



Model Spasial NDVI Minimum dan Maksimum dengan Landsat TM/ETM+ Multitemporal (2000-2009)

Bambang Trisakti

Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN
Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur, Indonesia
e-mail : btris01@yahoo.com

Abstrak

Informasi spasial nilai minimum dan dan maksimum dari indek kehijauan vegetasi (NDVI) sangat diperlukan sebagai data masukan untuk pendugaan laju erosi tanah. Informasi spasial NDVI pada daerah tangkapan air (DTA) membutuhkan citra satelit dengan resolusi spasial menengah, seperti citra Landsat. Tetapi tutupan awan/*haze* dan perbedaan pencahayaan karena topografi dapat mengakibatkan tidak akuratnya NDVI. Kegiatan ini bertujuan untuk membuat informasi spasial NDVI minimum dan maksimum di DTA Danau Kerinci menggunakan 19 citra Landsat TM/ETM+ periode 2000-2009. Data yang digunakan adalah perekaman bulan berbeda yang mewakili musim kemarau dan hujan. Standardisasi data dengan melakukan koreksi geometri matahari dan koreksi *terrain* menggunakan metode *C-correction*. Proses berikutnya adalah menghilangkan awan/*haze* dan bayangan pada setiap citra, konversi ke NDVI, pemotongan citra dan penggabungan data, serta perhitungan NDVI maksimum dan minimum. Analisis lebih lanjut dilakukan untuk melihat perubahan NDVI. Hasil memperlihatkan bahwa kondisi topografi, awan dan bayangan mempengaruhi NDVI, terutama dalam menentukan NDVI minimum. Karena itu standardisasi data dan penghilangan awan/bayangan menjadi syarat penting mendapatkan NDVI yang konsisten dan akurat. Perubahan NDVI tinggi terjadi pada penutup lahan yang dinamis (sawah), sedangkan perubahan NDVI rendah terjadi pada penutup lahan yang statis (hutan dan tubuh air).

Kata Kunci: NDVI, standardisasi, Landsat TM/ETM+, topografi, penghilangan awan/bayangan

Abstract

Spatial information of minimum and maximum Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) are needed as input data to estimate soil erosion rate. Spatial information of NDVI in water catchment area (DTA) needs middle resolution of satellite image such as Landsat image. Cloud/haze cover and lightening difference due to topography can cause inconsistency of NDVI, therefore NDVI extraction process should consider those factors. The purpose of the research is



to produce spatial information of minimum and maximum NDVI in Danau Kerinci catchment area using 19 images of Landsat TM/ETM+ along 2000-2009 periods. Those data were recorded in different months that represented rain and dry season. Standardization of data was conducted by doing sun geometry correction, terrain correction using C correction method. The next procedures were cloud and shadow removal for each image, NDVI extraction, cropping and layer stacking, and then minimum and maximum NDVI calculation. Further analysis was conducted to observe the NDVI change in catchment area. The results show that topographic condition and cloud/shadow cover give significant effect to NDVI, especially for determining minimum NDVI. Therefore data standardization and cloud/shadow removal become important to be done to get consistent and accurate NDVI. High change of NDVI occurred in dynamic land use (paddy field), otherwise low change of NDVI occurred in static land use (forest and water body).

Keywords: *NDVI, standardization, Landsat TM/ETM+, topography, cloud/shadow removal*

1. PENDAHULUAN

Konversi lahan menjadi permasalahan utama yang mengakibatkan terjadinya kerusakan di bagian hulu Daerah Tangkapan Air (DTA), yang selanjutnya mengakibatkan berubahnya siklus hidrologi di DTA tersebut. Bila hujan turun pada tanah yang terbuka, maka air akan masuk ke dalam tanah yang memiliki kesuburan tinggi. Dengan tidak adanya pohon yang menahan air hujan agar meresap ke dalam tanah, maka aliran air permukaan akan meningkat. Aliran air permukaan yang besar dan cepat akan mengikis lapisan permukaan tanah yang subur sehingga menyebabkan hilangnya kesuburan tanah. Sehingga dampak yang terjadi adalah meningkatnya erosi tanah pada musim hujan dan kurangnya air pada musim kemarau karena rendahnya resapan air ke dalam tanah (Nuridin, 2011).

Permasalahan di DTA berakibat pada turunnya kualitas danau seperti: pendangkalan dan penyempitan danau, penyebaran eceng gondok dan turunnya kualitas air. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha pencegahan agar kerusakan DTA tidak berlanjut terus, serta upaya pemulihan kualitas danau sehingga danau-danau tersebut dapat tetap lestari. Untuk menangani permasalahan ini, pemerintah telah menggulirkan program nasional penyelamatan danau 2010-2014 yang diprioritaskan kepada 15 danau yang telah mengalami kerusakan (KLH, 2011). Program tersebut telah ditindak lanjuti dengan diadakannya Konferensi Danau I di Bali pada tahun 2009 dan Konferensi Danau II di Semarang pada Tahun 2011, yang menghasilkan kesepakatan antara 9 Kementerian dan penegasan kembali untuk pemulihan 15 danau prioritas.

Berdasarkan pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau (KLH, 2008) dijelaskan bahwa status ekosistem danau ditentukan oleh beberapa faktor, yang salah



satunya adalah erosi lahan. Erosi merupakan suatu proses hilangnya lapisan tanah, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin (Foth, 1995). Tingkat erosi yang tinggi dan melebihi batas toleransi mengakibatkan DTA suatu danau diberi status mengalami kerusakan. Metode *Universal Soil Loss Equation* (USLE) adalah metode pendugaan laju erosi tanah yang cukup populer dan sangat baik diterapkan di daerah yang faktor utama penyebab erosi adalah hujan dan aliran permukaan (As-syakur, 2008), tetapi metode USLE membutuhkan beberapa masukan data pengukuran lapangan yang belum tentu tersedia untuk setiap wilayah Indonesia. Metode pendugaan lain berbasis data satelit penginderaan jauh, yang membutuhkan informasi spasial kemiringan lereng dan data *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk wilayah kajian (Hazarika dan Honda, 2001). Data NDVI yang dibutuhkan untuk pendugaan laju erosi tanah adalah NDVI minimum dan maksimum pada suatu wilayah selama periode tertentu.

NDVI adalah indeks vegetasi yang paling populer digunakan dan dapat menggambarkan kondisi tingkat kehijauan, kesehatan dan kerapatan vegetasi. NDVI dikembangkan oleh Rouse et al. (1974), berbasis kepada perbedaan nilai pantulan band inframerah dengan band merah. Tumbuhan hijau akan menyerap gelombang pada spektrum merah untuk proses fotosintesis, dan memantulkan gelombang pada spektrum inframerah. Parameter indek vegetasi sebaiknya memenuhi syarat (Jensen, 2000): (a) Memaksimalkan sensitifitas dari parameter biofisik tanaman, (b) Menormalkan pengaruh dari luar seperti: sudut matahari, sudut pandang sensor, atmosfer dan waktu perekaman, (c) menormalkan pengaruh dari dalam seperti: variasi dari jenis kanopi dan tanah, kondisi topografi, jenis tanaman, (d) dapat dihubungkan dengan parameter biofisik yang dapat diukur seperti biomassa atau *Leaf Area Index* (LAI) yang dapat dijadikan alat validasi dan kontrol kualitas informasi.

Walaupun NDVI diharapkan dapat terlepas dari pengaruh dari faktor luar dan faktor dalam, tetapi pada kenyataannya pengaruh faktor-faktor tersebut mempengaruhi nilai digital piksel secara berbeda untuk setiap band. Oleh karena itu NDVI yang berbasis pada selisih band tidak akan terlepas sepenuhnya dari pengaruh tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai digital piksel adalah pengaruh tutupan awan/*haze*, bayangan dan beda pencahayaan karena perbedaan kondisi topografi permukaan bumi. Faktor yang paling berpengaruh untuk wilayah Indonesia adalah faktor tutupan awan, karena Indonesia terletak di wilayah tropis yang merupakan wilayah pembentukan awan.

Kegiatan ini bertujuan untuk untuk membuat informasi spasial NDVI minimum dan maksimum di DTA Danau Kerinci menggunakan citra multi temporal Landsat TM/ETM+ selama periode 2000-2009. Proses standarisasi data dilakukan dengan melakukan koreksi geometri matahari dan *terrain*, kemudian melakukan penghilangan awan/*haze* dan bayangan awan dengan menggunakan kombinasi band. Diharapkan proses standarisasi data dan penghilangan



awan/haze dan bayangan dapat mempertahankan konsistensi nilai NDVI sehingga dapat digunakan untuk mendukung pendugaan laju erosi tanah yang akurat.

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Lokasi kajian adalah daerah tangkapan air Danau Kerinci di Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi, Indonesia (**Gambar 1**). Danau Kerinci merupakan salah satu dari 15 danau yang termasuk dalam program pengelolaan danau prioritas tahun 2010-2014 yang dikeluarkan oleh BLHPP (Badan Lingkungan Hidup dan Penelitian Pengembangan), KLH. Ekosistem sekitar Danau Kerinci mempunyai permasalahan dengan terjadinya kerusakan DAS karena konversi lahan yang mengakibatkan tingginya laju erosi tanah di wilayah DTA. Wilayah ini mempunyai kondisi topografi yang bervariasi dan dikelilingi oleh pegunungan bukit barisan, dengan penutup lahan yang utama terdiri dari pertanian, perkebunan, hutan dan ladang/tegalan.

Data penginderaan jauh satelit yang digunakan adalah data Landsat TM/ETM selama periode 2000-2009, dan data *Digital Elevation Model* (DEM) SRTM X-C band. Kedua jenis data mempunyai resolusi spasial yang sama yaitu 30 m. Data Landsat TM/ETM+ diperoleh dari program *Indonesia National Carbon Accounting System* (INCAS), kondisi data sudah terkoreksi geometri matahari (konversi nilai digital ke reflektansi) dan sebagian sudah terkoreksi *terrain*. Dari data yang diterima dilakukan evaluasi tingkat penutup awan, untuk selanjutnya dipilih 19 data dengan tingkat penutup awan yang relatif rendah untuk digunakan. Data yang dipilih juga memperhatikan keterwakilan bulan-bulan pada musim hujan dan musim kemarau. Data yang digunakan diperlihatkan pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Lokasi daerah kajian di Kabupaten Kerinci (Kiri), dan daerah tangkapan air Danau Kerinci (Kanan)



Tabel 1. Data Landsat yang digunakan

No.	Jenis data	Tanggal Perekaman
1.	Landsat TM	22 Januari 2000
2.	Landsat TM	5 Mei 2000
3.	Landsat TM	13 Mei 2000
4.	Landsat TM	3 Juli 2001
5.	Landsat TM	11 Juli 2001
6.	Landsat ETM+	24 Maret 2002
7.	Landsat ETM+	28 Juni 2002
8.	Landsat ETM+	15 Agustus 2002
9.	Landsat TM	6 Januari 2003
10.	Landsat ETM+	17 Juni 2004
11.	Landsat TM	13 September 2004
12.	Landsat TM	27 Mei 2005
13.	Landsat TM	30 Mei 2006
14.	Landsat TM	1 Juli 2006
15.	Landsat ETM+	11 September 2006
16.	Landsat TM	1 Mei 2007
17.	Landsat TM	19 Mei 2008
18.	Landsat TM	20 April 2009
19.	Landsat TM	22 Mei 2009

2.2 Metodologi Penelitian

Sebagian data masih belum dilakukan koreksi *terrain*, sehingga tahap pertama adalah melakukan koreksi *terrain* dengan menggunakan algoritma *C correction* (Wu et al., 2004) seperti pada persamaan 1. Detil penjelasan mengenai koreksi *terrain* dan cara memperoleh nilai C dapat dilihat pada hasil penelitian sebelumnya (Trisakti et al., 2009).

$$LH = LT (\cos sz + C) / (\cos i + C) \quad (1)$$

Dimana:

- LH : Reflektansi yang sudah dikoreksi (pada permukaan datar)
- LT : Reflektansi belum dikoreksi (pada permukaan miring karena kondisi topografi)
- sz : Sudut zenith matahari
- i : Sudut normal piksel yang dibentuk dari arah normal piksel dan arah matahari
- c : Koefisien pembatas yang merupakan rasio antara titik potong dan gradient (b/m) dari persamaan regresi $LT = m \cos I + b$

Selanjutnya melakukan penghilangan awan/*haze* (*cloud removal*) dan bayangan awan untuk data Landsat. Penghilangan awan dilakukan dengan menggunakan



metode penghilangan awan secara bertahap menggunakan band biru (band 1) dan band inframerah (band 4), algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut:

if $X_4 > A_{\text{cloud-thres}}$ then P = piksel awan,
if $X_1 > B_{\text{cloud-thres}}$ then P = piksel awan,
Selain itu adalah piksel non awan,

dimana:

X_1 = Band 1
 X_4 = Band 4
 $A_{\text{cloud-thres}}$ = Nilai batas awan band 4
 $B_{\text{cloud-thres}}$ = Nilai batas awan band 1

Sedangkan untuk penghilangan bayangan awan digunakan metode penghilangan bayangan secara bertahap menggunakan band albedo (penjumlahan band *visible*) dan band inframerah (band 4), algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut:

if $X_1+X_2+X_3 < A_{\text{cloud-thres}}$ then P = piksel bayangan,
if $X_4 < B_{\text{cloud-thres}}$ then P = piksel bayangan,
Selain itu adalah piksel non awan,

dimana:

X_1, X_2, X_3 = Band 1, Band 2 dan Band 3
 X_4 = Band 4
 $A_{\text{cloud-thres}}$ = Nilai batas bayangan band albedo
 $B_{\text{cloud-thres}}$ = Nilai batas bayangan band 4

Nilai batas awan dan bayangan ditentukan dengan melakukan perbandingan visual antara hasil citra penerapan algoritma penghilangan awan dan bayangan dengan citra Landsat komposit RGB 542. Bila hasil masking awan dan bayangan belum sesuai maka dilakukan iterasi sehingga diperoleh batas yang paling optimal. Setelah itu tahap berikutnya adalah mengubah piksel non awan menjadi nilai NDVI dengan persamaan umum dari NDVI.

$$\text{NDVI} = (X_4 - X_3) / (X_4 + X_3) \quad (2)$$

dimana :

X_3, X_4 = Band 3 dan band 4

Konversi NDVI dilakukan untuk seluruh data (19 data), selanjutnya melakukan kropping dengan batas DTA yang diturunkan dengan data DEM menggunakan metode akumulasi aliran. Selanjutnya menggabung seluruh data NDVI dan menghitung sebaran nilai maksimal (Max-NDVI) dan nilai minimum (Min-NDVI) dari seluruh data selama periode 2000-2009. Tahap terakhir adalah menentukan perubahan NDVI (ΔNDVI) dengan menghitung selisih antara nilai maksimum dan nilai minimum NDVI untuk setiap piksel, kemudian membagi



menjadi tiga kelas yaitu perubahan NDVI rendah, perubahan NDVI menengah dan perubahan NDVI tinggi untuk daerah tangkapan air Danau Kerinci.

$$\text{NDVI Max} = f(i_1, i_2, \dots, i_n)$$

$$\text{NDVI Min} = f(i_1, i_2, \dots, i_n)$$

$$\Delta \text{NDVI} = \text{NDVI Max} - \text{NDVI Min} \quad (3)$$

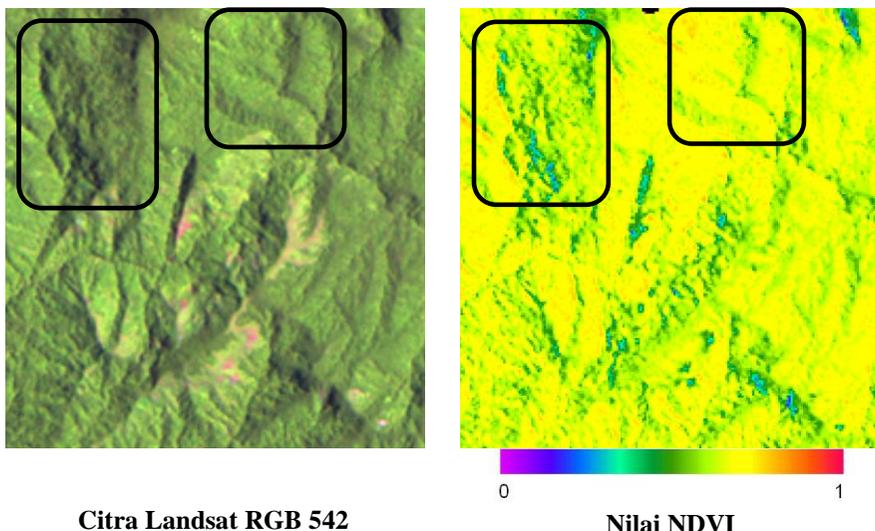
dimana:

$$i_1, i_2, \dots, i_n = \text{layer NDVI ke 1 sampai dengan layer NDVI ke } n \text{ (} n=19 \text{)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh *terrain*, awan, dan bayangan awan pada nilai NDVI

Nilai NDVI diekstrak secara digital dengan menggunakan kombinasi band 3 (merah) dan band 4 (inframerah), dimana band ini dipengaruhi oleh kondisi keawanan (awan, *haze* dan bayangan) dan topografi permukaan bumi. **Gambar 2** memperlihatkan Landsat dengan kondisi topografi di wilayah kajian yang berbukit dan hasil NDVI yang diturunkan dari data tersebut. Kondisi topografi yang bervariasi mengakibatkan terjadinya perbedaan pencahayaan matahari terhadap permukaan bumi. Bagian yang menghadap matahari akan memperoleh intensitas pencahayaan yang tinggi sehingga mempunyai nilai piksel yang juga tinggi (terang), sedangkan bagian yang membelakangi matahari akan memperoleh intensitas pencahayaan yang rendah sehingga mempunyai nilai yang lebih rendah (gelap). Berkurangnya intensitas pencahayaan pada bagian yang membelakangi matahari, lebih mempengaruhi nilai spektral pada band dengan panjang gelombang lebih panjang (band 4) dibandingkan band dengan panjang gelombang

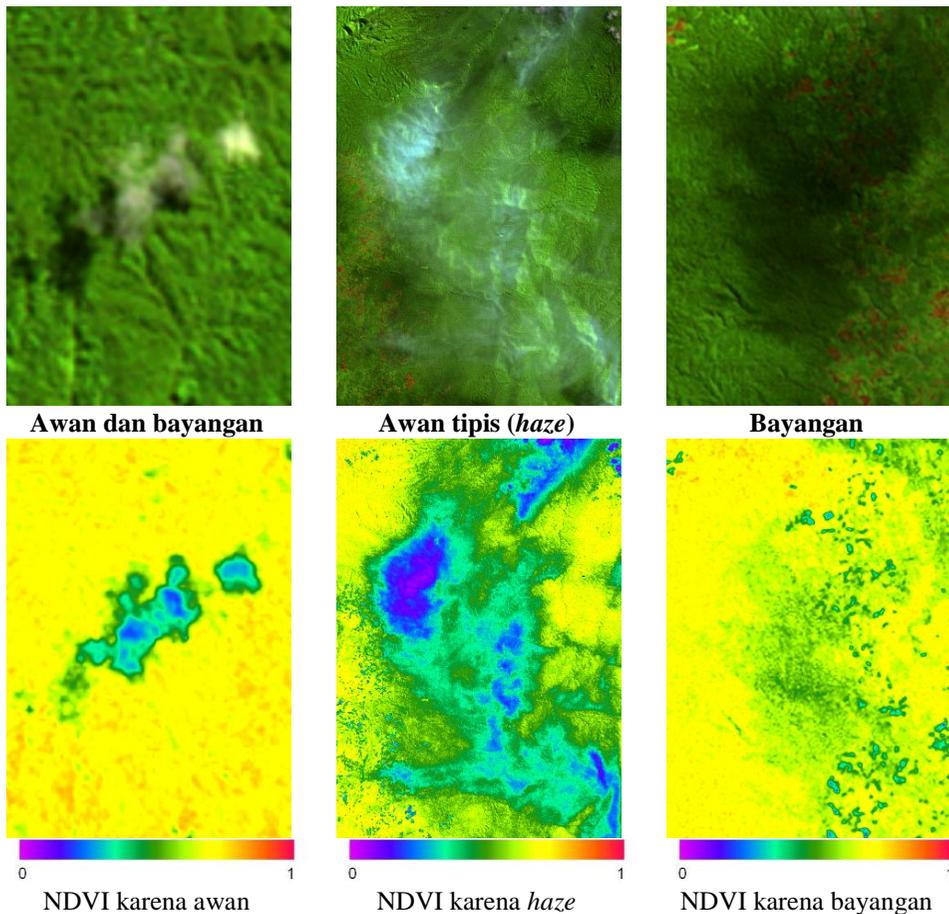


Gambar 2. Citra Landsat (Kiri) dan Nilai NDVI dari citra Landsat (Kanan)



yang lebih pendek (band 2). Oleh karena itu permukaan yang membelakangi matahari mempunyai nilai NDVI yang rendah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2, khususnya dalam kotak hitam.

Pengaruh awan sangat berdampak terhadap objek di permukaan bumi, awan tebal akan memblok gelombang elektromagnetik yang datang dan memantulkan kembali ke atmosfer. Sedangkan awan tipis (*haze*) hanya memblok sebagian gelombang elektromagnetik yang datang ke permukaan bumi, sehingga mengakibatkan berkurangnya intensitas cahaya pada daerah yang dipengaruhi *haze*. Pengurangan intensitas cahaya juga terjadi pada daerah yang menjadi proyeksi awan pada permukaan bumi (daerah bayangan awan atau *haze*). Pengurangan intensitas cahaya mempengaruhi nilai NDVI seperti diperlihatkan pada **Gambar 3**. Nilai NDVI menjadi sangat rendah pada daerah yang ditutupi oleh awan dan *haze*. Berdasarkan hal yang dijelaskan tersebut maka penurunan NDVI perlu melakukan proses standardisasi data dan penghilangan awan, *haze* dan bayangan.



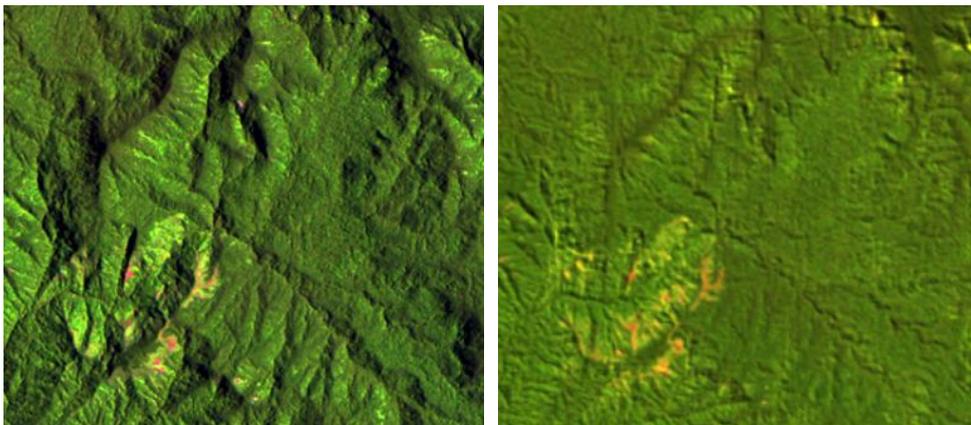
Gambar 3. Pengaruh awan, *haze* dan bayangan pada nilai NDVI



3.2 Standardisasi data dan penurunan NDVI

Standardisasi data dilakukan dengan melakukan koreksi radiometrik (koreksi geometri matahari dan koreksi *terrain*), serta penghilangan awan dan bayangan. **Gambar 4** memperlihatkan data sebelum dan setelah dilakukan proses koreksi *terrain*. Setelah mengalami proses koreksi *terrain*, penampakan data dalam bentuk 3 dimensi berubah menjadi bentuk datar 2 dimensi, dan perwarnaan yang lebih gelap dari bagian yang membelakangi matahari menjadi lebih terang sehingga mendekati pewarnaan dari bagian yang menghadap matahari. Analisis secara digital memperlihatkan bahwa nilai-nilai dari band pada objek yang membelakangi matahari bertambah, dan nilai-nilai dari band pada objek yang menghadap matahari berkurang mendekati nilai-nilai band pada objek yang pada bagian datar.

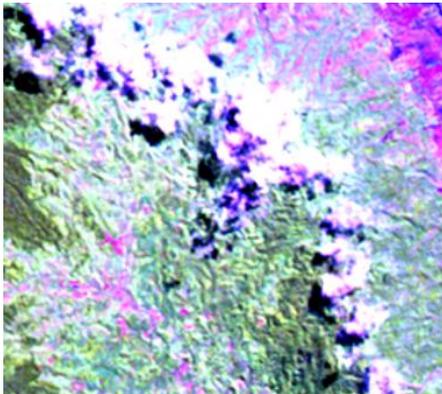
Hasil penghilangan awan dan bayangan diperlihatkan pada **Gambar 5**. Dengan menggunakan metode penghilangan secara bertahap menggunakan kombinasi band, maka awan dan bayangan dapat dihilangkan dengan cukup baik. Permasalahannya yang masih menyulitkan dalam proses penghilangan awan dan bayangan adalah perlunya melakukan iterasi untuk mendapatkan nilai batas yang optimal, dan nilai tersebut bisa berubah pada data yang berbeda. Sehingga apabila nilai batas tidak optimal, maka akan mengakibatkan tidak optimalnya nilai NDVI (NDVI lebih rendah dari semestinya). Setelah data terstandardisasi, maka dilakukan penurunan nilai NDVI untuk untuk setiap data pada Tabel 1. **Gambar 6** memperlihatkan contoh data NDVI untuk DTA Danau Kerinci pada tanggal perekaman berbeda selama periode 2000-2009.



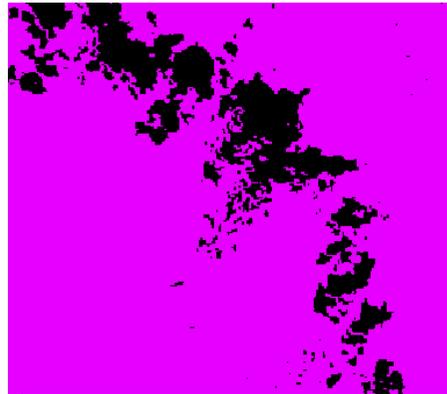
Data belum terkoreksi *terrain*

Data terkoreksi *terrain*

Gambar 4. Hasil koreksi *terrain* pada data Landsat

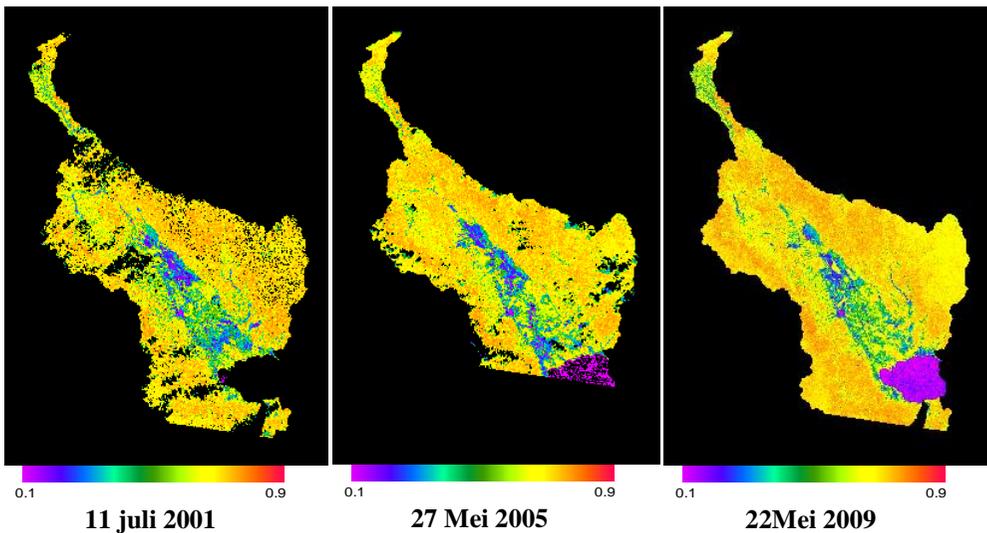


Awan dan bayangan pada citra



Penghilangan awan dan bayangan

Gambar 5. Hasil penghilangan awan dan bayangan pada data Landsat

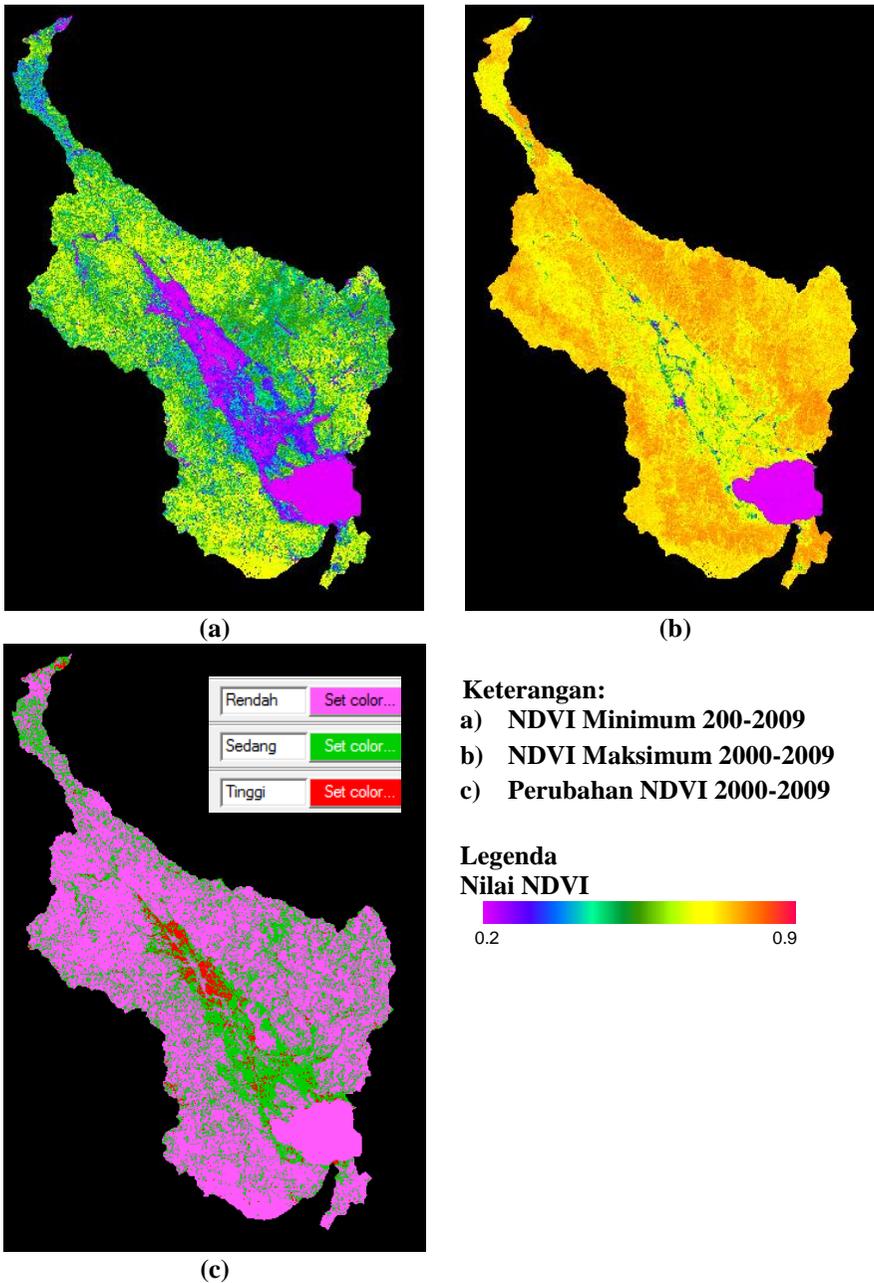


Gambar 6. Nilai NDVI pada data Landsat yang telah dikoreksi

3.3 Perubahan NDVI di DTA Danau Kerinci

Seluruh informasi spasial NDVI untuk DTA Danau Kerinci kemudian disusun dan dihitung nilai NDVI maksimum dan minimum untuk setiap piksel. Hasil NDVI minimum dan NDVI maksimum di DTA Danau Kerinci diperlihatkan pada **Gambar 7**. NDVI minimum memperlihatkan nilai NDVI terendah sepanjang periode 2000-2009, tidak menutup kemungkinan nilai rendah tersebut diakibatkan oleh pengaruh *haze*, bayangan atau kondisi topografi. Tetapi berdasarkan hasil evaluasi secara visual, standardisasi data yang dilakukan telah mengurangi pengaruh-pengaruh tersebut, sehingga diharapkan NDVI yang dihasilkan lebih konsisten dan akurat. Nilai NDVI minimum terpantau pada air danau, sawah (dalam fase air) di dataran rendah, dan daerah lahan terbuka di

bagian hulu DTA (puncak Gunung Kerinci). Sedangkan Nilai NDVI maksimum sepanjang periode 2000-2009 teridentifikasi di daerah hutan pada bagian perbukitan. Nilai NDVI maksimum pada area sawah di bagian tengah DTA adalah kondisi sawah dalam fase vegetatif.



Gambar 7. NDVI minimum, NDVI maksimum dan perubahan NDVI selama periode 2000-2009



Analisis perubahan nilai NDVI di DTA Danau Kerinci dilakukan dengan mengurangi NDVI maksimum dengan NDVI minimum. Besarnya selisih NDVI yang diperoleh kemudian dibagi menjadi tiga bagian dan dikelaskan menjadi kelas perubahan NDVI rendah, kelas perubahan NDVI sedang dan kelas perubahan NDVI tinggi. Kelas perubahan NDVI tinggi dan NDVI sedang teridentifikasi di daerah sawah, ladang dan perkebunan yang mempunyai perubahan tingkat kehijauan yang tinggi. Yaitu kehijauan vegetasi saat masa penanaman atau masa setelah panen yang didominasi oleh tanah (NDVI rendah) dengan kehijauan vegetasi saat fase vegetasi yang didominasi oleh tutupan daun yang rapat (NDVI tinggi). Sedangkan kelas perubahan NDVI rendah terpantau pada hutan, air danau, permukiman, semak belukar yang tingkat kehijauannya relatif tetap (cenderung sama).

4. KESIMPULAN

Pada kegiatan ini dilakukan pembuatan NDVI maksimum dan minimum untuk wilayah DAS Danau Kerinci dengan menggunakan data Landsat TM/ETM+ selama periode 2000-2009. Hasil memperlihatkan bahwa,

- Kondisi topografi, tutupan awan, *haze* dan bayangan sangat mempengaruhi NDVI, terutama dalam menentukan NDVI minimum. Karena itu standarisasi data dan penghilangan awan/bayangan menjadi syarat penting mendapatkan NDVI yang konsisten untuk menghasilkan pendugaan laju erosi tanah yang akurat
- Standarisasi yang perlu dilakukan adalah koreksi *terrain* untuk penghilangan pengaruh perbedaan pencahayaan karena topografi dan penghilangan awan/*haze* dan bayangan.
- Perubahan NDVI tinggi terjadi pada penutup/penggunaan lahan yang dinamis seperti sawah, sedangkan perubahan NDVI rendah terjadi pada penutup/penggunaan lahan yang statis seperti hutan dan tubuh air.

REFERENSI

- As-syakur, A.R. 2008, Prediksi Erosi Dengan Menggunakan Metode USLE Dan Sistem Informasi Geogra_s (SIG) Berbasis Pikel Di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan. PIT MAPIN XVII:Bandung.
- Foth, H.D. 1995. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Hazarika, M.K. dan Honda, K. 1999. *Estimation of Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS, Its Valuation and Economic Implications on Agricultural Production*. Proceeding, The 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.
- Jensen, J.R. 2000. *Remote Sensing of The Environment an Earth Resource Perspective*. PP.361. Published by Pearson Education Inc. First Indian Reprint, 2003.
- KLH. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional 2010-2014. Kementerian Lingkungan Hidup.



- KLH. 2008. *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau*. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Nurdin, Ali. [http:// www.salmaghaliza.blogspot.com](http://www.salmaghaliza.blogspot.com). Keseimbangan Ekosistem. 10 November 2011.
- Rouse, J.W. Haas, R.H. Schell, J.A. dan Deering, D.W. 1974. Monitoring Vegetation System in The Great Plains with ERTS. Proceeding, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Greenbelt: NASA SP-351. 3010-317.
- Trisakti, B. Kartasasmita, M. Kustiyo dan Kartika T. 2009. Kajian Koreksi Terrain pada Citra Landsat Thematic Mapper. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital*. Vol.6.
- Wu, X. Furby, S. dan Wallace, J. 2004. An Approach for Terrain Illumination Correction. Proceeding, The 12th Australasian Remote Sensing and Photogrametry Association Conference, held in Fremantle, Western Australia 18-22 October 2004.



BIOGRAFI PENULIS

Bambang Trisakti



Penulis bernama Bambang Trisakti, lahir di Jakarta pada tanggal 1 Oktober 1972. Penulis menyelesaikan pendidikan pada bidang Natural Science di Universitas Okayama Jepang pada tahun 2002. Selanjutnya mulai tahun 2002 sampai sekarang, penulis aktif sebagai staf peneliti di Bidang Sumber Daya Wilayah Darat, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. Saat ini jabatan fungsional adalah peneliti Madya. Penulis telah melakukan kegiatan penelitian pemanfaatan data satelit inderaja untuk berbagai sektor, seperti sektor kehutanan, sumber daya air, pesisir dan lautan serta kebencanaan. Bidang yang diminati adalah *image processing*.