnya tidak ada pengukuran aliran terhadap danau. Matano dan Mahalona. Minimum outflow berkisar antara 100–150 m<sup>3</sup>/detik, bervariasi hingga maksimum lebih dari 400 m<sup>3</sup>/detik pada periode puncak musim hujan.



Gambar 2. Fluktuasi harian curah hujan, DMA, outflow dan hasil perhitungan inflow danau Towuti

Pada beberapa selang waktu nampak outflow menyentuh nilai nol, periode paling ekstrim adalah awal tahun 1998, dimana lebih dari 3 minggu tidak ada outflow berarti tidak ada produksi listrik dari turbin PLTA-nya. Kondisi ini disebabkan oleh terus menurunnya DMA Towuti yang nampak dimulai sejak akhir 1996. Dilihat dari catatan outflow, selama periode September 1996 hingga Juni 1997 nampaknya ada pengeluaran air melalui spill way, air dibuang percuma tanpa ada produksi listrik.

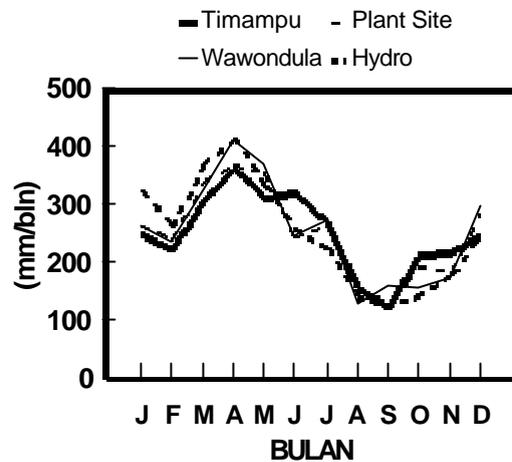
Pengeluaran air melalui spill way dilakukan karena ada rekomendasi dari salah satu konsultan berkaitan dengan kepentingan proyek Balambano, yaitu sebuah proyek pembangunan bendung baru di bagian hilir dari Sungai Larona (Kaimuddin, 1999). Pertimbangannya, apabila tidak dikeluarkan airnya saat itu, maka akan mengganggu pembangunan bendung tersebut. Akibatnya, DMA kemudian terus turun sejalan dengan menurunnya curah hujan. Pada tanggal 14 nopember 1997 tercapai level paling rendah untuk pertamakalinya, 316.41 m jauh dari rata-rata normalnya atau level DMA aman bagi produksi listrik sekitar 319 m MSL..

### 3.2. Variasi musiman

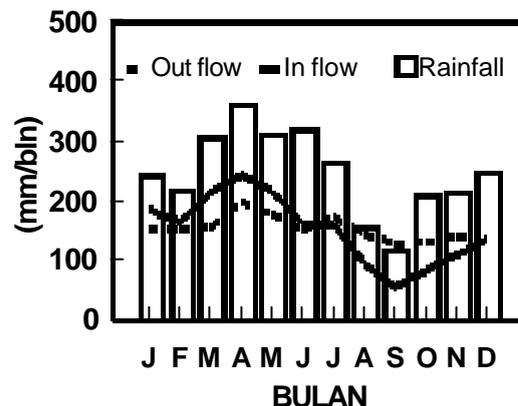
Sebelum menganalisa lebih lanjut, disini akan ditunjukkan terlebih dahulu perbandingan klimatologis data curah hujan Timampu dengan data curah hujan yang diukur di sekitarnya, yaitu di Hydro Power, Wawondula dan Plant Site. Data tersebut merupakan rata-rata sepuluh tahun (1988-1997) seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Ternyata ada kemiripan dalam pola musiman curah hujannya. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan April (363-413 mm) dan curah hujan terendah pada bulan Agustus atau September (120-159 mm).

Variasinya sedikit melebar pada bulan Juni dan Oktober. Penulis beranggapan bahwa untuk kajian awal ini, curah hujan Timampu dapat

digunakan untuk mendapatkan komponen-komponen keseimbangan air lainnya, khususnya faktor kehilangan air yang terjadi karena penguapan.



Gambar 3. Pola curah hujan di Timampu dan di lokasi sekitarnya.



Gambar 4. Variasi musiman curah hujan, inflow dan outflow D. Towuti.

Gambar 4. menunjukkan variasi musimannya, inflow lebih besar dari out flow (pemakaian air) pada Januari hingga Juni, periode ini disebut surplus air. Periode Juli hingga Desember terjadi defisit karena pemakaian air lebih besar dibanding inflow sehingga storagennya akan berkurang dan sebagai konsekuensinya tentunya DMA danau akan turun, kesetimbangan inflow dan outflow terjadi sekitar bulan Juni. Gambar 4 juga

memberikan dukungan pada anggapan penulis tentang data curah hujan Timampu yang dapat mewakili curah hujan wilayah. Bukti praktis untuk itu terlihat dari sejalannya fluktuasi pola curah hujan dengan pola inflow.

Bukti lain, besarnya inflow tidak melebihi curah hujan, hal ini memenuhi kaidah kesetimbangan air dalam suatu sistem daerah tangkapan hujan. Outflow pada bulan September merupakan penyumbang terbesar terhadap penurunan DMA karena bukan saja nilai out flow lebih besar dari inflow, bahkan outflow melebihi curah hujan. Selisih outflow dan inflow juga paling besar.

### 3.3. Kesetimbangan air D.Towuti

Untuk mengetahui secara kuantitatif kondisi air danau Towuti ini, penulis menganalisisnya melalui pendekatan sistem kesetimbangan air. Komponen-komponen yang dihitung meliputi, curah hujan, inflow, outflow, storage dan penguapan. Dari semua komponen tersebut di atas hanya penguapan yang belum diketahui. Untuk mengestimasiya digunakan persamaan sederhana kesetimbangan air seperti berikut,

$$\frac{dS}{dt} = R - I - E_{DAD} \quad \text{dimana,}$$

$dS$  = delta storage,  $R$  = hujan,  $I$  = in flow  
 $dt$  = waktu dan  $E_{DAD}$  = penguapan aktual.

$E_{DAD}$  dapat diestimasi dengan cara mengurangi curah hujan dengan in flow dan delta storage. Apabila tidak ada perubahan storage selama periode tertentu ( $dS = 0$ ), misalnya digunakan untuk periode waktu tahunan, maka nilai penguapan hanyalah selisih antara curah hujan dengan inflow. Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 3, meliputi total tahunan, rata-rata harian serta prosentasenya. Rasio inflow dengan curah

hujan sebesar 61.3 % menunjukkan besarnya koefisien aliran tahunan, nilainya cukup tinggi karena rasio permukaan air terhadap luas DAD-nya juga cukup besar.

Tabel 3. Kesetimbangan air tahunan D. Towuti (satuan dalam mm).

Komponen	Tahunan	Harian	%
Curah hujan	2982	8.17	100.0
Out flow	1829	5.01	61.33
In flow	1821	4.99	61.07
Penguapan	1185	3.25	39.74
Delta storage	-24	-0.07	-0.80

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kondisi DMA Danau Towuti terus menurun di awal tahun 1997 dan mencapai level terendah 316.41 m MSL pada tanggal 14 Nopember 1997, disebabkan oleh 2 faktor, pertama adalah faktor manajemen pengelolaan atau pengoperasian bendung dimana telah terjadi pengeluaran (outflow) yang jauh lebih besar dari inflow yang ada, hal ini terutama adanya pengeluaran percuma yang berasal dari komponen spill way flow. Kedua, faktor iklim atau cuaca, dimana terjadi penurunan jumlah curah hujan berkaitan dengan tahun kering El Nino 1997, sehingga memperlambat kenaikan DMA danau secara alami ke posisi normalnya.

Pada periode bulan Januari sampai Juni terjadi surplus pemakaian air sehingga DMA danau akan naik, sedangkan periode bulan Juli sampai Desember adalah periode defisit. Kondisi air danau Towuti berdasar-kan pengamatan ini, nilai tahunannya untuk curah hujan, inflow, outflow, penguapan dan perubahan storage air danau adalah 2982 mm, 1821 mm, 1829 mm, 1185 mm dan -24 mm.

Saran-saran yang dapat disampaikan :

- a. Faktor iklim dan cuaca, khususnya fluktuasi musiman curah hujan agar diperhatikan, karena pada akhirnya jumlah inflow ke danau tergantung pada jumlah curah hujan.
- b. Pentingnya pengukuran hidroklimatologi yang representatif guna mengklarifikasi data inflow negatif sekaligus menyediakan data yang lebih akurat dalam menentukan pola pengoperasian bendung yang optimal.
- c. Mengingat jarangya pemukiman penduduk di sebelah utara dan timur danau, maka dapat diatasi dengan memasang jaringan penakar telemetring yang tidak memerlukan pengamat di lokasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1988. "Laporan kegiatan hujan buatan I dan II di Soroako", UPT Hujan Buatan, BPP Teknologi. Jakarta.
- Anonymous. 1995. "PRP Feasibility Study Report", PT. INCO, Indonesia.
- Kaemuddin, 1999. Komunikasi pribadi.
- Tauhid, Y.I., Supriyono dan Arifian, J. 1999. Weekly Report I, II & III. Kegiatan penyemaian awan dengan teknik flare di Soroako. (tidak dipublikasi).

### *Ucapan terima kasih :*

Kepada saudara Suparmin Feqih yang telah membantu editing gambar dan grafik.

## DATA PENULIS



**Yudi Iman Tauhid**, lahir di Bandung, 22 Oktober 1962. Menyelesaikan pendidikan S1 di IPB Bogor jurusan Geofisika Meteorologi, bidang keahlian Agrometeorologi tahun 1996. Staf peneliti UPT Hujan Buatan, Kelompok Hidrologi Lingkungan sejak 1986. Tahun 1990 mengikuti International Training Course For Professional Hydrology di Padova University, Italy. Tahun 1991 di Thailand dalam rangka kerjasama, Applied Atmospheric Resources Research Program. Tahun 1998 tamat S2 dari Institute for Hydrospheric and Atmospheric Sciences, Nagoya University – Japan.



**JON ARIFIAN**, lahir di Kerinci tanggal 17 Juni 1973. Selesai pendidikan S-1 pada fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, jurusan Matematika, Universitas Diponegoro pada tahun 1996. Sejak tahun 1997 bekerja sebagai anggota Kelompok Hidrologi dan Lingkungan, UPT Hujan Buatan, BPP Teknologi.