

PEMANTAUAN PERUBAHAN KUALITAS DANAU SELAMA PERIODE 1990-2011 MENGGUNAKAN CITRA SATELIT MULTI TEMPORAL

Bambang Trisakti dan Gagat Nugroho

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN
Jl. Lapan No.70, Pekayon-Pasar Rebo, Jakarta 13710
E-mail: btris01@yahoo.com

ABSTRAK

Program nasional penyelamatan danau 2010-2014 telah menetapkan 15 danau prioritas yang perlu segera dipulihkan dan dijaga kelestariannya. Kegiatan ini bertujuan untuk memantau perubahan luas permukaan air danau dan sebaran vegetasi air di danau Limboto, Tondano dan Tempe selama periode 1990-2011 dengan citra satelit multi temporal Landsat dan SPOT-4. Ketiga danau tersebut adalah danau prioritas di Pulau Sulawesi yang bermasalah dengan tingginya sedimentasi yang mengakibatkan pendangkalan dan penyempitan danau, yang selanjutnya berpengaruh terhadap penurunan volume air danau. Metode pemantauan yang digunakan telah dibangun pada penelitian sebelumnya, yaitu: melakukan standarisasi data, identifikasi vegetasi air dengan komposit citra dan pemetaan luas permukaan air danau dengan mempertimbangkan sebaran vegetasi air. Hasil pemantauan luas permukaan air danau selama periode 1990-2011 menunjukkan bahwa, Danau Limboto dan Danau Tempe mempunyai kecenderungan luas yang semakin menurun dan sebaran vegetasi air yang semakin meningkat. Sementara Danau Tondano mempunyai luas permukaan air yang relatif tidak terlalu berubah, tetapi terjadi peningkatan sebaran vegetasi air.

Kata kunci : Danau prioritas, Luas permukaan air danau, sebaran vegetasi air, citra satelit multi temporal

PENDAHULUAN

Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH) menyatakan bahwa, ekosistem danau di wilayah Indonesia menyimpan kekayaan 25% plasma nutfah dunia, menyuplai 72% air permukaan dan menyedia air untuk pertanian, sumber air baku masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata dan lain-lain. Tetapi dewasa ini banyak danau di Indonesia telah mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang diakibatkan oleh pertambahan penduduk, konversi lahan hutan di wilayah DAS danau, polusi dan erosi (Fahmudin dan Widianto, 2004). Oleh karena sangat diperlukan usaha pemerintah dan masyarakat untuk melakukan pencegahan dan pemulihian agar kualitas danau dapat tetap lestari dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya.

Pemantauan lingkungan danau di Indonesia perlu segera dilakukan karena selama ini telah banyak danau mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang sebagian besar diakibatkan oleh terjadinya konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun menjadi penggunaan lahan lainnya: permukiman, industri dan pertambangan. Konversi/pembukaan lahan yang tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan

dapat mengakibatkan banyak hal negatif, tidak hanya dalam tahap pembukaannya tetapi juga pada tahap penggunaan dan pengelolaannya. Keterlambatan penanaman pada lahan yang telah dibuka akan menimbulkan erosi tanah pada saat musim hujan, terutama pada daerah dengan kelereng yang curam. Tingginya erosi pada wilayah DAS mengakibatkan keruhnya wilayah perairan, yang pada gilirannya mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan perairan di danau, waduk dan sungai.

Sebagai contoh adalah semakin meningkatnya konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan danau, yang mengakibatkan penyempitan danau dan berkurangnya produksi perikanan di danau tersebut. Salah satu danau yang saat ini kondisinya sangat memprihatinkan dan menjadi salah satu prioritas pemerintah adalah Danau Limboto di Provinsi Gorontalo. Berdasarkan data dari KNLH, masalah yang dihadapi oleh Danau Limboto adalah (1) pendangkalan dan penyusutan luas, (2) penurunan kualitas air danau, (3) perkembangan eceng gondok yang cepat, (4) penurunan volume air, (5) penurunan produktivitas perikanan, (6) bertambahnya kerawanan banjir. Luas dan kedalaman danau ini sudah mengalami perubahan yang sangat signifikan.

Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh telah dilakukan untuk memetakan luas permukaan air danau (Firman, 2006) dan tingkat kekeruhan perairan yang merupakan penyebab utama terjadinya pendangkalan dan penyempitan luas permukaan air danau (Liu *et al.*, 2007; Trisakti *et al.*, 2004). Pemantauan perubahan permukaan air danau membutuhkan data satelit multi temporal yang berbeda waktu, dimana pemenuhan kebutuhan data temporal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan data satelit dari sensor yang sama atau dari sensor yang berbeda. Penggunaan data yang berbeda waktu dan berbeda sensor memerlukan standarisasi data untuk menghasilkan informasi yang konsisten dan akurat. Pada penelitian sebelumnya (Trisakti *et al.*, 2011) telah melakukan standarisasi koreksi data dan membangun model penentuan luas permukaan air danau dengan mempertimbangkan distribusi vegetasi air di permukaan air danau, luas permukaan air yang dihasilkan mempunyai selisih sebesar 5% dengan luas permukaan air danau yang dihasilkan dengan data resolusi sangat tinggi (IKONOS).

Kegiatan ini bertujuan untuk mengimplementasikan model penentuan luas danau yang telah dikembangkan oleh Trisakti *et al.* (2011) untuk memantau perubahan luas permukaan air danau dengan menggunakan data multitemporal dan multisensor, yaitu

data Landsat dan SPOT-4 tahun 1989-2000. Pemantauan dilakukan pada 3 danau prioritas di pulau Sulawesi, yaitu: danau Limboto, Tondano dan Tempe.

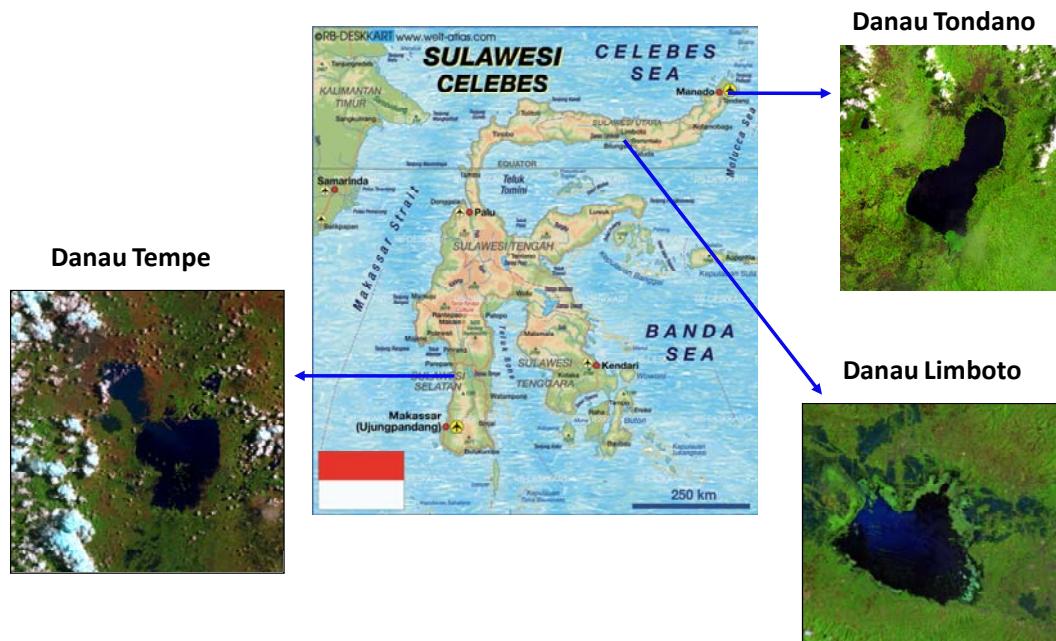
METODOLOGI

Lokasi dan Data

Lokasi penelitian adalah Danau Limboto, Danau Tondano dan Danau Tempe di pulau Sulawesi, yang diperlihatkan pada Gambar 1. Danau-danau ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Merupakan danau yang termasuk dalam 15 danau program pengelolaan danau prioritas tahun 2010-2014. Dengan permasalahan utama adalah pendangkalan dan penyempitan, serta penyebaran vegetasi air
- Ketersediaan data satelit multi temporal selama periode 1989-2011, yang dapat digunakan untuk melihat perubahan luas permukaan air danau.

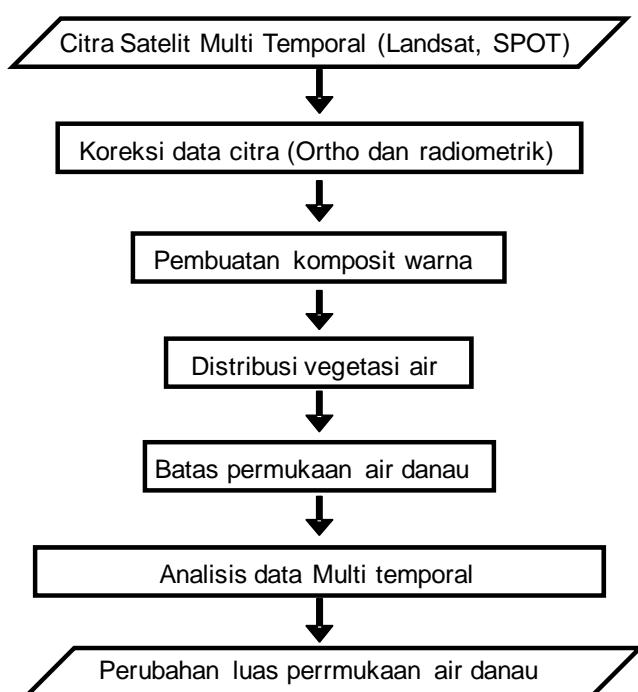
Data yang digunakan adalah data satelit Landsat TM/ETM dan data satelit SPOT 4 multi temporal selama periode 1989 – 2011. Setiap danau kajian (Limboto, Tondano dan Tempe) menggunakan 4 data satelit yang berbeda tahun perekaman, sehingga dapat dilihat perubahan yang terjadi selama periode tersebut.



Gambar 1. Danau Limboto, Tondano dan Tempe di pulau Sulawesi

Metode Penelitian

Diagram alir dari kegiatan diperlihatkan pada Gambar 2. Proses standarisasi data dengan melakukan koreksi geometrik dan radiometrik. Data Landsat dikoreksi ortho dan radiometrik menggunakan proses pengolahan yang digunakan dalam program *Indonesia Carbon Accounting System* yang mengacu pada metode yang sudah diterapkan di Australia (Suzanne, 2009; Suzanne dan Wu, 2009), sedangkan SPOT-4 dilakukan secara manual. Metode koreksi yang dilakukan, secara detil dijelaskan pada Trisakti et al.(2011).



Gambar 2. Diagram alir dari kegiatan penelitian Kualitas air danau

Pemetaan luas permukaan air danau dilakukan dengan identifikasi sebaran vegetasi air, dan melakukan deliniasi batas permukaan air danau dengan memperhatikan vegetasi air tersebut. Identifikasi vegetasi air dilakukan dengan menggunakan komposit RGB ($R=NIR+SWIR$, $G=NIR$, $B=NIR-Red$), dimana vegetasi air berwarna putih dan dapat dibedakan secara lebih tegas dibandingkan vegetasi di sekitarnya Trisakti et al. (2011). Berdasarkan hasil survei lapangan, warna putih tebal pada vegetasi air berarti kondisi vegetasi air dengan tingkat kehijauan yang tinggi yang disebabkan vegetasi air tersebut masih cukup mendapatkan air (tumbuh diatas air atau pada tanah yang basah yang

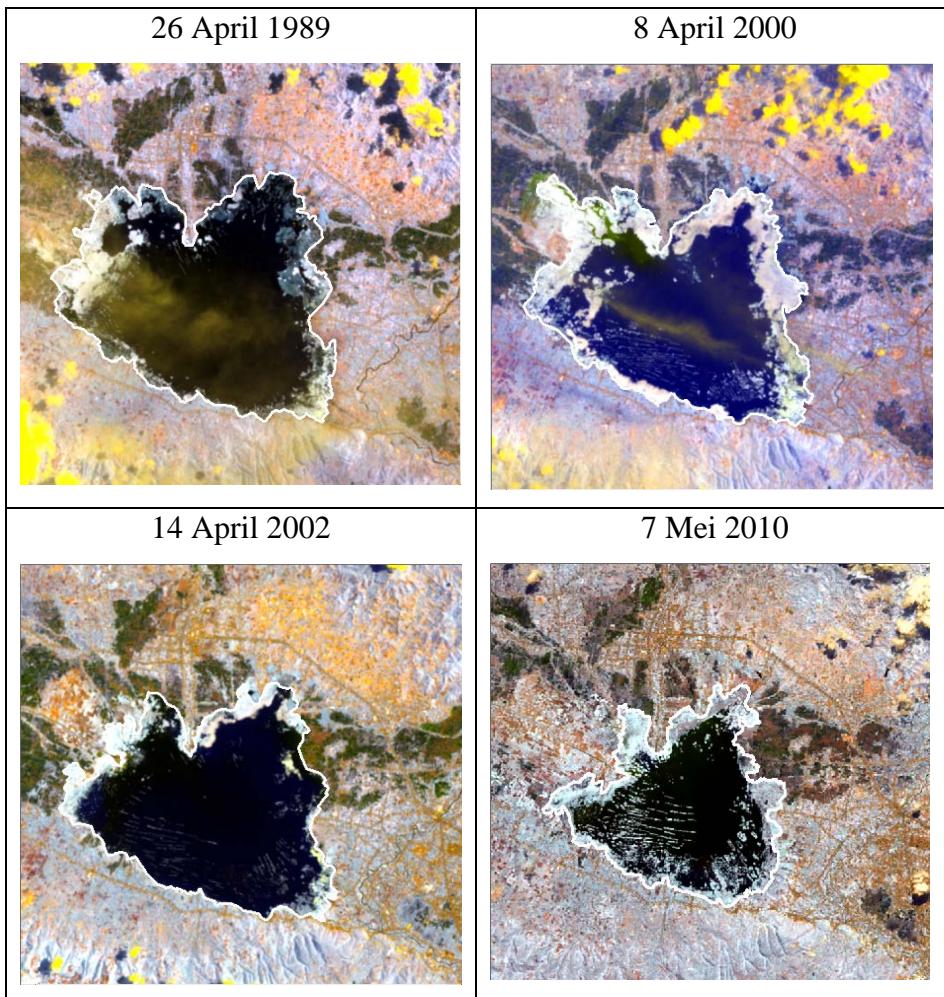
masih menjadi bagian danau), sedangkan warna putih tipis berarti kondisi vegetasi air dengan tingkat kehijauan rendah karena vegetasi air kurang mendapat air dari bagian bawahnya (tanah telah mengering dan bukan menjadi bagian danau). Deliniasi batas permukaan air danau dilakukan dengan memasukan vegetasi air dengan warna putih tebal.

Selanjutnya dilakukan pemantauan permukaan air danau dengan menggunakan data satelit Landsat dan SPOT 4, dan melakukan perhitungan perubahan luasan permukaan air danau Limboto, danau Tondano dan danau Tempe selama periode 1989-2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Naik turunnya permukaan air danau sangat berfluktuasi dari musim ke musim karena dipengaruhi curah hujan. Hal ini telah dibuktikan pada hasil pemantauan luas permukaan air danau selama periode 2002-2003, dimana luas permukaan air danau Limboto berfluktuasi selama 1 tahun yang berkesesuaian dengan fluktuasi curah hujan (Trisakti et al., 2011). Sehingga pemantauan luas permukaan air danau perlu dilakukan pada kondisi musim yang sama.

Hasil deliniasi batas permukaan air Danau Limboto di Provinsi Gorontalo selama periode tahun 1989-2010 diperlihatkan pada Gambar 3. Deliniasi batas permukaan air dilakukan dengan mempertimbangkan vegetasi air. Perubahan luas permukaan air danau Limboto selama periode 1989-2010 diperlihatkan pada pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut dapat diketahui bahwa luas permukaan air Danau Limboto dengan mempertimbangkan sebaran vegetasi air mengalami kecenderungan luas yang semakin menurun. Penurunan luas permukaan air danau selama periode 1989-2002, terjadi dengan rata-rata penurunan sebesar $0,48 \text{ Km}^2/\text{tahun}$. Sedangkan penurunan luas permukaan air danau terjadi sangat signifikan pada periode 2002-2010, dengan rata-rata penurunan sebesar $1,29 \text{ Km}^2/\text{tahun}$. Adanya kecenderungan penurunan luasan danau Limboto ini sesuai dengan Informasi yang telah dipublikasi melalui website dan laporan (Firman, 2006) yang menyatakan bahwa luas Danau Limboto semakin menurun dari tahun ke tahun.



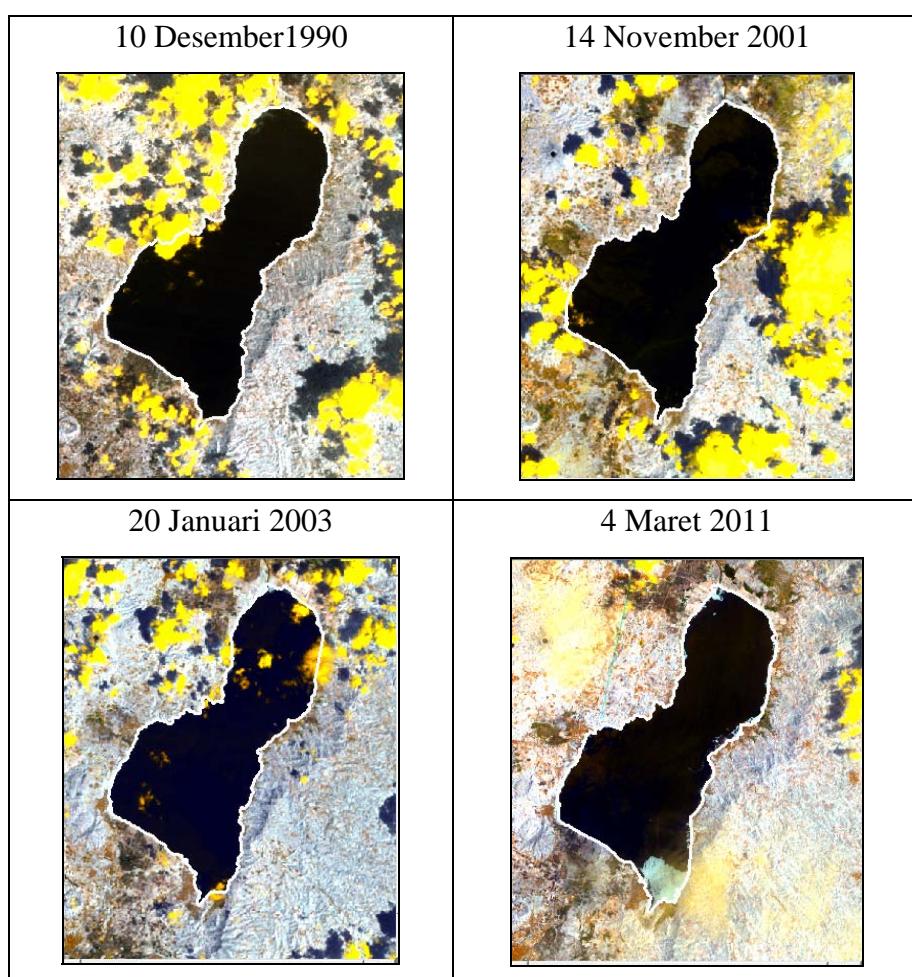
Gambar 3. Batas permukaan air Danau Limboto selama periode 1989-2010

Selain perubahan luasan permukaan air, perlu juga diperhatikan pertambahan sebaran vegetasi air di danau Limboto. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa penyebaran vegetasi air (seperti: eceng gondok) yang terlihat berwarna putih dengan menggunakan komposit warna RGB (R=NIR+SWIR, G=NIR, B=NIR-Red), semakin bertambah dari tahun ketahun. Pada atahun 2010, vegetasi air sudah menyebar ke bagian tengah danau Limboto.

Tabel 1. Perubahan luas permukaan air Danau Limboto tahun 1989 – 2010

Tahun	1989	2000	2002	2010
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	43,6	41,5	37,3	27

Hasil deliniasi batas permukaan air Danau Tondano di provinsi Sulawesi Utara selama periode tahun 1990-2011 diperlihatkan pada Gambar 4, sedangkan perubahan luas permukaan air danau Tondano selama periode 1989-2010 diperlihatkan pada pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pemantauan diketahui bahwa bentuk dan luas permukaan air Danau Tondano relatif tidak berubah, dengan luas sebesar 46-47 km². Sebaran vegetasi air tidak teridentifikasi pada tahun 1990 dan 2001, tapi mulai terlihat berkembang di wilayah outlet (bagian atas) danau pada tahun 2003 dan semakin menyebar di wilayah inlet danau dan perairan pinggir danau yang merupakan lokasi keramba budidaya pada tahun 2011.



Gambar 4. Batas permukaan air Danau Tondano selama periode 1990-2011

Berdasarkan hasil diskusi dengan institusi terkait saat survei lapangan dan informasi yang dipublikasi di website, permasalahan utama dari danau Tondano adalah pendangkalan danau akibat sedimentasi dan semakin banyaknya penyebaran vegetasi air di danau. Hal ini menyebabkan berkurangnya volume air danau yang berakibat pada terganggunya produksi listrik dari PLTA yang memanfaatkan air danau Tondano. Selanjutnya penyebaran vegetasi air yang semakin bertambah mengakibatkan terganggunya keindahan danau dan usaha budidaya perikanan. Data penginderaan jauh mempunyai peranan yang penting untuk melihat pengaruh perubahan lahan di daerah tangkapan air danau (catchment area) terhadap tingginya sedimentasi yang masuk ke dalam danau. Sehingga selain pemantauan luasan danau dan sebaran vegetasi air, maka data satelit penginderaan jauh dapat digunakan untuk memantau perubahan lahan yang terjadi di daerah tangkapan air (catchment area) danau Tondano. Yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya konversi lahan yang terjadi sebagai masukan bagi intasi terkait.

Tabel 2. Perubahan luas permukaan air Danau Tondano tahun 1990 – 2011

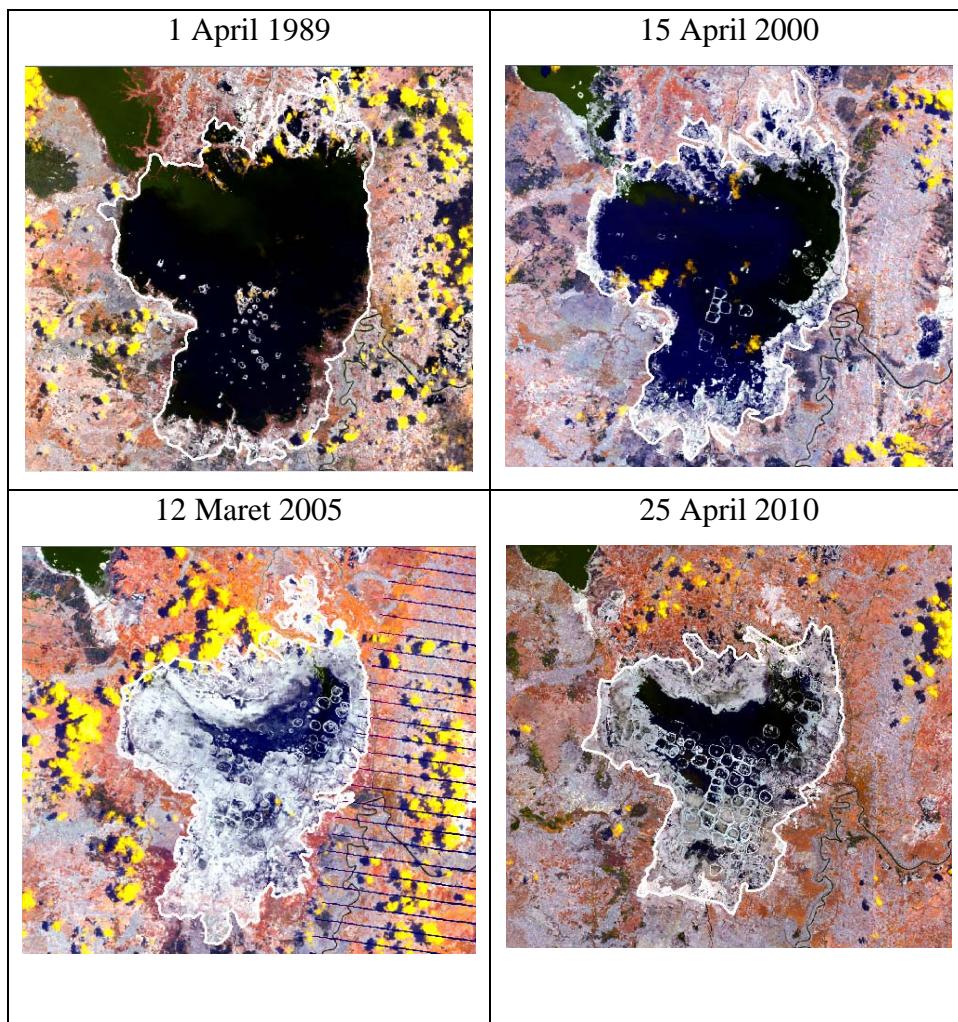
Tahun	1990	2000	2003	2011
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	46,51	46,65	46,87	46,70

Hasil deliniasi batas permukaan air Danau Tempe di Provinsi Sulawesi Selatan selama periode tahun 1989-2011 diperlihatkan pada Gambar 5, sedangkan perubahan luas permukaan air danau Tempe selama periode 1989-2010 diperlihatkan pada pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut, luas permukaan air Danau Tempe mengalami penurunan luas permukaan yang sangat besar dibandingkan penurunan yang terjadi pada Danau Limboto. Penurunan luas permukaan air danau selama periode 1989-2010, terjadi dengan rata-rata penurunan sebesar 1,48 Km²/tahun.

Sebaran vegetasi air di Danau Tempe sangat cepat dibandingkan dengan dua danau lainnya. Vegetasi air sudah teridentifikasi dari tahun 1989, dan semakin berkembang pada tahun 2000. Selanjutnya vegetasi air tersebut sudah menutupi sebagian besar permukaan air Danau Tempe, yang dapat diamati pada data satelit tahun 2005 dan 2010.

Tabel 3. Perubahan luas permukaan air Danau Tempe tahun 1989 – 2010

Tahun	1989	2000	2005	2010
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	224,94	203,03	165,34	151,94



Gambar 5. Batas permukaan air Danau Tempe selama periode 1989-2010

KESIMPULAN

Pemantauan luas permukaan air danau dan sebaran vegetasi Danau Limboto, Tondano dan Tempe di Pulau Sulawesi dilakukan dengan menggunakan data satelit multi temporal dan multi sensor (Data Landsat dan SPOT-4), beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah:

1. Luas permukaan air danau Limboto mengalami penurunan selama periode 1989-2010 dengan rata-rata penurunan $0,48\text{km}^2$ (1989-2002) dan $1,29\text{ km}^2$ (2002-2010). Vegetasi air semakin meluas dan menyebar ke bagian tengah danau
2. Luas permukaan air danau Tondano relatif tidak berubah selama periode 1990-2011, tetapi sebaran vegetasi air meningkat pada tahun 2011, terutama pada bagian inlet dan outlet danau, serta dipinggir danau yang berdekatan dengan lokasi keramba untuk budidaya perikanan.
3. Luas permukaan air danau Tempe mengalami penurunan selama periode 1989-2010 dengan rata-rata penurunan 1.48km^2 . Vegetasi air semakin meluas dan menyebar menutupi hampir seluruh permukaan air danau Tempe

DAFTAR PUSTAKA

- Fahmudin A. dan Widianto, 2004, *Petunjuk Praktik Konservasi Tanah Pertanian Lahan Kering*, World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia, Bogor. Indonesia
- Firman M., 2006, *Studi Konservasi Danau Limboto Kabupaten Gorontalo*, Master Thesis, Civil Engineering, ITB
- Liu J., Hirose T., Kapfer M., dan Bennett J., 2007, *Operational Water Quality Monitoring over Lake Winnipeg Using Satellite Remote Sensing Data*, Our Common Borders – Safety, Security, and the Environment Through Remote Sensing, October 28 – November 1, 2007. Ottawa, Ontario, Canada.
- Suzanne F., 2009, *General guidelines for registering Landsat TM coverage to the rectification base and performing the BRDF Correction*, INCAS Project
- Suzanne F. and Wu X., 2009, *General guidelines for Terrain Correction of Landsat TM Images*, INCAS Project
- Trisakti B., Parwati, dan Budhiman S., 2004, *The Study Of MODIS Aqua Data For Mapping TSM In Coastal Water Using the Approach Of Landsat 7 ETM Data*, International Journal of Remote Sensing and Earth Science, International Society of Remote Sensing and Sciences IReSES. Vol 2
- Trisakti B., Susanto, Suwargana N., Julzarika A. dan Nugroho G., 2011, *Pengembangan Model Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Danau*, Laporan akhir kegiatan 2011, Bidang Sumberdaya Wilayah Darat, Pusfatja, LAPAN