

# **STANDARISASI KOREKSI DATA SATELIT MULTIWAKTU DAN MULTISENSOR (LANDSAT TM/ETM+ DAN SPOT-4) (STANDARDIZATION OF MULTI TEMPORAL AND MULTI SENSOR SATELLITE DATA CORRECTION (LANDSAT TM/ETM+ AND SPOT-4))**

**Bambang Trisakti dan Gagat Nugroho**  
Peneliti Bidang Sumber Daya Wilayah Darat, LAPAN  
e-mail: btris01@yahoo.com

*Diterima 14 Februari 2012; Disetujui 10 Juni 2012*

## **ABSTRACT**

Remote sensing satellite data has been widely used to support watershed and lake managements. However researches conducted in Indonesia are facing common problems related with standardization of data pre-processing, particularly that are related to orthorectification and radiometric correction. The objective of this research is to standardize the satellite data correction to monitor Total Suspended Material (TSM) in Limboto lake along 1990-2010 period using Landsat TM/ETM+ and SPOT-4. The data correction process was performed included orthorectification, sun correction, terrain correction and normalization of data with different time and different sensor. The result of each correction process was examined to evaluate the quality improvement before and after correction. The corrected data was then used to monitor the degree of turbidity of Limboto Lake during 1990-2010 periods. The study results show that data correction reduces position error and object spectral difference due to differences in acquisition time and sensor. The examined correction provides more accurate and consistent results. The quality of Limboto Lake was monitored decreases gradually, where the higher TSM concentration was found during the period of 1990-2010.

*Keywords: Orthorectification, Radiometric, Multi-temporal, Multi-sensor, Total Suspended Material (TSM)*

## **ABSTRAK**

Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh telah dilakukan untuk pengelolaan DAS dan danau. Akan tetapi pada umumnya penelitian yang telah dilakukan menghadapi permasalahan umum yang terkait dengan standarisasi pengolahan data awal, yaitu proses orthorektifikasi dan koreksi radiometrik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan standarisasi koreksi data citra untuk pemantauan tingkat kekeruhan *Total Suspended Material (TSM)* di Danau Limboto selama periode 1990-2010 menggunakan data Landsat TM/ETM+ dan SPOT-4. Proses koreksi yang dilakukan meliputi orthorektifikasi, koreksi matahari, koreksi terrain dan normalisasi antar data beda waktu dan beda sensor. Hasil setiap tahapan koreksi diuji untuk mengevaluasi perubahan kualitas sebelum dan sesudah koreksi. Selanjutnya data yang telah dikoreksi digunakan untuk memantau tingkat kekeruhan Danau Limboto selama periode 1990-2010. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa koreksi data mengurangi/menghilangkan kesalahan posisi dan perbedaan spektral obyek karena perbedaan sensor dan waktu perekaman. Koreksi yang diuji memberikan hasil lebih akurat dan konsisten. Kualitas Danau Limboto terpantau menurun, dimana konsentrasi TSM semakin tinggi selama periode 1990 – 2010.

*Kata kunci: Orthorektifikasi, Radiometrik, Multi-temporal, Multi-sensor, Total Suspended Material (TSM)*

## 1 PENDAHULUAN

Sejak tahun 1990an, teknologi satelit penginderaan jauh berkembang sangat cepat yang dapat menyediakan berbagai data baik dengan sistem optik maupun *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dengan karakteristik resolusi spasial, temporal dan spektral yang berbeda-beda. Data satelit penginderaan jauh merupakan salah satu sumber data yang paling penting yang mampu memberikan informasi spasial yang akurat, konsisten dan aktual mengenai sumber daya alam dan lingkungan.

Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh untuk kegiatan pemantauan yang berkaitan dengan pengelolaan DAS dan danau telah banyak dilakukan baik di dalam maupun di luar negeri (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 dan lain-lain. Akan tetapi, pada umumnya penelitian-penelitian yang telah dilakukan di Indonesia mempunyai permasalahan pada standar pengolahan data awal, yang berkaitan dengan proses orthorektifikasi dan koreksi radiometrik. Variasi pra-pengolahan dapat mengakibatkan kurangnya konsistensi pada berbagai informasi yang dihasilkan khususnya informasi yang menggunakan data multi waktu dan data multi sensor.

Saat ini standarisasi pengolahan citra telah menjadi perhatian khusus di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) bersamaan dengan berjalannya program *Indonesia's National Carbon Accounting System* (INCAS). Program INCAS merupakan program *Indonesia-Australia Forest Carbon Partnership* (IAFCP) untuk mendukung Pemerintah Indonesia dalam membuat

sistem pengurangan emisi karbon yang signifikan dan efektif dengan cara mengurangi deforestasi, meningkatkan reforestasi, dan menjaga kelestarian hutan secara berkelanjutan. Untuk mendapatkan informasi perubahan lahan hutan dari tahun ke tahun secara akurat dan konsisten, standar koreksi data satelit merupakan tahapan yang harus dikerjakan. Pada kegiatan INCAS, koreksi data yang dilakukan meliputi proses orthorektifikasi (membuat citra tegak lurus terhadap sensor), koreksi radiometrik terdiri dari koreksi matahari, *Bidirectional Reflectance Distribution Function* (BRDF) dan koreksi terrain (Suzanne (2009); Suzanne and Wu (2009)). Koreksi matahari dan BRDF dilakukan untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh pengaruh posisi geometri antara matahari, obyek dan sensor. Sedangkan koreksi terrain dilakukan untuk menghilangkan pengaruh kondisi terrain dari permukaan bumi. Akan tetapi metode koreksi yang digunakan hanya berlaku untuk data satelit Landsat, sehingga perlu kajian metode koreksi data untuk pemanfaatan data satelit yang direkan dengan menggunakan sensor yang berbeda.

Berangkat dari permasalahan tersebut, tulisan ini membahas mengenai metode koreksi data satelit penginderaan jauh yang standar untuk menghasilkan informasi berbasis data satelit yang akurat dan konsisten. Setiap hasil dari tahapan koreksi akan diuji untuk melihat perubahan kualitas dari data yang dihasilkan, selanjutnya data yang telah dikoreksi akan digunakan untuk melihat perubahan tingkat kekeruhan di Danau Limboto.

## 2 DATA DAN METODE

### 2.1 Data Yang Digunakan

Data yang digunakan dalam kegiatan ini adalah

- Citra Landsat TM/ETM+ multi waktu hasil rekaman tahun 1990, 2000 dan

2002 dengan Resolusi spasial 30 m (Tabel 2-1),

- Citra SPOT-4 rekaman tahun 2010 dengan resolusi spasial 20 m (Tabel 2-1),
- DEM *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) ver. 4.1 resolusi 90 m.

**2.2 Metode Penelitian**

Data Landsat TM/ETM+ dikoreksi geometrik dan radiometrik menggunakan metode standar pengolahan INCAS. Koreksi yang dilakukan meliputi koreksi orthorektifikasi, koreksi matahari, dan koreksi terrain. Orthorektifikasi dilakukan dengan menggunakan sekitar 25 titik control point (CP) XYZ yang diperoleh dari citra acuan (data Landsat Ortho) dan DEM SRTM. Titik CP yang digunakan terdistribusi secara merata di seluruh bagian citra, sehingga koreksi dapat dilakukan secara akurat. Selanjutnya citra dikoreksi matahari.

Koreksi matahari dilakukan untuk menghilangkan perbedaan nilai digital piksel yang disebabkan posisi matahari yang berbeda. Proses koreksi dilakukan dengan mengubah nilai digital piksel menjadi nilai radian (radiasi dari obyek ke sensor) dan mengubah kembali menjadi nilai reflektansi (rasio antara radian dan irradian atau rasio antara radiasi obyek ke matahari dan radiasi matahari ke obyek). Persamaan yang digunakan untuk konversi disajikan pada persamaan (2-1):

$$L = G \times DN + B \tag{2-1}$$

Keterangan:

- DN : Nilai digital
- G : Gradien (kanal gain)
- L : Radian di atas atmosfer
- B : Titik potong (kanal offset)

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos\theta_s} \tag{2-2}$$

Keterangan:

- $\rho_p$  : Reflectance di atas atmosfer
- $L_\lambda$  : Radiance di atas atmosfer
- $ESUN_\lambda$  : Irradiance matahari
- $\cos \theta_s$  : Sudut zenith matahari
- $d^2$  : Rasio jarak bumi matahari

Koreksi terrain dilakukan dengan menggunakan metode *C-correction*. Algoritma *C-correction* diperlihatkan pada persamaan (2-3) (Wu et al., 2004):

$$L_H = L_T (\cos (sz) + c) / (\cos(i) + c) \tag{2-3}$$

Keterangan:

- $L_H$  : Radian yang sudah dikoreksi (radian pada permukaan datar)
- $L_T$  : Radian belum dikoreksi (radian pada permukaan miring karena kondisi topografi)
- $sz$  : Sudut zenit matahari
- $i$  : Sudut normal piksel yang di bentuk dari arah normal piksel dan arah matahari
- $c$  : Koefisien pembatas yang merupakan rasio antara titik potong dan gradien

(b/m) dari persamaan regresi  $L_T = m \cos(i) + b$  (1)

Tabel 2-1: CITRA LANDSAT TM/ETM+ DAN SPOT 4

No.	Citra satelit	Spasial	Tanggal perekaman
1.	Landsat TM	30 m	25 Desember 1990
2.	Landsat ETM+	30 m	17 Oktober 2000
3.	Landsat ETM+	30 m	14 April 2002
4.	SPOT 4	20 m	7 Mei 2010

Koreksi citra SPOT-4 dilakukan untuk koreksi orthorektifikasi dan koreksi matahari. Orthorektifikasi dilakukan dengan menggunakan sekitar 25 titik *control point* (CP) XYZ yang diperoleh dari citra acuan (data Landsat Ortho) dan DEM SRTM.

Koreksi matahari untuk citra SPOT dilakukan menggunakan persamaan (2-4) dan (2-5). Berbeda dengan citra Landsat yang mempunyai koefisien koreksi yang sama, koefisien koreksi untuk SPOT berubah sehingga perlu dilakukan pengecekan pada website *Centre National d'Etudes Spatiales* (CNES) dan *header* data setiap perekaman.

$$L_{TOA}^k = \frac{X^k}{A_k \cdot G_m^k} + B \quad (2-4)$$

Keterangan:

- $L_{TOA}^k$  : Radiance di atas atmosfer
- $X^k$  : Nilai digital piksel
- $A_k$  : Koefisien kalibrasi
- $G_m^k$  : Gain
- B : Bias

$$\rho_{TOA}^k = \frac{\pi \cdot L_{TOA}^k}{E_s^k \cdot \cos \theta_s \cdot (d_0/d)^2} \quad (2-5)$$

Keterangan:

- $\rho_{TOA}^k$  : *Reflectance* di atas atmosfer
- $L_{TOA}^k$  : *Radiance* di atas atmosfer
- $E_s^k$  : *Irradiance* matahari
- $\cos \theta$  : Sudut zenith matahari
- $d_0/d$  : Rasio jarak bumi matahari

Tahap terakhir adalah melakukan proses normalisasi antara data untuk menghilangkan pengaruh perbedaan sensor dan perbedaan waktu perekaman. Metode yang digunakan adalah metode normalisasi dengan regresi linear seder-

hana, dengan menentukan persamaan regresi nilai spektral obyek yang sama pada 2 citra yang berbeda. Hasil setiap tahapan diuji untuk melihat perubahan dalam setiap koreksi, selanjutnya hasil normalisasi diuji secara visual pada komposit RGB 542, dan secara spektral pada obyek hutan.

Pemantauan tingkat kekeruhan permukaan air danau dilakukan dengan secara kualitatif dengan menggunakan model algoritma ekstraksi *Total Suspended Material* (TSM) yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Ekstraksi TSM dilakukan dengan menggunakan algoritma TSM (Trisakti et al, 2004) berbasis panjang gelombang pada band hijau (rentang 0.5-0.6  $\mu$ m), dimana persamaan yang digunakan diperlihatkan di bawah.

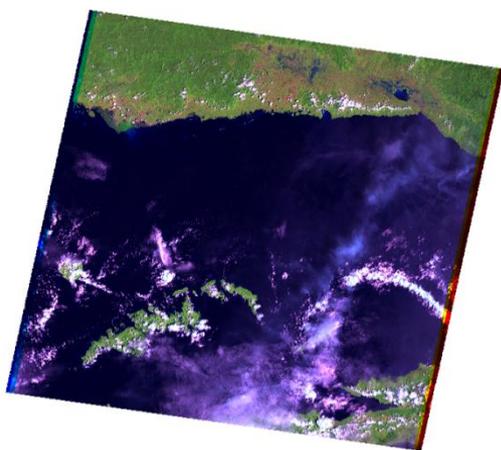
$$TSM = 1.0585 e^{1.3593 X_{woerd}}$$

$$X_{woerd} = \frac{-0.53R + 0.001}{0.03R - 0.059}, R = \text{Reflektansi Band Green}$$

Selanjutnya melakukan pemantauan perubahan tingkat kekeruhan air danau menggunakan citra multi temporal dan multi sensor 1990 - 2010.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Landsat TM/ETM+ dan data SPOT-4 yang digunakan dikoreksi orthorektifikasi dan secara radiometrik. Koreksi ini dilakukan agar perbedaan nilai spektral yang terjadi akibat perbedaan sensor (Landsat dan SPOT) dan perbedaan waktu perekaman (berlainan waktu) dapat dikurangi atau dihilangkan. Gambar 3-1 memperlihatkan contoh data Landsat ETM+ dan data SPOT-4 yang telah dikoreksi.



Landsat ETM+



SPOT 4

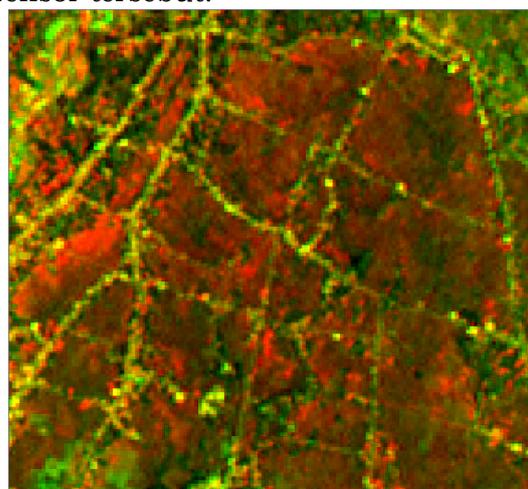
Gambar 3-1: Data Landsat ETM+ dan SPOT 4 yang telah dikoreksi

Selanjutnya citra hasil koreksi di evaluasi tingkat dengan membuat komposit 2 layer, citra terkoreksi pada layer Merah dan citra referensi (citra Landsat Ortho USGS) pada layer Hijau. Tampilan warna Merah dan Hijau pada komposit 2 layer menunjukkan adanya pergeseran obyek sedangkan tampilan warna Kuning menunjukkan obyek pada kedua citra terletak pada lokasi yang sama. Tampilan komposit 2 layer diperlihatkan pada Gambar 3-2, dimana citra SPOT 4 terkoreksi diberi warna merah dan citra referensi diberi warna hijau. Warna Kuning pada komposit 2 layer mendominasi pada jaringan jalan pada kedua citra yang berarti, jalan pada kedua citra terletak pada lokasi yang sama sehingga obyek mempunyai ketepatan yang akurat (pergeseran kurang dari 1 piksel). Evaluasi juga dilakukan untuk citra Landsat TM/ETM+ multi temporal, secara keseluruhan pergeseran (*error*) terjadi kurang dari 1 piksel.

Pengujian citra hasil koreksi radiometrik (koreksi terrain) dilakukan dengan membandingkan penampakan citra secara visual, kondisi terrain (daerah bergunung-gunung) menjadi berubah menjadi datar tanpa terrain menunjukkan bahwa koreksi berjalan dengan baik. Gambar 3-3 memperlihatkan contoh citra Landsat sebelum dan setelah dilakukan koreksi terrain.

Koreksi telah dilakukan terhadap citra Landsat dan SPOT 4, tapi koreksi yang dilakukan tidak sepenuhnya

menghilangkan perbedaan antara data sensor dan beda waktu perekaman seperti Gambar 3-4. Terlihat bahwa citra Landsat perekaman tahun 1990, citra Landsat perekaman tahun 2000 dan citra SPOT perekaman tahun 2010 mempunyai perbedaan kecerahan. Perbedaan antara data Landsat disebabkan adanya liputan awan dan perbedaan kondisi atmosfer pada saat perekaman, sehingga mengakibatkan perbedaan nilai spektral dan mempengaruhi histogram komposit RGB. Sedangkan sensor SPOT mempunyai rentang panjang gelombang yang sedikit berbeda dengan rentang panjang gelombang sensor Landsat untuk setiap bandnya, hal ini mengakibatkan terjadinya perbedaan nilai spektral pada kedua sensor tersebut.

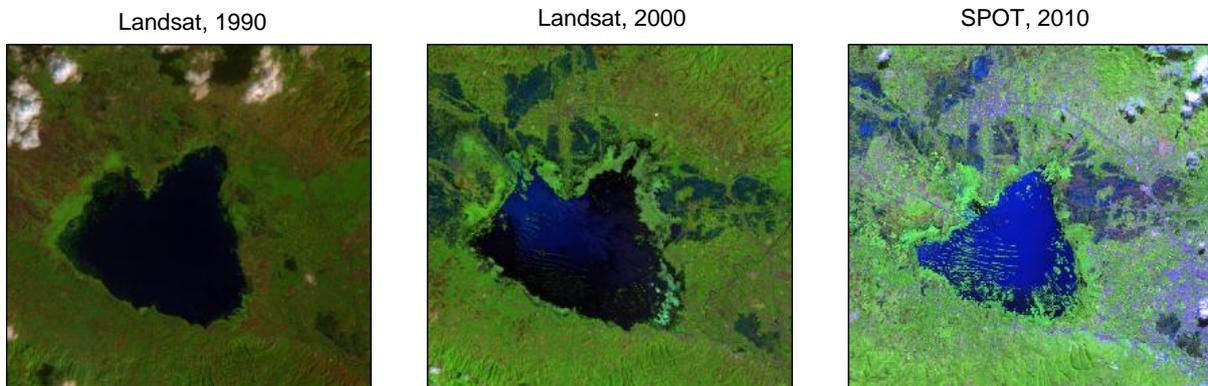


Citra SPOT terkoreksi : Merah  
Citra referensi : Hijau

Gambar 3-2: Evaluasi citra hasil koreksi menggunakan metode komposit 2 layer



(a) Sebelum koreksi terrain (b) Setelah koreksi terrain  
 Gambar 3-3: Citra Landsat sebelum dan setelah dilakukan koreksi terrain

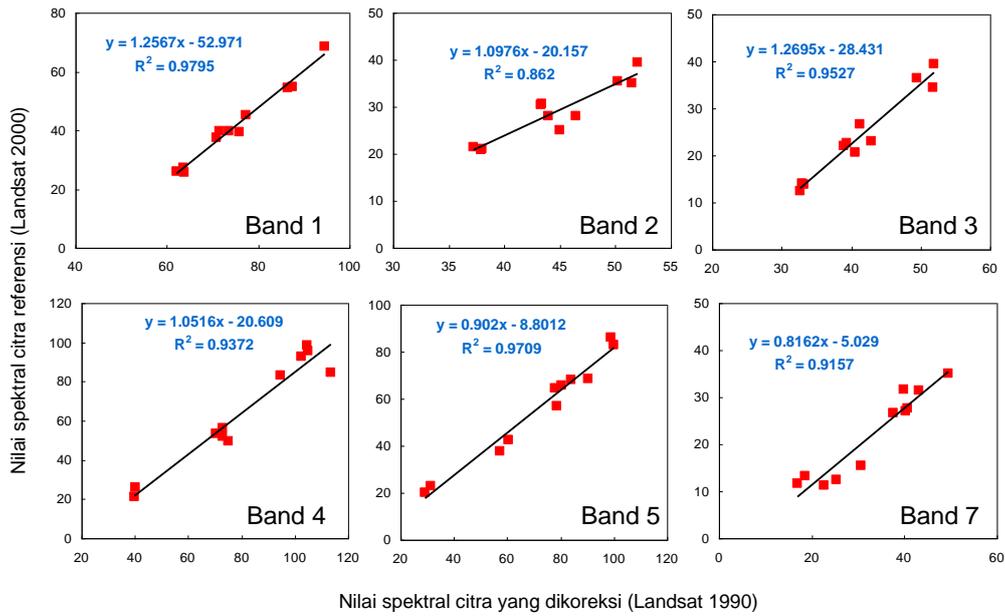


Gambar 3-4: Citra beda waktu dan beda sensor setelah koreksi radiometrik

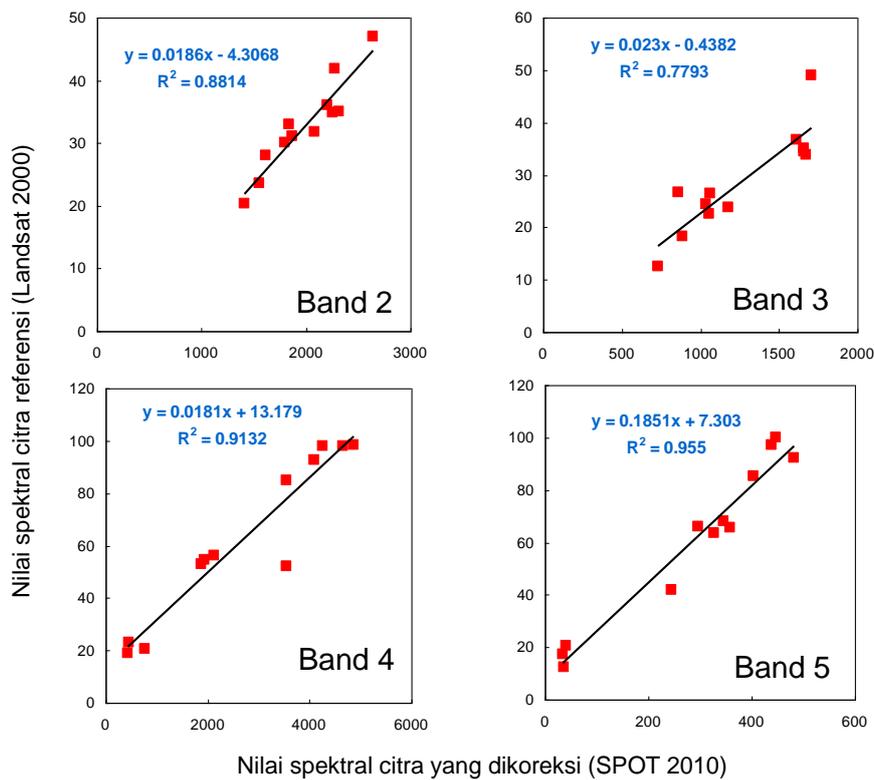
Perbedaan yang terjadi karena perbedaan sensor dan perbedaan kondisi atmosfer dapat dikurangi atau dihilangkan dengan melakukan normalisasi data. Normalisasi dilakukan dengan pengambilan sampel pada obyek yang relatif tidak berubah (*invariant object*) dan melakukan regresi antar data. Gambar 3-5 memperlihatkan persamaan regresi antara data Landsat perekaman 2000 (data referensi) dan data Landsat perekaman 1990 (data yang dikoreksi). Selanjutnya persamaan regresi ini digunakan untuk mengkoreksi data

Landsat perekaman 1990 sehingga data tersebut mempunyai nilai spektral yang sama untuk setiap band dengan data Landsat perekaman 2000.

Gambar 3-6 memperlihatkan persamaan regresi antara data Landsat perekaman 2000 (data referensi) dan data SPOT 4 perekaman 2010 (data yang dikoreksi). Selanjutnya persamaan regresi ini digunakan untuk mengkoreksi data SPOT 4 perekaman 2010 sehingga data tersebut mempunyai nilai spektral yang sama untuk setiap band dengan data Landsat perekaman 2000.



Gambar 3-5: Regresi antara Landsat 1990 dan 2000 pada *invariant object*



Gambar 3-6: Regresi antara Landsat 2000 dan SPOT-4 2010 pada *invariant object*

Gambar 3-7 memperlihatkan citra Landsat perekaman tahun 1990, citra Landsat perekaman tahun 2000 dan citra SPOT perekaman tahun 2010 yang telah dilakukan normalisasi antar data. Secara visual dapat dilihat bahwa normalisasi antar data dapat menghilangkan perbedaan nilai spektral

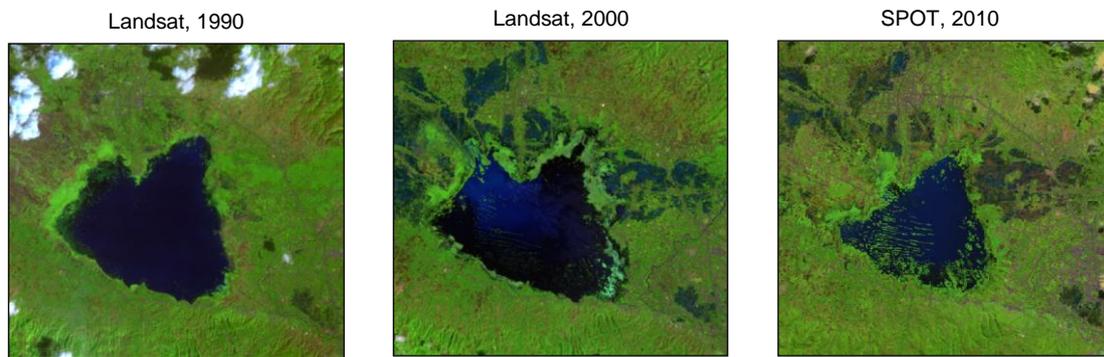
karena perbedaan sensor dan kondisi atmosfer pada perekaman yang berbeda waktu.

Evaluasi lebih lanjut dilakukan dengan melakukan pengujian nilai spektral obyek hutan pada untuk setiap citra sebelum dan sesudah proses normalisasi (Gambar 3-8, Warna biru

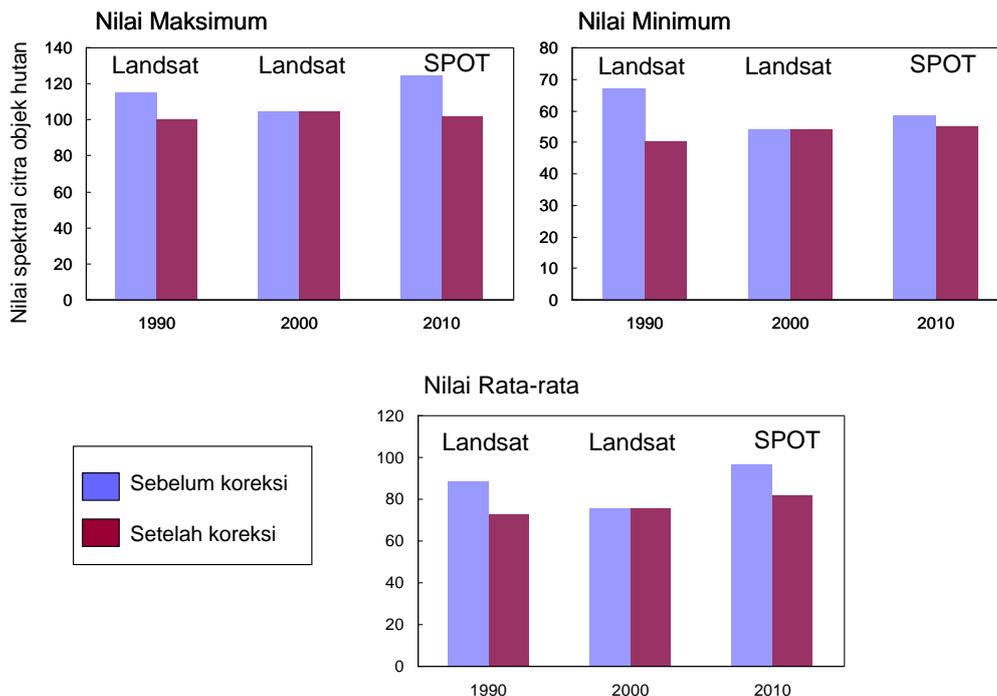
sebelum normalisasi dan warna merah setelah normalisasi). Sebelum dilakukan proses normalisasi, Nilai maksimum, nilai minimum dan nilai rata-rata obyek hutan sangat berbeda antara data tahun 1990, 2000 dan 2010. Tetapi nilai tersebut menjadi hampir sama (mendekati) setelah dilakukan proses normalisasi. Sehingga dengan proses normalisasi maka obyek yang sama akan mempunyai nilai spektral yang relatif sama walaupun diambil menggunakan sensor yang berbeda dan waktu yang berbeda. Selanjutnya data siap digunakan untuk ekstraksi informasi tingkat kekeruhan di Danau Limboto.

Pemantauan tingkat kekeruhan (TSM) dilakukan dengan menggunakan

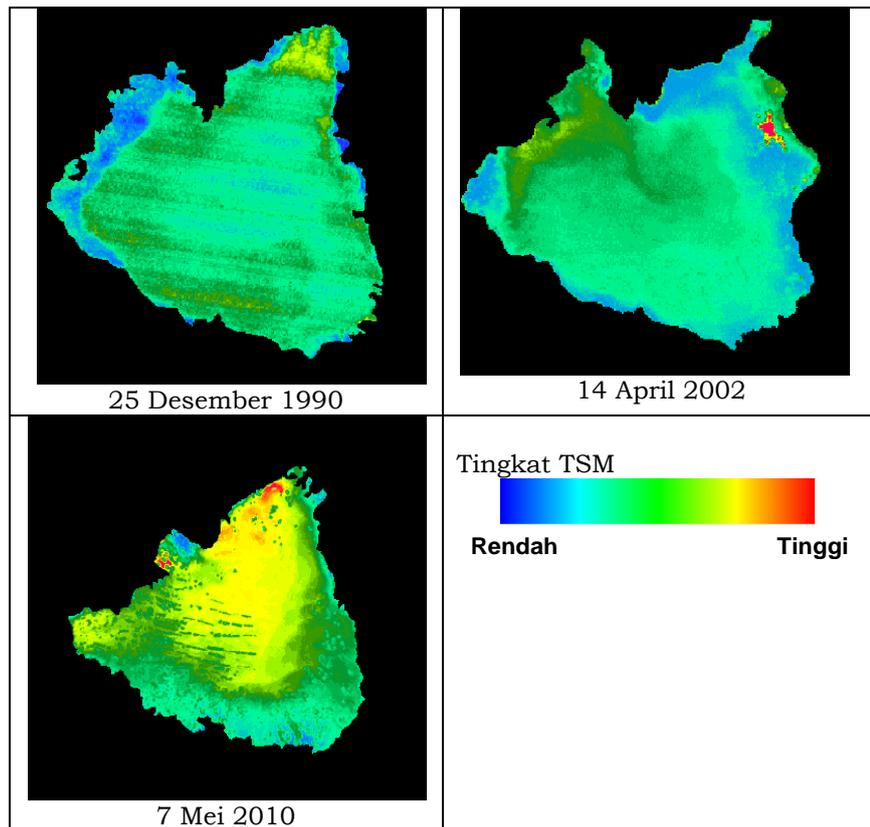
citra 1 musim, yaitu pada musim hujan. Algoritma TSM menggunakan model algoritma pada penelitian sebelumnya (Trisakti et al, 2004), sehingga pemantauan ini hanya dilakukan untuk melihat perubahan tingkat kekeruhan secara kualitatif. Gambar 3-9 memperlihatkan bahwa tingkat kekeruhan di Danau Limboto cenderung bertambah selama periode 1990-2010. konsentrasi TSM rendah pada Desember 1990, kemudian semakin bertambah pada April 2002 dan meningkat secara signifikan pada Mei 2010. Kecenderungan ini sesuai dengan informasi yang dipublikasi melalui laporan atau website yang melaporkan bahwa kualitas air Danau Limboto semakin menurun.



Gambar 3-7: Citra beda waktu dan beda sensor setelah normalisasi



Gambar 3-8: Nilai spektral obyek hutan sebelum dan sesudah proses normalisasi



Gambar 3-9: Pemantauan tingkat kekeruhan Danau Limboto

#### 4 KESIMPULAN

Dari hasil kajian standarisasi koreksi data citra untuk pemantauan tingkat kekeruhan (TSM) di Danau Limboto selama periode 1990-2010, beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Koreksi data mengurangi/menghilangkan kesalahan posisi dan perbedaan spektral obyek karena perbedaan sensor dan waktu perekaman, sehingga hasil lebih akurat dan konsisten.
- Kualitas Danau Limboto terpantau menurun (tingkat sedimentasi semakin tinggi) selama periode 1990 – 2010.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terimakasih kepada Bapak Prof. Dr. Ishak Hanafiah Ismullah, DEA. dan Prof. Dr., Ir. I Nengah Surati Jaya, M.Agr. yang sudah memberikan masukan dan arahan dalam penulisan naskah ilmiah ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Brezonik P.L.; Kloiber S. M.; Olmanson L. G.; and Bauer M. E., 2002. *Satellite and GIS Tools to Assess Lake Quality*, Water Resources Center, Technical Report 145, May 2002.
- 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.
- Jiangui L.; Tom H.; Mark K.; and John B., 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.
- Mostafa M.M.; and 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.
- Ruiqiu L.; and Jonathan Li, 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.
- 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.; and Wu X., 2009. *General Guidelines for Terrain Correction of Landsat TM Images*, INCAS Project.
- Suzanne F., 2009. *General Guidelines for registering Landsat TM coverage to the Rectification Base and Performing the BRDF Correcton*, INCAS Project.
- Trisakti B.; Parwati; dan Budhiman S., 2004. *The Study Of MODIS Aqua Data For Mapping TSM In Coastal Water Usingthe Approach Of Landsat 7 ETM Data*, International Journal of Remote Sensing and Earth Science, International Society of Remote Sensing and Sciences IReSES. Vol 2.