

**ANALISIS PERUBAHAN PENUTUP LAHAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR  
SUB DAS TONDANO TERHADAP KUALITAS DANAU TONDANO  
MENGGUNAKAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH**

**Tatik Kartika, I Made Parsa, Sri Harini**  
*Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN*  
*tatikkartika@yahoo.com*

**ABSTRAK**

*Danau Tondano di Sulawesi Utara merupakan salah satu dari 15 danau yang diprioritaskan untuk mendapatkan penanganan akibat terjadinya degradasi lingkungan yang semakin parah. Salah satu usaha yang perlu dilakukan adalah dengan melakukan pemantauan kualitas dan kuantitas danau secara kontinyu dan akurat, sehingga informasi yang dihasilkan dapat menjadi bahan masukan bagi perencanaan pengelolaan danau. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap perairan danau adalah material yang masuk ke dalam danau, yang dipengaruhi antara lain oleh penutup lahan dalam daerah tangkapan airnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji perubahan penutup lahan yang diduga memberikan dampak terhadap meningkatnya erosi dan sedimentasi yang mengakibatkan menurunnya kualitas dan kuantitas danau. Perubahan penutup lahan dapat dipantau dari data satelit penginderaan jauh multi temporal, yang mana pada penelitian ini digunakan data satelit Landsat tahun 1990 dan 2003 serta data SPOT-4 tahun 2011 wilayah sub DAS Tondano. Metode yang digunakan adalah interpretasi visual data penginderaan jauh dan analisis pengaruh perubahan penutup lahan terhadap kualitas dan kuantitas danau. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa sub DAS Tondano didominasi oleh sawah, ladang/tegalan, dan hutan. Perubahan penutup lahan dalam kurun waktu dua puluh tahun dari 1990 sampai dengan 2011 didominasi oleh perubahan areal hutan dan semak yang masing-masing berkurang sekitar 44% dan 28%, serta perubahan areal permukiman dan ladang/tegalan, masing-masing bertambah sekitar 12% dan 33%. Vegetasi air berdasarkan hasil interpretasi dari data penginderaan jauh tahun 1990 masih belum ditemukan, tetapi dari 2003 ke 2011 luasannya bertambah hingga menjadi 5 kali. Berkurang dan bertambahnya penutup lahan tersebut memberi dampak terhadap berkurangnya kualitas dan kuantitas danau Tondano*

**Kata Kunci:** sub DAS, data satelit penginderaan jauh, penutup lahan, kualitas dan kuantitas danau

**ABSTRACT**

*Tondano Lake in North Sulawesi is one of the 15 lakes prioritized to get the handling of environmental issues. This condition is growing concern with environmental degradation which is worst enough. One effort that has to be done is to monitor the quality and quantity of lakes continuously and accurately, so that the information resulted from monitoring can be utilized as input in the lake management planning. One factor influencing the quality of lake water is the material that goes into the lake, which is affected by land cover in water catchment areas. The objectives of this study were to investigate the land cover and to analyze its change which has impact in increasing erosion and sedimentation which in turn decrease the quality and quantity of the lake. Land cover change can be monitored from multi-temporal remote sensing satellite data, which in this study was used Landsat satellite data in 1990 and 2003 and SPOT-4 data in 2011 of the sub watershed Tondano. The method used was the visual interpretation of remote sensing data and analysis effect of land cover change on quality and quantity of lake. The result of interpretation indicates that sub watershed Tondano area was dominated by rice field, upland, and forest. Their landcover changes in about 20 years since 1990 until 2011 were dominated by the changes of forest and shrub acreages. They decreased about 44% and 28%, respectively. Settlement and upland acreages increased about 12% and 33%, respectively. Water vegetation was not found at 1990, but from 2003 until 2011 its acreage increased became 5 times. The change of land cover gave impact on the decrease of quality and quantity of Tondano Lake.*

**Keywords:** sub watershed, remote sensing satellite data, land cover, lake's quality and quantity

## PENDAHULUAN

Danau Tondano terletak di Sulawesi Utara yang berdasarkan tingkat kerusakan dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat termasuk satu dari 15 danau yang diprioritaskan untuk mendapat penanganan permasalahan lingkungan hidup. DAS Tondano terbagi menjadi sub das Tondano, Noongan, Klabat, dan Tikala. Sub DAS Tondano adalah sub DAS terbesar di DAS Tondano dan termasuk sebagai prioritas I untuk di tangani. Permasalahan penting di DAS Tondano adalah penurunan kualitas dan kuantitas air Danau Tondano , kecilnya luas kawasan hutan, dominasi tanaman cengkeh dan kelapa dalam penggunaan lahan, terjadinya banjir, sedimentasi pada badan-badan air, usaha tani yang belum memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah, dan perambahan hutan yang berkelanjutan (<http://www.dephut.go.id>) Itulah sebabnya kemudian DAS Tondano dan danaunya dikategorikan sebagai salah satu Prioritas I di Indonesia dengan S.K. Menteri Kehutanan No. 284/Kpts-II/1999.

Lahan yang kebanyakan marginal apabila diusahakan dengan cara-cara yang mengabaikan kaidah konservasi tanah akan rentan terhadap erosi dan tanah longsor. Meningkatnya erosi dan tanah longsor di daerah tangkapan air pada gilirannya akan meningkatkan muatan sedimen di sungai bagian hilir. Selain itu perambahan hutan mengakibatkan terjadinya gangguan perilaku aliran sungai, di mana pada musim hujan debit air sungai meningkat tajam sehingga beresiko banjir sedangkan di musim kemarau debit air sangat rendah sehingga beresiko kekeringan (Asdak,2004).

Kualitas air Danau Tondano berdasarkan sample yang diambil oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Sulawesi Utara di beberapa lokasi pada musim hujan dan kemarau menunjukkan banyak diantaranya yang sudah di atas standar baku mutu, demikian juga dengan parameter total coli (<http://www.antaranews.com/berita/310580/danau-tondano-tercemar-bakteri-e-coli>) Untuk ukuran kuantitas, dilihat dari kedalaman rata-rata di tahun 1923 masih sekitar 40 meter, pada tahun 2004 kedalaman maksimum 18 meter. Sementara luas danau pada tahun 1934 adalah 5622 Ha dan terus berkurang hingga 4628 Ha. Masalah lain adalah makin banyaknya hama eceng gondok dan makin bertambahnya usaha perikanan keramba (jaring apung) di seputar danau. <http://www.manadopost.co.id>.

Sekeliling danau yang merupakan perbukitan dan lereng gunung juga telah gundul akibat perubahan fungsi lahan. Hal ini mengakibatkan potensi erosi yang terus

meningkat hingga tingkat erosi yang sangat tinggi atau Indeks Bahaya Erosi (IBE) di atas 10,00. Erosi yang meningkat mengakibatkan sedimentasi meningkat pula, padahal ada sekitar 12 sungai dan 25 anak sungai yang bermuara di danau tersebut, walaupun 8 sungai diantaranya sudah dilengkapi waduk dan check dam (bendungan pengontrol banjir dan penahan lumpur).

Dibandingkan dengan metode konvensional yaitu dengan melakukan pengukuran secara langsung di lapangan, maka teknologi satelit penginderaan jauh mempunyai beberapa kelebihan dari segi cakupan areanya yang luas, informasinya yang kontinyu (tidak hanya pada titik-titik tertentu tapi menyeluruh di seluruh area yang diamati), dapat diperoleh secara berkala, dan biaya operasionalnya relatif murah. Khusus untuk pemantauan, data penginderaan jauh dapat diperoleh secara berkala karena mempunyai sifat multi temporal yang artinya data pada wilayah yang sama dalam jangka waktu tertentu akan kembali terekam, jangka waktu tersebut tergantung kepada satelitnya.

Hal-hal yang dapat diamati secara berkala diantaranya adalah perubahan penutup lahan, yang apabila dikonversi dengan tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan dapat mengakibatkan banyak hal negatif, tidak hanya dalam tahap pembukaannya tetapi juga pada tahap penggunaan dan pengelolaannya.

Perubahan penutup lahan memberikan pengaruh terhadap kualitas dan kuantitas danau. Perubahan luas hutan, semak, ladang/tegalan, dan permukiman memberikan kontribusi dalam naik turunnya kualitas dan kuantitas danau, begitu juga dengan luas vegetasi air. Pokok permasalahannya adalah bagaimanakah perubahan penutup lahan di sub DAS Tondano tersebut dari tahun 1990 hingga tahun 2003 dan 2011.

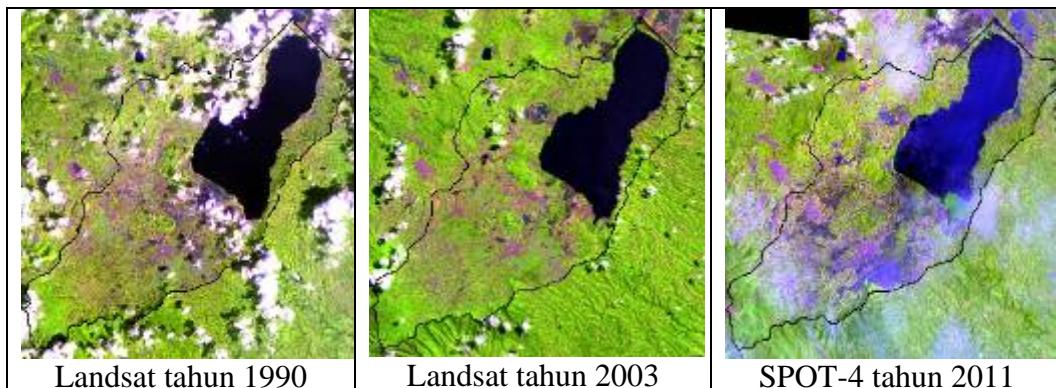
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui penutup lahan di sub DAS Tondano dan mengkaji perubahannya yang diketahui memberikan dampak meningkatnya erosi dan sedimentasi sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas dan kuantitas danau.

## **BAHAN DAN METODE**

### **BAHAN**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Landsat tahun 1990 dan 2003 serta data SPOT-4 tahun 2011, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Selain itu juga digunakan peta RBI yang bersumber dari Bakosurtanal sebagai acuan untuk koreksi

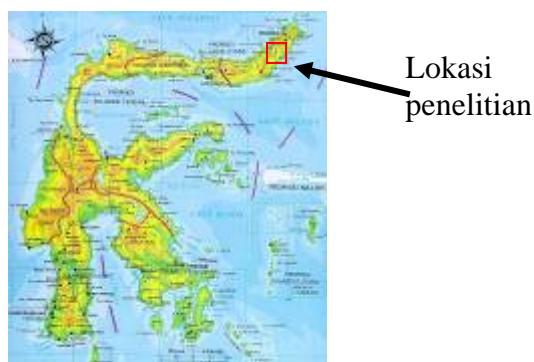
geometrik, data DEM untuk koreksi radiometrik, data resolusi tinggi IKONOS untuk memvalidasi hasil interpretasi penutup lahan dan informasi spasial keramba (jaring apung), serta data jaringan sungai untuk memperoleh gambaran mengenai sebaran serta banyaknya sungai yang masuk dan keluar danau.



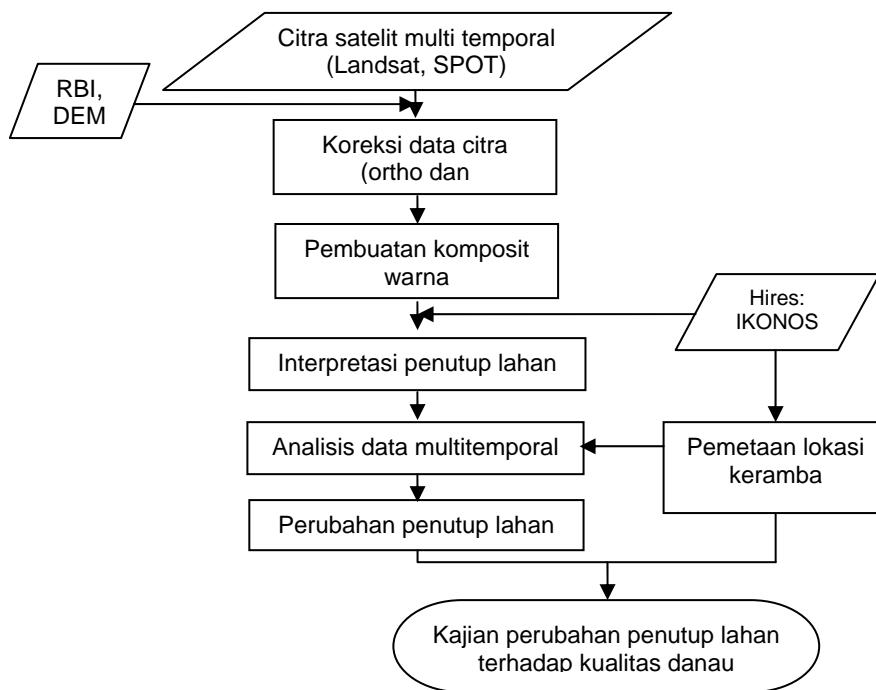
Gambar 2. Data satelit penginderaan jauh yang digunakan dengan garis hitam adalah batas sub DAS Tondano (Sumber: LAPAN)

## METODE

Lokasi penelitian terletak di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara, tepatnya di Kabupaten Minahasa dan merupakan danau terluas di Provinsi Sulawesi Utara ([http://id.wikipedia.org/wiki/Danau\\_tondano](http://id.wikipedia.org/wiki/Danau_tondano)), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Danau Tondano di Sulawesi Utara  
(Sumber: [http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Peta\\_Sulawesi.jpg](http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Peta_Sulawesi.jpg))



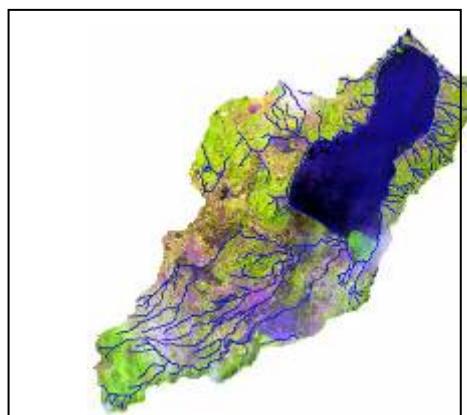
Gambar 3. Diagram alir penelitian

Pra pengolahan data citra satelit pada penelitian ini adalah koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Sebelum proses klasifikasi, terlebih dahulu dibuat citra komposit untuk memudahkan interpretasi. Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpretasi visual dengan melakukan digitasi langsung melalui monitor. Kelemahan metode ini adalah hasil interpretasi sangat tergantung kepada pendigit (interpreter), sehingga hasilnya bersifat subjektif. Tetapi dengan tersedianya data resolusi tinggi IKONOS yang digunakan untuk memvalidasi hasil interpretasi, maka kelemahan tersebut bisa diminimumkan. Kelebihan dari metode ini adalah bahwa interpreter masih bisa melakukan digitasi walaupun ada gangguan atmosfer seperti *haze* misalnya, selama penutup lahan di bawahnya masih bisa terlihat. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Danau Tondano memiliki 35 inlet (termasuk sungai intermiten) dan hanya 1 outlet yaitu Sungai Tondano yang bermuara di Teluk Manado (Suryadiputra, 2010). Gambar 4 menunjukkan citra sub DAS Tondano beserta jaringan sungainya. Hal ini

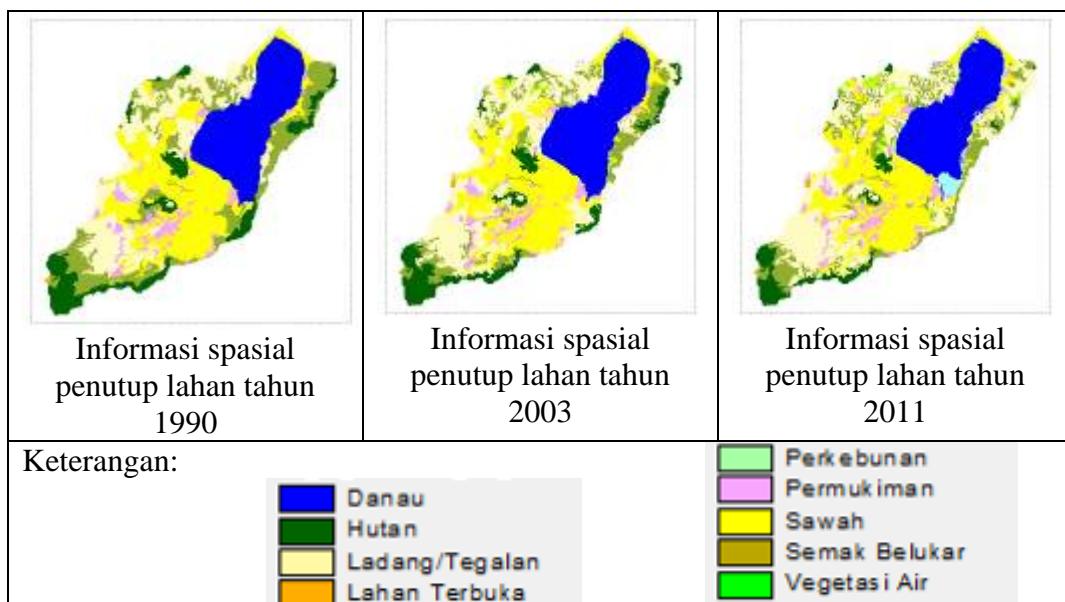
memberikan gambaran, betapa banyak material yang memasuki danau, sementara outletnya sangat terbatas.



Gambar 4. Sebaran aliran sungai di sub DAS Tondano

Danau, seperti juga laut, merupakan tempat masuknya berbagai material dari daratan melalui sungai. Gambar 4 memberikan gambaran bahwa sebaran dan banyaknya sungai yang mengalir melalui beragam penutup lahan akhirnya akan masuk ke dalam danau dan memberikan pengaruh kepada tingkat erosinya. Pemantauan IBE yang dilakukan oleh BLH Sulawesi Utara menunjukkan angka yang terus meningkat. Hal ini diperkirakan karena adanya perubahan penutup lahan yang cukup signifikan di daerah tangkapan sub DAS Tondano.

Hasil klasifikasi berdasarkan interpretasi visual terhadap data penginderaan jauh Landsat tahun 1990 dan 2003 serta SPOT tahun 2011 di sub DAS Tondano menunjukkan keragaman penutup lahan yang terdiri dari badan air, hutan, ladang/tegalan, lahan terbuka, perkebunan, permukiman, sawah, dan semak belukar. Sementara vegetasi air tidak ada di tahun 1990, tetapi ada di tahun 2003 dan 2011. Gambar 5 menunjukkan informasi spasial penutup lahan sub DAS Tondano tahun 1990, 2003, dan 2011, sementara Tabel 1 menunjukkan luas masing-masing penutup lahan pada ketiga tahun penelitian tersebut.



Gambar 5. Informasi spasial penutup lahan di sub DAS Tondano tahun 1990, 2003, dan 2011

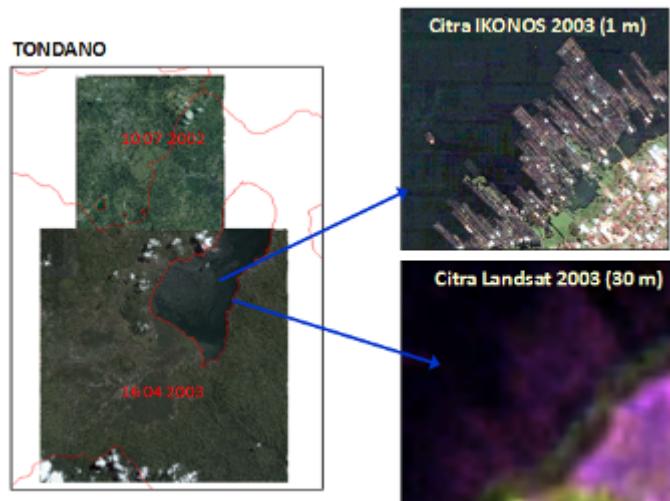
Tabel 1. Luas penutup lahan (ha) sub DAS Tondano tahun 1990, 2003, dan 2011

KETERANGAN	1990	2003	2011
Danau	4656	4614	4232
Hutan	2178	2104	1216
Ladang/Tegalan	4196	5497	5593
Lahan Terbuka	11	29	44
Perkebunan	-	191	401
Permukiman	1124	1153	1260
Sawah	5593	5643	5621
Semak Belukar	3852	2296	2777
Vegetasi Air	-	82	466

Dari Gambar 5 berupa informasi spasial penutup lahan dan Tabel 1 menunjukkan luas penutup lahan pada setiap tahun penelitian, penutup lahan di sub DAS Tondano didominasi oleh sawah, ladang/tegalan, dan hutan. Sementara dari analisis perubahan luas penutup lahan dari tahun ke tahun memberikan hasil bahwa luas hutan dan semak belukar terus menurun sementara luas ladang/tegalan dan permukiman terus meningkat. Menurut Asdak (2004), vegetasi mempunyai peranan penting untuk berlangsungnya proses erosi-sedimentasi. Berkurangnya jenis vegetasi hutan dan semak belukar serta bertambahnya ladang/tegalan memberikan kontribusi meningkatnya erosi sehingga menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas Danau Tondano. Penutup

lahan lain seperti permukiman yang semakin bertambah juga diduga menurunkan kualitas air danau dengan terbukti menurut pengukuran BLH Sulawesi Utara menaikkan parameter total coli.

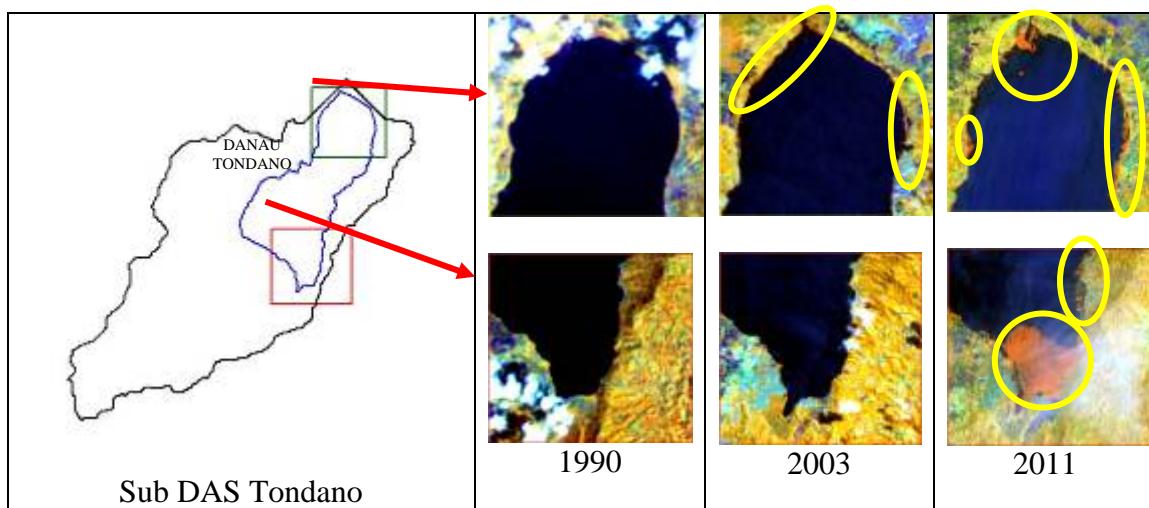
Jika penelitian difokuskan di tubuh airnya yaitu Danau Tondano, maka dari data satelit inderaja dapat diidentifikasi keramba yang ditunjukkan oleh Gambar 6 dan identifikasi vegetasi air ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 6. Identifikasi keramba pada citra IKONOS dan citra Landsat tahun 2003

(Sumber: Trisakti, dkk., 2012)

Dari identifikasi luas danau, maka telah terjadi perubahan luas perairan terbuka dikarenakan adanya vegetasi air yang terus berkembang dan adanya sebaran keramba. Hasil pemantauan vegetasi air menunjukkan bahwa pada tahun 1990, hasil interpretasi menunjukkan tidak adanya vegetasi air yang tumbuh di danau tersebut. Tetapi hasil interpretasi pada tahun 2003, vegetasi air sudah cukup banyak tumbuh di pinggiran danau dan terus bertambah banyak pada tahun 2011. Jika hasil tahun 2003 dan 2011 dibandingkan, maka sebaran vegetasi air tersebut menempati lokasi yang berbeda, hal ini dikarenakan tumbuhan eceng gondok bersifat terapung sehingga pergerakannya tergantung kepada angin dan arus air.



Gambar 7. Sebaran vegetasi air di danau Tondano pada tahun 1990, 2003, dan 2011.  
Vegetasi air ditandai oleh lingkaran kuning.

Sebaran vegetasi air hasil interpretasi tahun 2003 dan 2011, sebaran keramba tahun 2003, dan kondisi lapangan ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Sebaran keramba dan vegetasi air serta kondisi riil tahun 2012

Menurut Suryadiputra (2010), <http://www.manadopost.co.id> (20101), dll. vegetasi air tersebut adalah eceng gondok yang menyebabkan terganggunya penurunan pemakaian air danau sebagai sumber energi PLTA, menutup muka air dari sinar matahari sehingga mengganggu proses produksi ikan, dll.

Keramba banyak tersebar di danau sebelah barat dan terus ke selatan danau. Dengan banyaknya keramba, maka sisa pakan ikan juga memberikan kontribusi dalam pencemaran kualitas danau (Kartika, 2006). Sementara itu outlet terdapat di sebelah utara, sehingga sisa pakan ikan akan memungkinkan lebih luas tersebar. Untuk itu hal ini memerlukan penelitian lebih lanjut.

Dengan kondisi penutup lahan dan perubahan penutup lahan yang terjadi seperti diterangkan di atas, maka diduga akan merubah komposisi danau yang pada akhirnya akan merubah ekosistem danau. Wantasen S, dkk., menyebutkan bahwa perubahan ekosistem danau yang tidak terkontrol akan menyebabkan kualitas air danau mengalami penurunan, demikian juga dengan kuantitasnya. Sementara untuk wilayah tangkapan airnya menurut Puguh D.R. (2009), pemanfaatan sumberdaya lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan dan tata ruang wilayah, dapat menyebabkan terjadinya bahaya erosi dan longsor, simpanan air berkurang serta menimbulkan masalah banjir, kekeringan dan sedimentasi.

Dengan berubahnya penutup lahan seperti hutan menjadi semak atau ladang/tegalan, kemudian semak dan sawah menjadi permukiman, bertambahnya eceng gondok dan keramba, maka resiko menurunnya kualitas dan kuantitas danau semakin tinggi. Perubahan ini bisa dipantau dengan mudah oleh data satelit penginderaan jauh.

## KESIMPULAN

1. Data penginderaan jauh mempunyai sifat temporal, sehingga bisa digunakan untuk memantau perubahan penutup lahan yang akan memberikan masukan berarti bagi pengeloaan DAS.
2. Hasil interpretasi dari data penginderaan jauh Landsat dan SPOT, penutup lahan di Sub DAS Tondano didominasi oleh sawah, ladang/tegalan, dan hutan. Sedangkan perubahan penutup lahannya didominasi oleh hutan dan ladang yang semakin berkurang dan permukiman yang semakin bertambah.
3. Semakin berkurangnya penutup lahan bervegetasi seperti hutan dan semak belukar, diduga memberikan dampak makin menurunnya kualitas dan kuantitas danau.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan sub dari penelitian yang dilaksanakan atas biaya PKPP (Pengembangan Kapasitas Peneliti Perekayasa) RISTEK 2012 dengan judul Penguatan Kapasitas Daerah Dan Sinergitas Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau Bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat Dan Kelestarian Lingkungan Di Danau Tempe Dan Tondano.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2004. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta
- Bambang, T., Nana S., I Made P., Tatik K., Sri. 2012. Penguanan Kapasitas Daerah Dan Sinergitas Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau Bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat Dan Kelestarian Lingkungan Di Danau Tempe Dan Tondano. *Laporan (tidak diterbitkan)*. LAPAN
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Danau\\_tondano](http://id.wikipedia.org/wiki/Danau_tondano)
- <http://konservasidanautondano.wordpress.com/makalah>
- <http://www.dephut.go.id/INFORMASI/INTAG/bpkh6/BPKHVI/bpdastondano1.html>
- <http://www.antaranews.com/berita/310580/danau-tondano-tercemar-bakteri-e-coli>
- <http://www.manadopost.co.id/> Pendangkalan Danau Tondano Makin Cepat, 50 Tahun Lagi Jadi Daratan
- Kartika, T. 2006. Manfaat data penginderaan jauh dalam analisis menurunnya fungsi Waduk Rawapening Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding PIT MAPIN ke 15*.
- Puguh D.R., 2009. Pemetaan Erosi DAS Lukulo Hulu Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi. *Remote Sensing & GIS For Hydrology*.
- Suryadiputra, Ferry, H., M. Ilham. 2010. Danau Tondano, Salah Satu Dari Lima Belas Danau Prioritas Di Indonesia Yang Harus Segera Dipulihkan Fungsinya. *Warta Konservasi Lahan Basah*, Vol. 18 No. 2.
- Wantasen, S., Sudarmadji, Eko S., Slamet S.. -. Kajian Tingkat Trofik Danau Tondano di Provinsi Sulawesi Utara.