

# PENURUNAN PERMUKAAN AIR DANAU ANEUK LAOT DI PULAU WEH PROPINSI NANGROE ACEH DARUSSALAM

**CB Herman Edyanto**

Peneliti Pengembangan Wilayah Pesisir dan Pulau Kecil  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

## **Abstract**

*One of the main duties of the Local Government of Sabang was the preparation of fresh water for the people which is supplied from the lake of Aneuk Laot in Weh Island.. The problem concerning with this lake is that the water level become decreasing significantly. Earthquake in a big scale which was occurred in the year of 2004 was pointed at the causal factor to enlarge breaking residing in lake base. To find the answer of it, therefore, should be met.*

**Key words** : water level, earthquake, research, breaking residing, lake base

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Secara historis Danau Aneuk Laot merupakan danau yang berasal dari bekas kepundan gunung berapi yang telah mati, dan secara perlahan dan terus menerus kepundan ini terisi oleh air hujan sehingga membentuk sebuah 'danau;'. Danau ini tidak memiliki *inlet* dalam bentuk aliran sungai namun memiliki *outlet* dalam bentuk rembesan dan aliran air melalui celah atau rengkahan batuan dasar danau. Dengan kata lain danau ini merupakan danau yang terisolasi. Keseimbangan awal neraca air pada danau ditentukan oleh curah hujan, penguapan air<sup>1</sup>, rembesan dan bocoran air danau melalui celah batuan / patahan di dasar danau.

Bagi sebuah pulau kecil seperti pulau Weh ini keberadaan danau Aneuk Laot menjadi sumberdaya air tawar yang sangat penting yang akan menunjang seluruh kegiatan bagi kehidupan masyarakat pulau. Danau ini menempati

porsi sangat penting untuk menunjang berbagai sektor seperti pertanian, rekreasi, air minum, dan kebutuhan hidup manusia lainnya. Namun kerusakan lingkungan di sekitar danau, seperti minimnya tutupan lahan oleh tanaman maka akan memicu terjadinya erosi yang mengakibatkan pendangkalan sehingga akan menurunkan fungsi dan manfaat dari sumberdaya air tersebut.

Pengamatan yang dilakukan oleh pihak pemerintah daerah akhir akhir ini, mensinyalir adanya penurunan permukaan air danau yang diakibatkan oleh terjadinya erosi disekitar bibir danau, sehingga sedimen yang terbentuk mampu menutup lubang mata air yang mengalir di dasar danau. Di sisi lain kecenderungan meningkatnya abstraksi air danau secara langsung untuk kepentingan tertentu dalam skala yang besar seperti untuk air minum masyarakat perkotaan jelas akan

mempengaruhi besaran volume air danau. Demikian pula kemungkinan bertambah besarnya rekahan/rembesan air yang keluar dari danau sebagai akibat dari adanya gempa tektonik tahun ini. Di samping itu besar kecilnya curah hujan yang jatuh di dalam daerah tangkapan hujan juga sangat berpengaruh terhadap keberadaan air danau tersebut.

Dugaan yang kuat terjadinya penurunan permukaan air danau disebabkan oleh dampak gempa bumi yang besarnya hampir 9 skala Richter pada tanggal 26 Desember 2004 yang mungkin memperbesar terjadinya retakan lapisan batuan di dasar danau, sehingga kebocoran air danau menjadi semakin besar.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan pelaksanaan kegiatan identifikasi kondisi eksisting Danau Aneok Laut, antara lain sebagai berikut:

Identifikasi curah hujan yang masuk di dalam daerah tangkapan hujan; dan mengkaji struktur geologi yang meliputi sesar, patahan maupun lipatan yang terdapat di sekitar danau;

## 1.3. Sasaran Kegiatan

Sasaran dari pelaksanaan kegiatan identifikasi kondisi eksisting Danau Aneok Laot, antara lain sebagai berikut:

1. Identifikasi penyebab utama penurunan muka air danau.
2. Alternatif pemanfaatan secara optimal air yang ada di danau.

## 2. Metodologi Pengukuran Kondisi Lapisan Bawah Permukaan Dengan Geolistrik

Untuk mengetahui dengan pasti penurunan permukaan air danau, maka perlu dilakukan survei pengukuran dan perhitungan-perhitungan kehilangan air yang terintegrasi. Keberadaan rekahan, dapat diketahui dengan survei menyeluruh

yaitu pemetaan geologi, struktur geologi, studi hidrogeologi dan survei geolistrik 2D. Pada laporan ini yang dibahas adalah survei geolistrik 2D.

Geolistrik 2D merupakan salah satu metoda dalam geofisika yang memanfaatkan perambatan gelombang listrik untuk mendeteksi kondisi bawah permukaan. Pada metoda ini, diinjeksikan arus ke bawah permukaan, kemudian di atas permukaan diukur nilai kuat arus ( $I$ ) dan beda potensialnya ( $V$ ). Selanjutnya dihitung dapat diketahui susunan litologi dan struktur geologi berdasarkan penyebaran nilai *resistivity* di bawah permukaan.

### 2.1. Lingkup Kegiatan Pengukuran Geolistrik

- Pengukuran geolistrik 2D di lapangan
- Pengolahan data dan interpretasi

### 2.2. Peralatan Yang Dipergunakan

- Geolistrik
- Geoscanner 1803
- Elektroda (32 batang)
- Multicore Cable
- Accessories geolistrik

### 2.3. Metoda Geolistrik

Besaran yang diukur pada metoda geolistrik adalah *potensial listrik* dan *kuat arus*, sedangkan yang dihitung adalah tahanan jenis. *Potensial listrik* didefinisikan sebagai energi potensial ( $U$ ) per satuan muatan uji ( $Q$ ), atau ekspresi matematisnya adalah :

$$U = \int_{\infty}^r E \cdot dr = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} \dots\dots\dots (i)$$

Di mana:

- U = Energi potensial
- E = medan listrik
- Q = gaya coulomb
- dr = konstanta
- r = jarak antar muatan

Arus listrik adalah gerak muatan negatif (*elektron*) pada materi dalam proses mengatur diri menuju keseimbangan. Peristiwa ini terjadi bila materi mengalami gangguan karena adanya medan listrik. Bila medan listrik arahnya selalu tetap menuju ke satu arah, maka arus listrik yang mengalir akan tetap juga arahnya. Arus listrik yang mengalir searah disebut DC (*Direct Current*) sedangkan yang mengalir bolak-balik disebut AC (*Alternating Current*). Hubungan antara arus listrik dengan muatannya, secara matematis diekspresikan sebagai berikut:

$$I = \left( \frac{dQ}{dt} \right) \dots\dots\dots(ii)$$

Menurut Hukum Ohm, hubungan antara besarnya beda potensial listrik (V), kuat arus (I) dan besarnya tahanan kawat penghantar adalah:

$$V = R.I \dots\dots\dots(iii)$$

Pada metoda geolistrik 1D, pembahasan mengenai aliran listrik dalam bumi didasarkan pada asumsi bahwa bumi merupakan medium homogen isotropis, jadi lapisan batuan di bawah permukaan bumi diasumsikan berbentuk berlapis-lapis. Pada kondisi demikian, maka potensial listrik di sekitar arus listrik yang berada dalam bumi dan di permukaan bumi diperhitungkan dari sisi:

1. Titik Arus di Dalam Bumi
2. Titik Arus di Permukaan Bumi

#### 2.4. Perhitungan Penurunan Permukaan Air Danau

Besarnya penurunan atau kenaikan muka air danau diperhitungkan dengan cara menghitung selisih antara curah hujan dengan total jumlah penguapan, besarnya abstraksi air oleh PAM Sabang dan kebocoran air akibat retakan lapisan batuan dasar danau. Besarnya curah hujan bulanan, debit pengambilan air

danau oleh PAM dan debit bocoran air danau diperoleh dari informasi yang diperoleh tim studi sewaktu melakukan kunjungan lapangan pada bulan Juli 2005 untuk kualitas air dan dan bulan Agustus 2005 untuk penelitian struktur geologi. Sedangkan besarnya penguapan air danau diperkirakan secara analitis dengan metoda empiris evaporasi *Penman*.

Rumus Penman :

$$E_a = 0,35(e - e_a)(0,5 + 0,54.u_2)$$

$$e_a = h.e$$

Di mana:

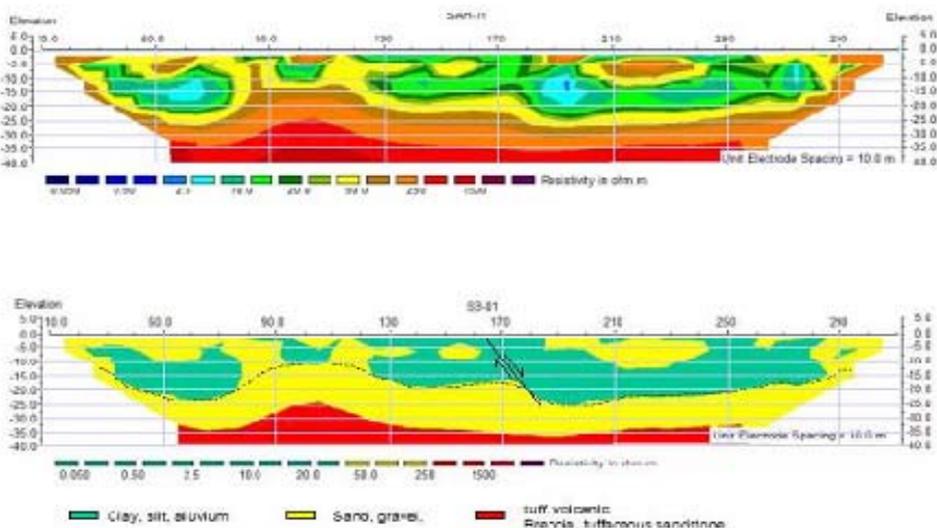
- $E_0$  = Evaporasi muka air (mm/hari)
- $g$  = Koefisien psychrometer (= 0,49 jika t dalam °C dan e dalam mmHg)
- $E_a$  = Panas yang diperlukan untuk evaporasi
- $H$  = Energy budget
- $n$  = Jumlah jam yang sebenarnya dalam 1 hari matahari bersinar terang (jam)
- $D$  = Jumlah jam yang dimungkinkan dalam 1 hari bersinar terang (jam)
- $h$  = Kelembaban relatif rata-rata bulanan (%)
- $e$  = Tekanan uap air jenuh yang tergantung pada suhu udara (mmHg)
- $t$  = Suhu udara bulanan rata-rata (°C)
- $T$  = Suhu udara bulanan rata-rata = (t + 273<sup>0</sup>) K
- $r$  = Faktor pantulan atau albedo (0,06 untuk muka air terbuka)

- $e_a$  = Tekanan uap sebenarnya di udara (mmHg)
- $R_A$  = Angka radiasi gelombang pendek yang memasuki batas luar atmosfer, yang besarnya tergantung letak suatu tempat di atas bumi (angka ANGOT) (Kalori/cm<sup>2</sup>/hari)
- $s$  = Koefisien radiasi benda hitam Stefan dan Boltzmann =  $117,4 \cdot 10^{-9}$
- $U_2$  = Kecepatan angin 2 meter di atas tanah (meter/detik)
- $D$  = Kemiringan lengkung tekanan uap pada suhu  $t$  (pada tabel tekanan uap jenuh)
- $U_2$  = Kecepatan angin 2 meter di atas tanah (meter/detik)

$D$  = Kemiringan lengkung tekanan uap pada suhu  $t$  (pada tabel tekanan uap jenuh)

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Survei geolistrik 2D dilakukan sebanyak 2 lintasan di danau pada koordinat N 5.87309° ; E 95.32761° , azimuth pengukuran N 325 E dan N 5.87381° ; E 95.32543° , azimuth pengukuran N 65 E. Metoda yang dipergunakan adalah *pole – dipole* dengan spasi pengukuran 10 meter dan panjang lintasan 310 meter. Dari survei ini diperoleh kedalaman 40 meter.



Gambar 1. Hasil Pengukuran Penampang Geolistrik (atas) dan interpretasi geologinya (bawah) pada tepi Danau Anouk

SB-01 terletak di pinggir Danau Aneuk Laot. Perhatikan Gambar 4.13 di atas. Gambar pertama (atas) adalah penampang hasil pengukuran geolistrik, sedangkan gambar bawahnya adalah interpretasi geologi.

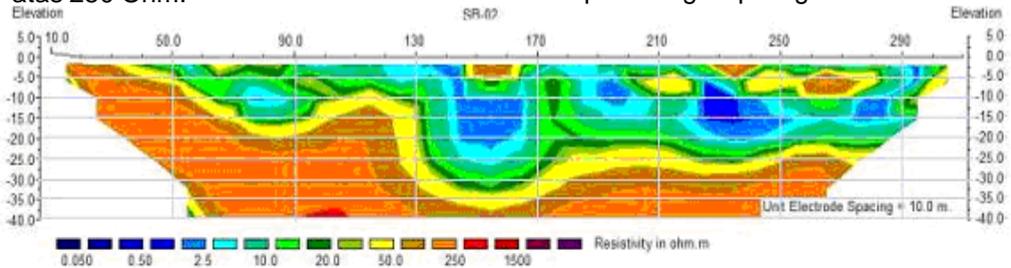
Dari penampang ini diinterpretasikan, terdapat tiga macam jenis lapisan batuan yang terdapat di sekitar danau yaitu:

Lapisan lempung, lanau, lanau pasir sebagai endapan aluvial. Pada penampang, lapisan ini diberi warna hijau, dengan kisaran tahanan jenis antara 0.05 Ohm sampai 30 Ohm.

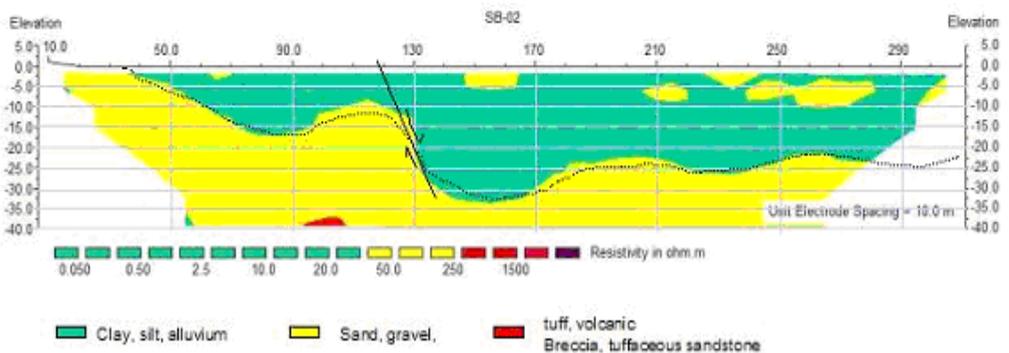
Lapisan pasir, gravel, aglomerat. Pada penampang lapisan ini diberi warna kuning dengan kisaran tahanan jenis 30 Ohm sampai dengan 250 Ohm.

Lapisan tuf, tuf pasir, vulkanik breksi. Pada penampang diberi warna merah dengan kisaran tahanan jenis di atas 250 Ohm.

Lapisan lempung, lanau, lanau pasir dan aluvial terletak di bagian atas dari kedalaman 0 meter hingga sekitar 20 meter, selanjutnya di bagian bawahnya lapisan tersebut hingga kedalaman sekitar 30 meter terdapat lapisan pasir, gravel dan aglomerat. Lapisan tuf, breksi vulkanik terdapat di bagian paling bawah.



Gambar 2. Hasil Pengukuran Penampang Geolistrik (atas) dan interpretasi geologinya (bawah) pada titik jalan



Titik SB-02 terletak di pinggir jalan dekat danau atau tepatnya di depan kantor Koramil, Bapedalda sepanjang 310 meter. Hasilnya dapat dilihat pada gambar di atas. Susunan litologi masih sama dengan penampang SB-01. Patahan yang dijumpai pada penampang merupakan patahan yang searah dengan patahan utama Pulau Weh yaitu berarah NW – SE. Patahan ini merupakan patahan turun. Seperti halnya pada SB-01, patahan ini juga berpotensi menjadi tempat keluarnya air danau, hanya masih perlu data lainnya yang menunjang misalnya pengukuran geolistrik lagi pada penampang lainnya yang sejajar dengan SB-02, untuk mengetahui dimensi patahan.

#### 4. Hasil Estimasi Penurunan Muka Air Danau

Perkiraan besarnya penurunan muka air danau dilakukan dengan menggabungkan konsep *water balance* dengan metoda evaporasi *Penman* <sup>(2)</sup>. Adapun data curah hujan bulanan, curah hujan rata-rata harian setiap bulan, kelembaban relatif, data kecepatan angin, data suhu udara, dan koordinat geografis yang dipergunakan untuk perhitungan evaporasi dengan cara *Penman* diperoleh dari Pemerintah Kota Sabang mulai dari tahun 2000 sampai dengan bulan Juni 2005. Data albedo, tabel tekanan uap air jenuh, dan angka ANGOT ( $R_A$ ) diperoleh

dari data sekunder<sup>4</sup>. Sedangkan data debit pengambilan air danau<sup>3</sup> diperoleh dari PAM Kota Sabang dan data kebocoran danau diperoleh dari informasi dan data sekunder instansi terkait di Kotamadya Sabang.

Hasil perhitungan dengan konsep *water balance* dan *Penman* mulai dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2005 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 . Hasil Estimasi Fluktuasi Muka Air Danau Data Tahun 2002 (mm)

THN	Bulan ke											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2000	-5,3	-7,1	-8,6	-10,9	-8,4	-4,3	-9,9	-12,2	-8,1	-3,3	+10,2	-8,1
2001	-6,3	-10,2	-8,4	-11,6	-12,3	-12,1	-12,1	-11,9	-7,8	+0,93	+7,1	-0,7
2002	+1,6	-11,9	-10,5	-7	-5,6	-12,9	-10	-12,7	-6,4	-4,7	-3,3	0,7
2003	-16,7	-15,7	-21,1	-21,4	-22,5	-19,8	-20,8	-15,3	-20,2	-13,6	-16,5	-10,8
2004	-16,7	-12,6	-14,1	-22,0	-21,7	-16,7	-24,1	-23,2	-19,2	-19,3	-16,3	-9,3
2005	-21,6	-27,7	-29,0	-29,7	-26,0	-28,4	-	-	-	-	-	-

Sumber : Hasil koleksi data

Analisis hasil estimasi penurunan muka air danau Aneuk Laot dibagi menjadi tiga perioda waktu yang penting:

### 1. Periode waktu antara tahun 2000 dan 2002

Periode waktu ini mewakili kondisi Danau Aneuk Laot secara alami, yaitu sebelum dipergunakan sebagai sumber air bersih oleh PAM Kota Sabang. Fluktuasi muka air danau hanya dipengaruhi oleh factor-faktor alam, seperti curah hujan, penguapan dan bocoran air danau secara alami yaitu sekitar 32 liter per detik. Tabel 1 menunjukkan bahwa dalam kondisi alami, Danau Aneuk Laot secara kontinyu kehilangan air. Dalam kurun waktu ini, laju kehilangan air rata-rata bulanan adalah 6,8 mm per bulan. Kehilangan air rata-rata terbesar sepanjang tahun terjadi pada musim kemarau, yaitu antara bulan Februari dan Agustus. Kehilangan tinggi muka air terbesar dalam perioda ini sebesar 12,9 mm, yaitu pada bulan Juni 2002. Surplus kenaikan muka air waduk pada umumnya terjadi pada bulan November hingga bulan Januari. Kenaikan muka air maksimum yang pernah dicapai terjadi pada bulan November tahun 2000, yaitu sebesar 10,9 mm.

### 2. Periode waktu antara tahun 2003 dan 2004

Periode ini ditandai dengan mulai beroperasinya PAM Kota Sabang dalam mengambil air Danau Aneuk Laot sebagai sumber air utamanya. Debit air yang diambil adalah 59,9 liter per detik dengan lama penyedotan 19 jam per hari. Hasil estimasi fluktuasi muka air dalam Table 1 menunjukkan bahwa laju penurunan muka air danau naik menjadi hampir tiga kali lipat, yaitu rata-rata sebesar 18 mm/bulan. Tidak ada surplus pengisian waduk dari curah hujan bulanan yang ada. Menurut keterangan instansi terkait di lapangan dan menurut hasil kunjungan lapangan oleh tim studi ternyata penurunan muka air danau memang terjadi. Dalam kurun waktu ini, diperkirakan bahwa penurunan muka air danau telah mencapai 3 meter. Hal ini ditandai dengan elevasi pipa intake PAM yang dipasang pada awal tahun 2003 telah berada jauh di atas muka air danau.

### 3. Periode pasca tahun 2004

Periode ini merupakan kurun waktu setelah terjadinya gempa besar di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 sebesar 9 skala Richter. Ada dua hal penting yang akan dikaji dalam analisis penurunan muka air danau ini, yaitu:

Menurut informasi pihak PAM Kota Sabang, besarnya bocoran air danau telah bertambah menjadi 65 liter/detik. Hasil estimasi penurunan muka air bulanan pada Table 1 menunjukkan bahwa besarnya laju penurunan bulanan muka air danau rata-rata adalah 27 mm. Untuk mengurangi laju penurunan muka air danau, maka salah satu jalan yang harus dilakukan adalah mengurangi atau menghentikan operasi PAM Kota Sabang yang memakai air danau sebagai sumber utamanya.

Pihak PAM Kota Sabang menyatakan bahwa setelah bencana gempa besar Aceh tersebut, laju penurunan muka air Danau Aneuk Laot menjadi 10 mm/hari atau sebesar 300 mm/bulan. Laju bocoran danau (tanpa pengambilan oleh PAM sebesar 59,9 liter/detik) adalah 1,3 m<sup>3</sup>/detik.

## **5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

### **5.1. Kesimpulan**

Secara geologis, di sekitar danau terdapat patahan minor (SB-01) yang arahnya tidak sama dengan patahan regional dan patahan yang searah patahan regional (SB-02). Patahan ini bisa berpotensi menjadi tempat keluarnya air danau. Tetapi data tersebut belum dapat digunakan untuk mengetahui apakah patahan ini telah mengalami pembesaran ataupun bergeser dan mengakibatkan air danau berkurang secara drastis, karena untuk mengetahui hal ini seharusnya dilakukan perbandingan data patahan sebelum tsunami dan setelah tsunami.

Secara alamiah Danau Aneuk Laot selalu mengalami kehilangan air akibat penguapan dan bocoran lapisan batuan di dasar danau. Besarnya laju penurunan muka air bulanan sebelum beroperasinya PAM tahun 2003 adalah 6,7 mm/bulan.

Pasca gempa besar tanggal 26 Desember 2004, laju penurunan muka air danau naik drastis menjadi 10 mm/hari atau debit bocoran ini ekuivalen dengan

debit sebesar 1,3 m<sup>3</sup>/detik. Hal ini mengindikasikan kemungkinan adanya patahan atau sesar yang cukup signifikan akibat gempa besar di sekitar Danau Aneuk Laot. Pengeringan air Danau Aneuk Laot dikawatirkan akan semakin dipercepat akibat kebocoran ini.

### **5.2. Rekomendasi**

Dari kesimpulan di atas maka tim studi mengusulkan beberapa rekomendasi sebagai langkah tindak lanjut sebagai berikut:

Perlu ditetapkan Kebijakan Pengelolaan Danau Aneuk Laot Secara Terpadu. Penataan kawasan danau Aneuk Laot bertujuan untuk memelihara, mengendalikan dan meningkatkan mutu lingkungan hidup serta mengoptimalkan pembangunan yang berwawasan lingkungan dan berkesinambungan di kawasan tersebut dengan sasaran yang akan dicapai adalah : - meningkatkan fungsi lindung terhadap tanah air, udara, flora dan fauna;- meningkatkan fungsi budidaya kepariwisataan perikanan , kehutanan - meningkatkan kesadaran pemukim disekitar danau akan pentingnya air dan lingkungan yang lestari

Melakukan tindak lanjut survei geologi yang lebih komprehensif perlu dilakukan untuk mengetahui lokasi sesar yang membesar pasca gempa Aceh tahun 2004, serta memperkirakan besarnya rekahan tersebut. Hasil survei geologi ini berguna sebagai masukan bagi langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengatasi laju penurunan muka air Danau Aneuk Laot yang sangat besar. Untuk mengetahui kebocoran danau dengan lebih mendetail dapat pula dilakukan dengan menggunakan radio isotop, akan tetapi teknik ini akan menggunakan dana yang tidak sedikit.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Aflakhur Ridlo, (2005), *Pedndangkalan Danau dan Waduk: Proses, Konsekuensi dan Penanganannya*, Majalah Alami, Vol 10 No 1, BPPT, Jakarta.
2. Direktorat Penyelidikan Masalah Air (1983) *Analisa Hidrograp*, Direktorat Penyelidikan Masalah Air, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
3. Subarkah, I. (1980) *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Penerbit Idea Dharma, Bandung.
4. Sumarto, C.D (1987) *Hidrologi Teknik*, Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.