

PEMANFAATAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH MULTITEMPORAL LANDSAT DAN SPOT-4 UNTUK PEMANTAUAN DANAU

Bambang Trisakti¹⁾, Nana Suwargana, dan Gagat Nugroho

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN

Jl. Lapan No.70, Pekayon-Pasar Rebo, Jakarta 13710

¹⁾E-mail: btris01@yahoo.com

ABSTRAK

Danau mempunyai peranan yang penting sebagai penyimpan kekayaan plasma nutfah, penyedia air minum, air untuk pertanian, perikanan, pembangkit listrik dan pariwisata. Konversi lahan, sedimentasi dan polusi yang terjadi di daerah aliran sungai mengakibatkan terjadinya permasalahan di danau, seperti: penurunan kualitas air, penyebaran vegetasi air (contoh: eceng gondok), serta pendangkalan dan penurunan volume danau. Data satelit multitemporal dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi dan memantau perubahan danau. Pada penelitian ini, dikaji metode untuk mengidentifikasi vegetasi air dan memantau perubahan luas danau menggunakan citra Landsat dan SPOT-4 tahun 1990-2010. Lokasi kajian adalah Danau Limboto, Provinsi Gorontalo. Pengolahan data awal dilakukan dengan melakukan orthorektifikasi (membuat citra tegak lurus terhadap sensor), koreksi radiometrik (koreksi matahari dan koreksi terrain) dan normalisasi citra multitemporal menggunakan invariant target, sehingga data yang digunakan tidak terganggu oleh kondisi perbedaan sensor dan perubahan waktu perekaman. Vegetasi air diidentifikasi dengan membuat model komposit warna yang mempertimbangkan nilai spektral dari setiap kanal. Selanjutnya luas danau deliniasi dengan dan tanpa memperhatikan distribusi vegetasi air. Informasi yang dihasilkan dibandingkan dengan informasi berbasis data resolusi spasial sangat tinggi (Ikonos) dan hasil pengukuran yang telah dipublikasi di website. Hasil memperlihatkan bahwa vegetasi air lebih optimal diidentifikasi menggunakan komposit warna kanal sintesis (NIR+SWIR, NIR, NIR-RED), dan luas danau dengan memperhatikan keberadaan vegetasi air lebih sesuai dengan tren perubahan luas danau hasil pengukuran.

Kata kunci: Landsat, luas danau, multitemporal, SPOT-4, vegetasi air.

1. PENDAHULUAN

Menurut Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLNH), ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS) dan danau di Indonesia menyimpan kekayaan 25% plasma nutfah dunia, mensuplai 72% air permukaan dan penyedia air untuk pertanian, sumber air baku masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata, dan lain-lain. Dewasa ini banyak DAS dan danau di Indonesia telah mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang diakibatkan oleh penambahan penduduk, konversi lahan hutan, polusi dan erosi (Fahmudin dan Widiyanto, 2004). 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. Degradasi DAS telah banyak menimbulkan masalah tidak hanya terhadap lingkungan DAS, juga terhadap danau di DAS tersebut. Fahmudin dan Widiyanto (2004) menjelaskan beberapa akibat dari degradasi DAS, yaitu: debit sungai sangat fluktuatif saat musim penghujan dan kemarau, daerah menjadi rawan kekeringan/banjir, penurunan cadangan air, tingginya laju erosi dan sedimentasi. Beberapa akibat dari degradasi danau adalah: pendangkalan dan penyempitan danau, penurunan volume air, penurunan kualitas air, dan penurunan produktivitas perikanan. Hal-hal tersebut akan mengakibatkan terjadinya peningkatan ancaman bahaya dan penurunan pendapatan masyarakat di sekitar DAS dan danau.

Salah satu danau yang saat ini kondisinya sangat memprihatinkan dan menjadi salah satu prioritas pemerintah adalah Danau Limboto di Provinsi Gorontalo. Berdasarkan data dari KLNH, masalah yang dihadapi oleh Danau Limboto adalah: (1) pendangkalan dan penyusutan luas, (2) penurunan kualitas air danau, (3) perkembangan vegetasi air (eceng gondok)

yang cepat, (4) penurunan volume air, (5) penurunan produktivitas perikanan, (6) bertambahnya kerawanan banjir, (7) perusakan hutan dan lahan, dan (8) perusakan hutan riparian (<http://menyelamatkanandaulimboto.wordpress.com>). Luas dan kedalaman danau ini sudah mengalami perubahan yang sangat signifikan. Tabel 1 memperlihatkan perubahan kedalaman danau mulai dari tahun 1900 sampai 2001 berdasarkan laporan akhir konsultan P.T. Maxitech (Firman, 2006). Luas danau menyusut dari luas 80 km² pada tahun 1900 menjadi sekitar 30 km² pada tahun 2000, dan kedalaman danau berkurang dari 18 m pada tahun 1900 menjadi hanya 4 sampai 5 m pada tahun 1996.

Tabel 1. Perubahan luas Danau Limboto dari tahun 2010-2014

No.	Tahun	Luas (km ²)	Kedalaman (m)	Tinggi MA (m.MSL)	Volume (m ³)	Sumber
1	1900-1932	80				Technical Report No.15 p2.4
2	1900-1932	80	14			Technical Report No.15 p2.14
3	1934	70	14			Technical Report No.15 p2.4
4	1944-1952	50	7			Technical Report No.15 p2.14
5	1952	50	7			Technical Report No.15 p2.4
6	1960-1964	40	4			Technical Report No.15 p2.14
7	1969	40	3.5			Technical Report No.15 p2.4
8	1970	45	4.5			Technical Report No.15 p2.4
9	1971	30	3.5			Technical Report No.15 p2.4
10	1972	30	2.5			Technical Report No.15 p2.4
11	1973	25	2.5			Technical Report No.15 p2.4
12	1974	25	3.5			Technical Report No.15 p2.4
13	1975	30	3.5			Technical Report No.15 p2.4
14	1976	20	2.5			Technical Report No.15 p2.4
15	1977	35	3			Technical Report No.15 p2.4
16	1978	30	3			Technical Report No.15 p2.4
17	1979	30	3			Technical Report No.15 p2.4
18	1980	20	2			Technical Report No.15 p2.4
19	1981	20	2.5			Technical Report No.15 p2.4
20	1981-1982	35	2.5			Technical Report No.15 p2.14
21	1981-1982	38.1	none			Topografic Map
22	1982	16.5	2.5			Technical Report No.15 p2.4
23	1983	15	2.5			Technical Report No.15 p2.4
24	1987/Sep	31.2	none			Sattelite Image
25	1988			5.33		Kelayakan Teknis, p.II-52
26	1989	45	4.5			Technical Report No.15 p2.14
27	1989			4.82		Kelayakan Teknis, p.II-52
28	1990			4.16		Kelayakan Teknis, p.II-52
29	1991	none		4.18		Kelayakan Teknis, p.II-52
30	1991/Ags	none	none			Arial Photograph
31	1992-1993	30	3.5			Technical Report No.15 p2.14
32	1993/Okt	30.57	2.3	3.22	21475000	Intern Report Annexe2 C.17
33	1993			3.55	49150000	Kelayakan Teknis, p.II-52
34	1994/Apr	49.8	3.3	4.22		Servey PU
35	1994			4.7		Kelayakan Teknis, p.II-52
36	1995			5.49		Kelayakan Teknis, p.II-52
37	1996	44.63	4.7	5.22	135242500	Servey PU
38	1996			5.22		Kelayakan Teknis, p.II-52
39	2000/Ags	27.3	none			Sattelite Image
40	2001/Ags					Arial Photograph

Sumber: Firman, 2006.

Dewasa ini perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh berjalan sangat cepat, sehingga dapat menyediakan berbagai data penginderaan jauh optik dan *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dengan karakteristik resolusi spasial, temporal dan spektral yang berbeda-beda. Sehingga, data satelit penginderaan jauh merupakan salah satu sumber data yang penting dan efisien untuk pembuatan informasi spasial yang akurat, konsisten, dan aktual mengenai sumber daya alam dan lingkungan, khususnya untuk memantau perubahan yang

terjadi pada suatu wilayah dari tahun ke tahun. Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh untuk kegiatan pemantauan yang berkaitan dengan pengelolaan DAS dan danau telah banyak dilakukan (Hardaningrum *et al.*, 2005; Suroso dan Susanto, 2006; Pratisto dan Danoedoro, 2008; Brezonikn *et al.*, 2002; Liu *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2007; Mostafa dan Soussa, 2006; Trisakti *et al.*, 2004), seperti: pemantauan perubahan penutup lahan di DAS, perubahan luasan danau dan kualitas air, perhitungan aliran permukaan dan debit air, pemetaan lahan kritis, pemetaan daerah rawan banjir/longsor. Tetapi pada umumnya penelitian-penelitian yang telah dilakukan mempunyai permasalahan dengan belum dilakukannya standarisasi pengolahan data awal, yang berkaitan dengan proses orthorektifikasi dan radiometrik. Hal itu mengakibatkan kurangnya konsistensi pada informasi hasil ekstraksi dari data penginderaan jauh, khususnya bila menggunakan data secara multitemporal dan data yang berlainan sistem sensor yang digunakan untuk perekaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji metode untuk mengidentifikasi vegetasi air dan memantau perubahan luas danau dengan menggunakan data secara multitemporal dan multisensor, yaitu data Landsat dan SPOT-4 tahun 1990-2010. Konsistensi data multitemporal dijaga dengan melakukan proses koreksi orthorektifikasi, radiometrik (Suzanne, 2009; Suzzane dan Wu, 2009), dan normalisasi. Hasil diverifikasi dengan citra satelit Ikonos dan data hasil pengukuran lapangan.

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi dan Data

Lokasi penelitian diperlihatkan pada Gambar 1(a), yaitu Danau Limbotodi Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Vegetasi air menutupi permukaan Danau Limboto, terutama di bagian tepi danau. Lokasi ini dipilih karena beberapa alasan yaitu:

- Ketersediaan data yang lengkap, baik data Landsat, SPOT-4, Ikonos dan data lapangan. Oleh karena itu, informasi dapat dihasilkan dari berbagai waktu dan sistem sensor, serta dapat dilakukan verifikasi terhadap tingkat akurasi dari informasi yang dihasilkan.
- Kondisi Danau Limboto sangat memprihatinkan akibat tingginya sedimentasi karena degradasi lahan di DAS Limboto, dimana masalah utama adalah terjadinya pendangkalan dan penyusutan luasan danau dari tahun ke tahun seperti diperlihátkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

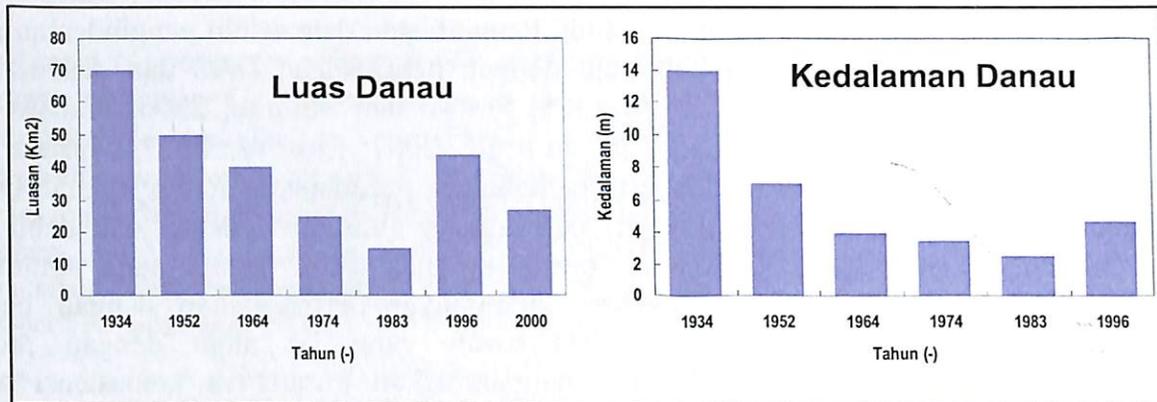


(a) Citra Landsat Wilayah Danau Limboto



(b) Vegetasi air menutupi permukaan Danau Limboto

Gambar 1. Citra Landsat dan foto lapangan Danau Limboto di Provinsi Gorontalo



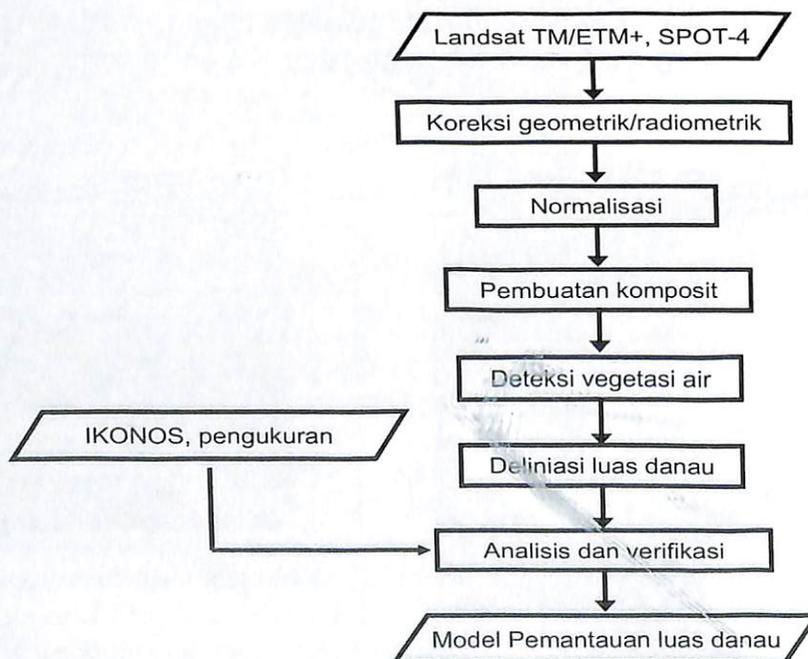
Gambar 2. Penyusutan dan pendangkalan Danau Limboto periode tahun 1934-2000

Data yang digunakan terdiri dari:

1. Data Landsat TM/ETM+ tanggal 25 Desember 1990 dan 17 Oktober 2000
2. Data SPOT-4 tanggal 7 Mei 2010
3. Data Ikonos tahun 2010
4. Data luas Danau Limboto hasil pengukuran lapangan yang dipublikasi pada website (Firman, 2006)

2.2. Metode Penelitian

Diagram alir diperlihatkan pada Gambar 3. Data Landsat dikoreksi ortho dan radiometrik (koreksi jarak dan sudut matahari, koreksi *Bidirectional Reflectance Distribution Function* dan koreksi terrain) menggunakan proses pengolahan yang digunakan dalam program *Indonesia Carbon Accounting System* yang mengacu pada metode yang sudah diterapkan di Australia (Suzanne, 2009; Suzzane dan Wu, 2009), sedangkan koreksi citra SPOT-4 dilakukan secara manual. Koreksi untuk citra SPOT meliputi koreksi ortho dan koreksi matahari. Koreksi ortho dilakukan dengan menggunakan titik *control point* (CP) XYZ dari citra acuan (data Landsat ortho) dan *Digital Elevation Model* (DEM) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Koreksi matahari menggunakan persamaan (1) dan (2).



Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

$$L_{TOA}^k = \frac{X^k}{A_k \cdot G_m^k} + B \quad (1)$$

dimana:

- L_{TOA}^k : radiansi di atas atmosfer
- X^k : nilai digital piksel
- A^k : koefisien kalibrasi
- G_m^k : gain
- B : bias.

$$\rho_{TOA}^k = \frac{\pi \cdot L_{TOA}^k}{E_s^k \cdot \cos \theta_s \cdot (d_0/d)^2} \quad (2)$$

dimana:

- ρ_{TOA}^k : reflektansi di atas atmosfer
- L_{TOA}^k : radiansi di atas atmosfer
- E_s^k : iradiansi matahari
- $\cos \theta$: sudut zenith matahari
- d_0/d : rasio jarak bumi-matahari.

Untuk menyamakan nilai spektral dari data yang berlainan sensor dan berlainan waktu perekaman dilakukan normalisasi antar data. Normalisasi dilakukan dengan mengacu pada data Landsat ETM+ 2000 dengan menggunakan invariat target (target yang tidak berubah) seperti: air, lahan terbuka dan perumahan. Korelasi dilakukan antara data Landsat TM 1990 dengan Landsat ETM+ 2000, dan antara data SPOT-4 2010 dengan Landsat ETM+ 2000. Persamaan regresi yang diperoleh (Tabel 2 dan Tabel 3) diterapkan pada data Landsat TM 1990 dan SPOT-4 2010. Dengan demikian diharapkan seluruh perbedaan antara data dapat berkurang atau bahkan hilang.

Tabel 2. Korelasi antara Landsat TM 1990 dan Landsat ETM+ 2000

KANAL	PERSAMAAN	KOEFISIEN DETERMINASI
Kanal 1 (blue)	$Y = 1,26 X - 52,97$	0,979
Kanal 2 (green)	$Y = 1,10 X - 20,16$	0,862
Kanal 3 (red)	$Y = 1,27 X - 28,43$	0,953
Kanal 4 (NIR)	$Y = 1,05 X - 20,61$	0,937
Kanal 5 (SWIR)	$Y = 0,90 X - 8,80$	0,971
Kanal 7 (SWIR)	$Y = 0,82 X - 5,03$	0,916

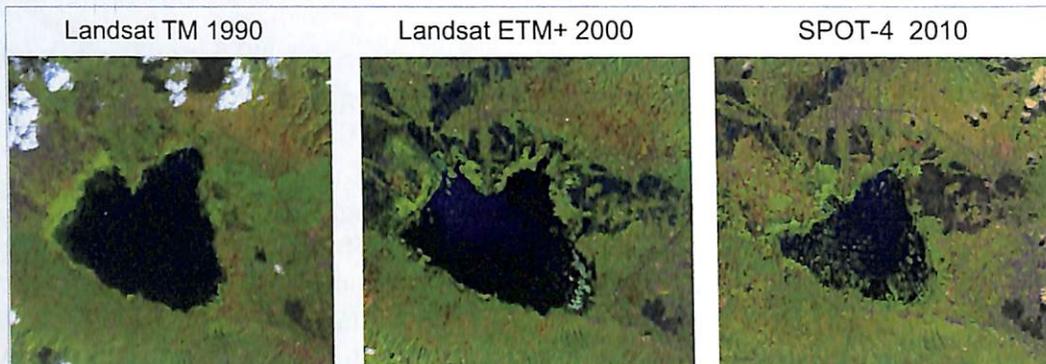
Tabel 3. Korelasi antara SPOT-4 2010 dan Landsat ETM+ 2000

KANAL	PERSAMAAN	KOEFISIEN DETERMINASI
Kanal 2 (green)	$Y = 0,02 X - 4,31$	0,881
Kanal 3 (red)	$Y = 0,02 X - 0,44$	0,779
Kanal 4 (NIR)	$Y = 0,02 X - 13,18$	0,913
Kanal 5 (SWIR)	$Y = 0,19 X - 7,30$	0,955

Proses selanjutnya, dilakukan pengambilan sampling pada vegetasi air dan vegetasi non air. Hasil sampling dijadikan acuan untuk membuat model komposit warna *Red Green Blue* (RGB) sintetis yang dapat menampilkan penampakan vegetasi air lebih jelas dan akurat. Luas danau dengan memperhatikan keberadaan vegetasi air ditentukan dengan melakukan deliniasi menggunakan komposit RGB sintetis, sedangkan luas danau tanpa memperhatikan vegetasi air dilakukan dengan mendeliniasi penampakan air. Hasil deliniasi dibandingkan dengan hasil deliniasi menggunakan data Ikonos, dan perubahan luasan dibandingkan dengan hasil pengukuran dari tahun ke tahun.

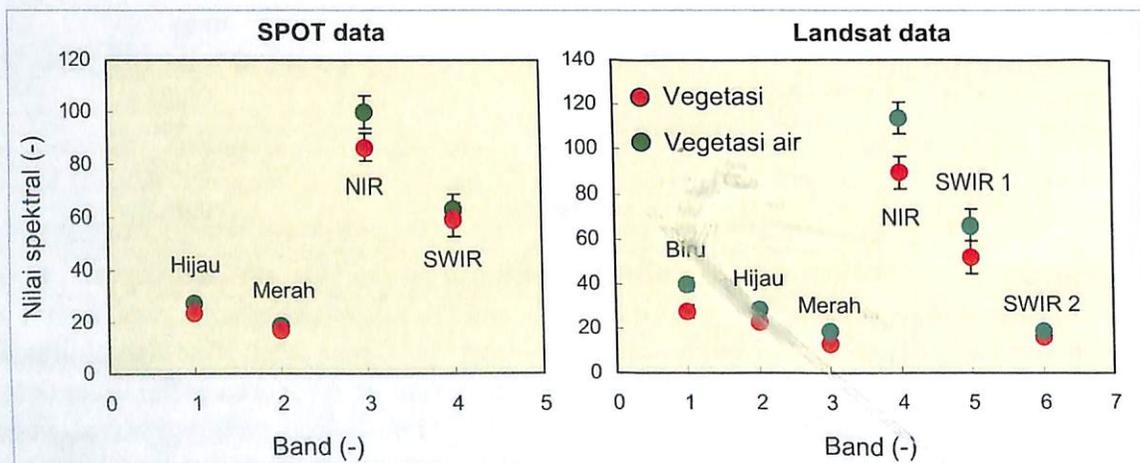
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data multitemporal Landsat dan SPOT yang telah melalui tahap normalisasi diperlihatkan pada Gambar 4. Berdasarkan nilai koefisien determinasi dari persamaan regresi pada Tabel 2 dan 3, dapat disimpulkan bahwa data antar-kanal yang dinormalisasi mempunyai korelasi yang tinggi. Korelasi antara data Landsat TM 1990 dan Landsat ETM+ 2000 mempunyai koefisien determinasi lebih besar dari 0,9, sedangkan korelasi antara data SPOT-4 2010 dan Landsat ETM+ 2000 mempunyai koefisien determinasi lebih besar dari 0,8. Analisis secara visual penampakan citra memperlihatkan bahwa obyek-obyek penutup lahan pada ke tiga citra berlainan waktu dan sistem sensor mempunyai penampakan yang relatif sama, seperti penampakan vegetasi, lahan terbuka, air dan vegetasi air yang tersebar di tepi dan tengah danau.



Gambar 4. Data multitemporal Landsat hasil normalisasi

Luas danau dapat diketahui secara lebih akurat bila vegetasi air yang tumbuh di permukaan danau dapat diidentifikasi secara tepat. Untuk itu penampakan vegetasi air perlu dibedakan dengan penampakan vegetasi non-air di sekeliling danau. Pengambilan sampling dilakukan untuk melihat perbedaan nilai spektralnya. Nilai rata-rata dan standar deviasi dari vegetasi air dan vegetasi non air untuk setiap kanal diperlihatkan pada Gambar 5. Point warna merah adalah vegetasi non air, sedangkan point warna hijau adalah vegetasi air. Pada data SPOT, perbedaan nilai spektral terlihat pada kanal *near infrared* (NIR) dan *short wave infrared* (SWIR), sedangkan nilai spektral pada kanal hijau dan merah relatif sama. Pola yang sama juga terlihat pada data Landsat, tetapi Landsat mempunyai dua kanal yang lebih banyak yaitu kanal biru dan SWIR 2, dimana perbedaan nilai spektral yang cukup besar terlihat pada kanal biru.



Gambar 5. Perbedaan spektral antara vegetasi air dan vegetasi non-air untuk setiap kanal data SPOT dan Landsat

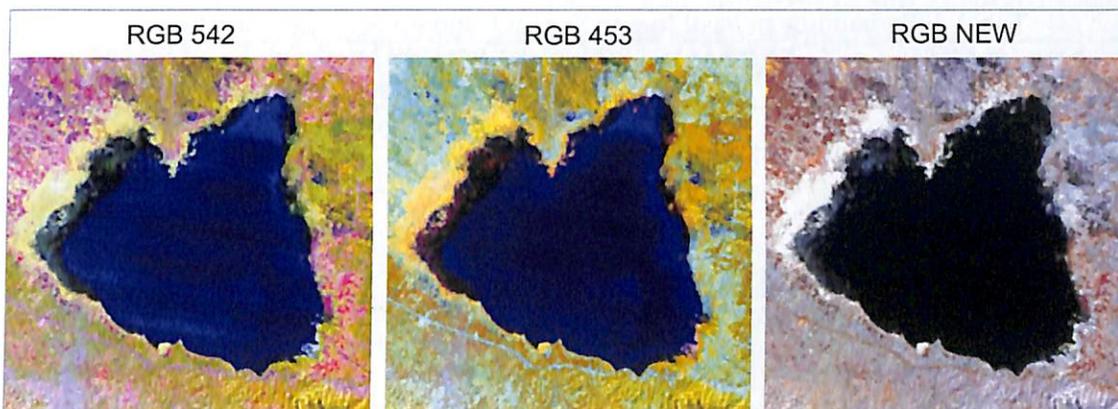
Berdasarkan perbedaan distribusi nilai spektral dari vegetasi air dan vegetasi non-air maka dibuat kanal sintetis yang lebih dapat membedakan vegetasi air, yaitu:

Kanal 1 : NIR+SWIR

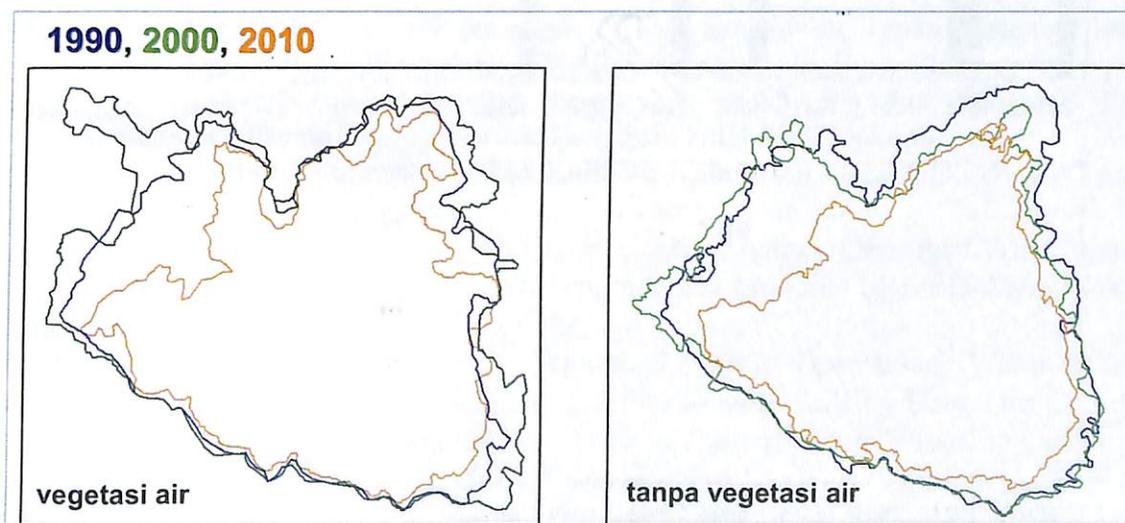
Kanal 2 : NIR

Kanal 3 : NIR-Merah

Gambar 6 memperlihatkan perbandingan tampilan komposit RGB 542, RGB 453, dan RGB 123 berdasarkan kanal sintetis, untuk melihat vegetasi air. Pada RGB 542 dan 453, vegetasi air terlihat berwarna hijau dan oranye di sebelah kiri danau. Walaupun sudah teridentifikasi tapi masih sulit menentukan batas antara vegetasi air dan vegetasi non-air. Pada RGB 123 dari kanal sintetis, vegetasi air terlihat berwarna putih dengan batas yang jelas dibandingkan penutup lahan (vegetasi dan non-vegetasi) di sekitarnya. Oleh karena itu, selanjutnya komposit RGB kanal sintetis digunakan untuk mengidentifikasi sebaran vegetasi air, yang akan membantu dalam mendeliniasi batas danau yang lebih akurat.



Gambar 6. Perbandingan tampilan RGB 542, 453 dan RGB 123 sintetis untuk melihat vegetasi air



Gambar 7. Batas danau hasil deliniasi dari citra multitemporal Landsat dan SPOT untuk melihat vegetasi air

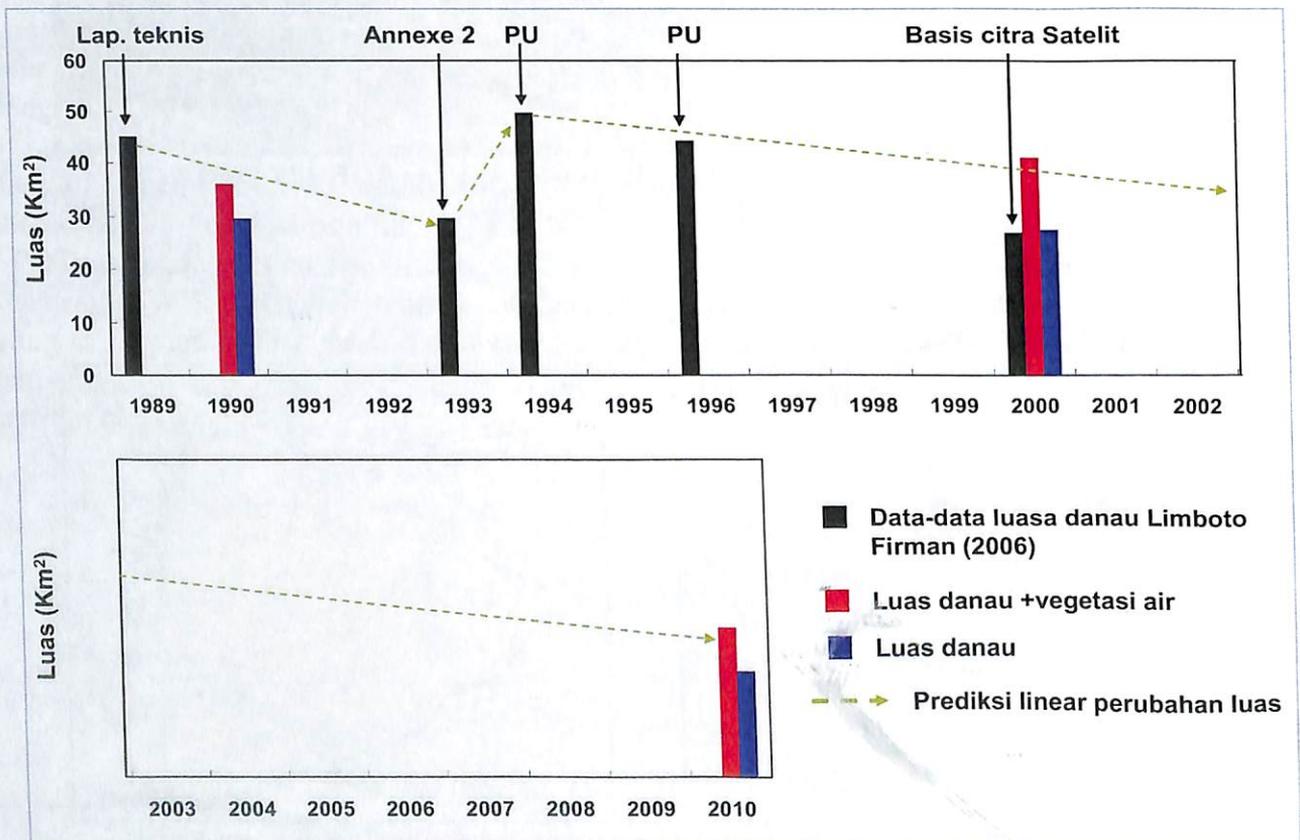
Hasil deliniasi batas danau dengan vegetasi air dan tanpa vegetasi air menggunakan citra multitemporal Landsat dan SPOT untuk tahun 1990, 2000 dan 2010 diperlihatkan pada Gambar 7. Luas danau dengan mempertimbangkan vegetasi air memperlihatkan adanya

perluasan danau dari tahun 1990 ke 2000 dan penyempitan/penyusutan dari tahun 2000 ke 2010. Di sisi lain, luas danau tanpa mempertimbangkan vegetasi air menunjukkan penyempitan/penyusutan dari tahun 1990 sampai tahun 2010. Kalau merujuk pada data hasil pengukuran (Tabel 1), maka diketahui adanya usaha perluasan danau pada sekitar tahun 1994-1995, sehingga pola perubahan luas danau dengan mempertimbangkan vegetasi air dapat diterima.

Verifikasi terhadap metode dilakukan dengan membandingkan hasil yang didapat dengan data Ikonos dan data lapangan. Dengan membandingkan antara hasil deliniasi menggunakan komposit kanal sintesis untuk citra SPOT 2010 dan hasil deliniasi menggunakan data Ikonos 2010. Perlu dijelaskan bahwa tanggal akuisisi data Ikonos tidak diketahui, tapi kondisi penutup lahan dan pola sebaran vegetasi air sangatlah mirip, sehingga diperkirakan kedua data sangatlah berdekatan waktu perekamannya. Perbandingan hasil diperlihatkan pada Tabel 4, perbedaannya hanya berkisar 4-5% untuk luas danau tanpa dan dengan vegetasi air.

Tabel 4. Perbandingan hasil luasan Danau Limboto berdasarkan citra 2010

LUAS DANAU	BERBASIS SPOT (Ha)	BERBASIS IKONOS (Ha)	PERSENTASE SELISIH
Dengan vegetasi air	2.696	2.550	5,4%
Tanpa vegetasi air	1.976	2.056	3,9%



Gambar 8. Perubahan luasan Danau Limboto periode tahun 1989 - 2010

Verifikasi dengan data lapangan dilakukan dengan melakukan analisis luasan dari citra dengan data luasan pada tahun-tahun sebelumnya seperti Gambar 8. Bar hitam adalah luasan danau berdasarkan Tabel 1, dimana data tahun 1989, 1993, 1994 dan 1996 adalah

data pengukuran lapangan, sedangkan tahun 2000 adalah hasil dari citra satelit. Bar merah adalah luas danau dengan vegetasi air, bar biru adalah luas danau tanpa vegetasi air, dan garis putus-putus adalah prediksi linier perubahan luas berdasarkan hanya data lapangan tahun 1989, 1993, 1994 dan 1996. Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan luas Danau Limboto mulai dari tahun 1989, tetapi kemudian luasnya bertambah pada tahun 1994 dan selanjutnya luasnya berkurang. Pola penurunan dan penambahan luas Danau Limboto digambarkan dengan garis prediksi linier. Hasil deliniasi luas danau dengan vegetasi air lebih sesuai dengan garis prediksi linier dibandingkan hasil deliniasi luas danau tanpa vegetasi air. Luas danau tahun 2000 dari Tabel 1 menunjukkan bahwa metode penentuan luas danau yang dilakukan oleh Firman (2006) adalah luas danau tanpa vegetasi air, sehingga kurang sesuai dengan garis prediksi linier.

4. KESIMPULAN

Kajian metode untuk mengidentifikasi vegetasi air dan memantau perubahan luas danau dilakukan dengan menggunakan citra Landsat dan SPOT-4 tahun 1990-2010 secara multitemporal. Beberapa kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Koreksi data dan normalisasi dapat mengurangi perbedaan spektral akibat perbedaan waktu perekaman dan sistem sensor.
- Komposit warna RGB 123 (kanal 1: NIR+SWIR, kanal 2: NIR, kanal 3: NIR-Merah) dari kanal sintesis dapat memisahkan vegetasi air dan vegetasi non-air secara lebih tegas, sehingga deliniasi batas danau dapat lebih akurat.
- Perhitungan luas danau dengan mempertimbangkan vegetasi air lebih sesuai dengan garis prediksi linier dari data pengukuran lapangan dibandingkan dengan hasil deliniasi luas danau tanpa vegetasi air.

DAFTAR PUSTAKA

- Brezonik, P.L., Kloiber, S.M., Olmanson, L.G., dan Bauer, M.E. 2002. *Satellite and GIS Tools to Assess Lake Quality*. Water Resources Center. Technical Report 145, May 2002.
- Fahmudin A. dan Widiyanto. 2004. *Petunjuk Praktik Konservasi Tanah Pertanian Lahan Kering*. World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia, Bogor. Indonesia.
- Fahmuddin, A. 2007. *Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air*. Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia 2004-2007. Jakarta.
- Firman, M. 2006. *Studi Konservasi Danau Limboto Kabupaten Gorontalo*. Master Thesis. Civil Engineering. ITB. Bandung.
- Hardaningrum, F., Taufik, M., dan Muljo, B. 2005. *Analisis Genangan Air Hujan di Kawasan Delta dengan Menggunakan Penginderaan Jauh dan SIG*. PIT MAPIN XIV. Surabaya.
- 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.
- Li, R. dan Li, J. 2004. *Satellite Remote Sensing Technology for Lake Water Clarity Monitoring: An Overview*. International Society for Environmental Information Sciences, Environmental Informatics Archives, Volume 2 (2004), 893-901.
- Mostafa M.M. dan Soussa H.K. 2006. *Monitoring of Lake Nasser Using Remote Sensing and GIS Techniques*. ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes". Enschede, the Netherlands. 8-11 May 2006.

- Pratisto, A. dan Danoedoro, P. 2008. Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respond Debit dan Bahaya Banjir (Studi Kasus di DAS Gesing, Purworejo Berdasarkan Citra Landsat TM dan ASTER VNIR). PIT MAPIN XVII. Bandung.
- Suroso dan Susanto H.A. 2006. Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Banjaran. Jurnal Teknik Sipil, Vol.3, No. 2.
- Suzanne, F. 2009. General Guidelines for Registering Landsat TM Coverage to the Rectification Base and Performing the BRDF Correction. INCAS Project.
- Suzanne, F. dan 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. Vol 2. International Society of Remote Sensing and Sciences IReSES.