

ANALISA PERBANDINGAN ALGORITMA CITRA SATELIT TERRA MODIS DAN NOAA AVHRR DALAM PENGAMATAN HUTAN DI PULAU JAWA

Basori¹, Bangun Muljo Sukojo¹, Bambang Trisakti² dan Hepi Hapsari Handayani¹

¹Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

²Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN
E-mail : (jebasori@gmail.com & bangunms@gmail.com)

ABSTRAK

Hutan mempunyai fungsi serbaguna yaitu sebagai penghasil kayu, pengatur tata air, tempat berlindung dan tumbuhnya kehidupan fauna, tempat wisata, dan lain-lain. Hutan merupakan sumberdaya alam yang harus selalu dijaga kelestariannya. Penebangan hutan yang masih berlangsung terus-menerus tanpa adanya program penghutanan kembali/reboisasi, akan mengakibatkan terganggunya ekosistem hutan dan dapat mengakibatkan gangguan serius terhadap lingkungan di sekitarnya. Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk pemantauan hutan. Pemantauan dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau. Penentuan waktu musim hujan dan kemarau terjadi didasarkan pada data curah hujan yang diekstraksi dari data Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM) untuk tahun 2012 di Pulau Jawa. Identifikasi piksel hutan dilakukan berdasarkan nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2012 musim hujan di Pulau Jawa diperkirakan terjadi pada bulan Januari-Mei, November dan Desember sedangkan musim kemarau terjadi pada bulan Juni-Oktobre. Rentang nilai NDVI Terra MODIS lebih panjang dibandingkan NOAA AVHRR 19 dalam identifikasi piksel hutan sehingga jika rentang tersebut dipecah memungkinkan jumlah kelas vegetasi yang lebih beragam untuk Terra MODIS. Pada musim hujan, luas hutan untuk Terra MODIS diperoleh 63004.28 km² dan NOAA AVHRR 19 diperoleh 40821.66 km². Pada musim kemarau, luas hutan untuk Terra MODIS diperoleh 55366.37 km² dan NOAA AVHRR 19 diperoleh 59918.35 km². Luas hutan Terra MODIS mengalami penurunan ketika memasuki musim kemarau, hal ini dikarenakan terdapat vegetasi hutan yang menggugurkan daunnya ketika musim kemarau sehingga tutupan kanopi berkurang yang mengakibatkan nilai NDVI menurun. Sedangkan untuk NOAA AVHRR 19 terjadi sebaliknya. Anomali ini diperkirakan karena pengaruh awan NOAA AVHRR 19 yang mengakibatkan nilai NDVI rendah pada musim hujan. Kemudian dengan menggunakan data Multitemporal MODIS tiap bulan di musim hujan dapat diperoleh luas hutan yang tidak bercampur dengan sawah atau ladang dengan memanfaatkan sifat hutan yang memiliki nilai NDVI yang tetap tinggi di musim hujan sedangkan sawah atau ladang akan mengalami perubahan nilai NDVI.

Kata kunci : Curah hujan, Hutan, NDVI, Multitemporal

PENDAHULUAN

Hutan mempunyai fungsi serbaguna yaitu sebagai penghasil kayu, pengatur tata air, tempat berlindung dan tumbuhnya kehidupan fauna, tempat wisata, dan lain-lain. Penebangan hutan yang masih berlangsung terus-menerus tanpa adanya program penghutanan kembali/reboisasi, akan mengakibatkan terganggunya ekosistem hutan dan dapat mengakibatkan gangguan serius terhadap lingkungan di sekitarnya. (Kardono, 2001). Untuk mengetahui kondisi kawasan hutan dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh multispektral dengan menggunakan citra optis seperti Terra MODIS dan NOAA AVHRR memungkinkan untuk melakukan pemetaan hutan. Citra MODIS merupakan citra yang dapat digunakan untuk memantau hutan/lahan. Kemampuan tersebut didasarkan pada resolusi temporal dalam skala harian, resolusi spektral yang tergolong banyak (36 kanal) dan tiga resolusi spasial (250 m, 500 m, 1 km). Kajian citra MODIS dengan jumlah spektral yang banyak itu menarik untuk diteliti. (Huete, A., Justice, C. dan Leeuwen, W., 1999)

Data AVHRR juga dapat digunakan untuk pemantauan vegetasi dalam cakupan yang luas. Hal ini didasarkan pada tipe *band* spektral yang dimiliki satelit NOAA untuk tujuan pemantauan vegetasi yaitu *band* tampak dan *band* inframerah dekat. (Lillesand, Kiefer dan Chipman, 2004). Teknik identifikasi hutan memanfaatkan suatu indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan dari vegetasi. Indeks vegetasi adalah suatu nilai yang diturunkan dari beberapa kombinasi kanal dari suatu citra yang memiliki keterkaitan dengan sejumlah vegetasi pada suatu piksel, dengan kata lain indeks vegetasi merupakan nilai yang memberikan gambaran secara global tentang kondisi tingkat kehijauan vegetasi.

Penelitian ini juga menggunakan data satelit *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM) untuk memonitor potensi curah hujan. Data curah hujan ini selanjutnya digunakan untuk menentukan waktu terjadi musim hujan dan musim kemarau pada tahun 2012 untuk Pulau Jawa. Penentuan musim ini berguna untuk mendapatkan luasan hutan yang tidak bercampur dengan sawah atau ladang serta dapat digunakan untuk mendapatkan luas hutan yang menggugurkan daunnya pada musim kemarau. Penelitian ini menggunakan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang dijadikan sebagai parameter tetap untuk membandingkan kemampuan citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR dalam pemantauan hutan. Penelitian ini juga menggunakan data multitemporal untuk meningkatkan ketelitian hasil pengolahan menggunakan NDVI. Tujuan yang akan dicapai pada penulisan Tesis ini adalah sebagai berikut:

- Mengevaluasi nilai ambang batas NDVI untuk hutan
- Mengevaluasi hasil pengolahan citra satelit Terra MODIS dan NOAA AVHRR dalam identifikasi piksel hutan
- Mengevaluasi pengaruh data multitemporal terhadap ketelitian hasil pengolahan citra

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian tentang analisa citra satelit Terra MODIS dan NOAA AVHRR dalam pengamatan hutan dilakukan di Pulau Jawa. Letak geografis Pulau Jawa terletak pada 105°04'52" - 116°17'21" BT dan 5°29'05" - 8°47'26" LS. Secara umum Pulau Jawa dibagi menjadi empat propinsi, yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Banten serta dua wilayah khusus yaitu Daerah Istimewa Yogyakarta dan Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Pulau Jawa memiliki luas sekitar 139.000 km². Kedudukan Pulau Jawa terletak di antara Pulau Sumatera di sebelah barat dan Pulau Bali di sebelah timur serta Pulau Kalimantan di sebelah utara dan Pulau Natal di sebelah selatan. Perairan yang

mengelilingi Pulau Jawa adalah Laut Jawa di sebelah utara, Selat Sunda di sebelah barat, Samudera Hindia di sebelah selatan, serta Selat Bali dan Selat Madura di sebelah timur.

Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data citra MODIS tahun 2012 di Pulau Jawa digunakan untuk mendapatkan peta persebaran hutan di musim hujan dan musim kemarau
 2. Data citra NOAA AVHRR 19 tahun 2012 di Pulau Jawa untuk mendapatkan peta persebaran hutan di musim hujan dan musim kemarau
 3. Data citra TRMM untuk mendapatkan data curah hujan sebagai acuan penetapan musim hujan dan musim kemarau pada tahun 2012
- Data peta persebaran hutan Pulau Jawa tahun 2012 yang digunakan sebagai acuan penetapan nilai ambang batas untuk hutan serta sebagai data referensi untuk uji ketelitian hasil pengolahan citra

Peralatan yang digunakan

- a. *Hardware*
 1. Laptop
 2. Printer
- b. *Software*
 1. *TimeStep* untuk mengolah row data NOAA 19
 2. *ENVI 4.6.1* untuk mengolah citra MODIS dan NOAA 19
 3. *ErMapper* untuk mengolah citra MODIS dan NOAA 19
 4. *Arc GIS 9.3* untuk membuat layout peta

METODE PENELITIAN

Koreksi geometrik bertujuan untuk mereduksi kesalahan geometrik sehingga dihasilkan citra yang terkoreksi geometrik. Untuk citra Terra MODIS dilakukan proses georeference untuk menentukan sistem proyeksi, datum, dan satuan yang digunakan citra Terra MODIS. Pada tahap ini juga dapat dilakukan proses spectral subset yaitu menentukan band – band yang akan digunakan untuk pengolahan berikutnya. Pada koreksi geometrik apabila nilai RMS error lebih besar dari satu (RMS error > 1) maka harus dilakukan koreksi geometrik lagi, sampai didapat nilai RMS error kurang atau sama dengan satu (RMS error ≤ 1). Dan apabila nilai RMS error kurang atau sama dengan satu (RMS error ≤ 1) maka citra tersebut sudah terkoreksi secara geometrik.

Potensi curah hujan diperoleh dengan memanfaatkan data citra TRMM. Data citra TRMM diperoleh tiap tiga jam dengan download data di website resmi www.trmm.gsfc.nasa.gov. Hasil download data berupa file .rar, ekstrak file tersebut agar bisa diolah menggunakan Envi atau ErMapper. Buka file yang sudah diekstrak, kemudian masukkan nilai parameter yang terdapat pada header data. Selanjutnya melakukan tumpang susun seluruh data TRMM per tiga jam dalam satu hari dan simpan menjadi satu file. Potensi curah hujan harian diperoleh dengan menjumlahkan nilai piksel setiap data TRMM per tiga jam dengan satuan mm. Untuk mendapatkan rata-rata curah hujan per bulan dilakukan dengan tumpang susun curah hujan harian dalam satu bulan kemudian simpan menjadi satu file. Rata-rata curah hujan per bulan diperoleh dengan menjumlahkan nilai piksel setiap data curah hujan harian kemudian dibagi dengan jumlah hari dalam satu bulan.

Cropping dilakukan untuk memfokuskan proses pengolahan citra pada area studi. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan data dalam format shapefile (.shp) sebagai batas dari area studi dengan merubahnya terlebih dahulu menjadi bentuk .evf. Hasil file .evf tersebut kemudian dijadikan ROI kemudian dilakukan proses spatial subset via ROI untuk memotong data citra dengan menggunakan data ROI yang telah dibuat. Untuk data TRMM, pemotongan citra juga perlu dilakukan untuk memperoleh rata-rata curah hujan khusus di Pulau Jawa. Dari hasil tersebut dapat diketahui musim hujan dan musim kemarau terjadi pada bulan – bulan apa di tahun 2012.

Algoritma yang digunakan dalam pengolahan citra MODIS dan NOAA AVHRR 19 adalah Indeks Vegetasi NDVI. Algoritma ini digunakan untuk menentukan nilai spektral dari vegetasi hutan sehingga dapat dilakukan klasifikasi citra. Seluruh data citra MODIS dan NOAA AVHRR 19 perlu dilakukan input algoritma NDVI. Algoritma NDVI adalah sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Setiap bulan terdapat minimal empat data MODIS dan total data yang digunakan selama 1 tahun lebih dari 48 data MODIS. Sedangkan untuk data NOAA AVHRR 19 pada bulan tertentu tidak memiliki data karena kadar awan yang terlalu tinggi. Untuk mendapatkan informasi luas hutan dari data MODIS dan NOAA AVHRR 19 digunakan indikator nilai NDVI yang tidak berubah sepanjang tahun yang selanjutnya disebut hutan sepanjang tahun pada penelitian ini.

Analisa Treshold merupakan proses untuk mendapatkan nilai ambang batas NDVI untuk hutan. Tahapan ini menggunakan data peta persebaran hutan di Pulau Jawa sebagai dasar penentuan. Nilai ambang batas untuk musim hujan dan musim kemarau berbeda sehingga perlu ditentukan untuk masing-masing musim. Begitu juga untuk nilai ambang batas untuk citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19 sehingga perlu ditentukan nilai ambang batas untuk masing-masing citra satelit.

Peta sebaran hutan Pulau Jawa digunakan sebagai sampel untuk menentukan nilai ambang batas NDVI, kemudian dari sampel tersebut diambil nilai rata-rata NDVI yang selanjutnya digunakan tingkat kepercayaan 50%, 90%, 95%, dan 99% untuk mendapatkan nilai ambang batas. Nilai ambang batas dari masing-masing tingkat kepercayaan ini kemudian diterapkan untuk masing-masing citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19.

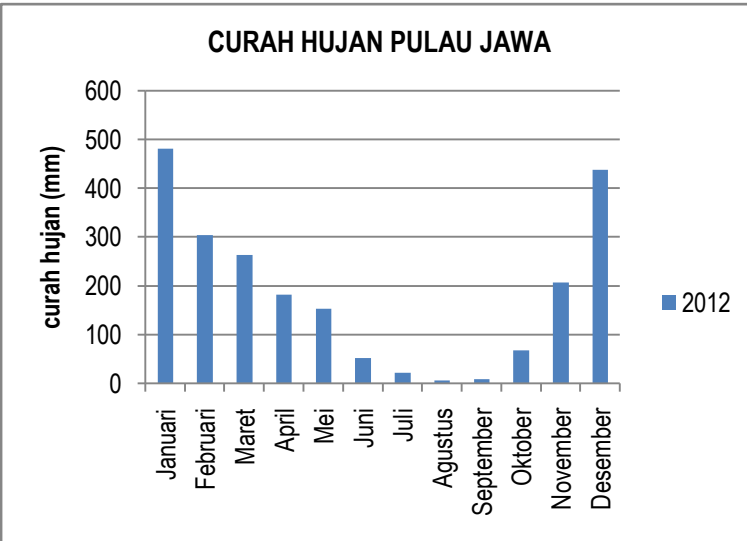
HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Rata-Rata Pulau Jawa

Curah hujan di Pulau Jawa tahun 2012 cukup tinggi yang mencapai maksimum 482 mm pada bulan Januari. Curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu 7mm. Curah hujan pada normalnya berkisar 150 mm. Dari grafik terlihat bahwa pada bulan Juni – Oktober memiliki curah hujan yang rendah di bawah 100 mm, hal ini dapat disimpulkan bahwa pada bulan tersebut terjadi musim kemarau.

Sedangkan pada bulan Januari – Mei ditambah bulan November – Desember, curah hujan di atas 150 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa pada bulan tersebut terjadi musim hujan.

Tinggi rendahnya intensitas curah hujan berpengaruh pada tinggi rendahnya nilai indek vegetasi. Hal ini dikarenakan air sangat dibutuhkan tanaman untuk melakukan proses fotosintesis. Kekurangan air akan mengganggu aktifitas fisiologis maupun morfologis tanaman, sehingga mengakibatkan terhentinya pertumbuhan. Kekurangan air secara terus-menerus akan mengakibatkan tumbuhan mati. Daun merupakan organ utama dalam proses fotosintesis. Indeks luas daun yang merupakan ukuran perkembangan daun sangat peka terhadap kekurangan air, yang mengakibatkan penurunan dalam pembentukan dan perluasan daun, peningkatan penebaran dan perontokan daun, atau keduanya.



air, yang mengakibatkan penurunan dalam pembentukan dan perluasan daun, peningkatan penebaran dan perontokan daun, atau keduanya. Pada musim hujan yang memiliki curah hujan yang lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau, nilai indek vegetasinya lebih tinggi. Hal ini dikarenakan pada musim hujan kebutuhan tanaman akan air tercukupi sehingga pertumbuhan daun tanaman lebih sehat sehingga tutupan kanopi daun menjadi lebih lebat. Pada kondisi ini band merah diserap secara maksimal dan band inframerah dekat dipantulkan secara maksimal. Penyebab utama kanopi tanaman yang sehat memantulkan band inframerah dekat cukup besar adalah karena daun yang sehat memantulkan 40-60% energi inframerah dekat dari spongy mesophyll, sisa energy tersebut diteruskan melewati daun dan kemudian dipantulkan lagi oleh daun di bawahnya dan seterusnya. (John R. Jensen, 2009).

Gambar 3.1 Curah Hujan Rata-Rata Pulau Jawa Tahun 2012

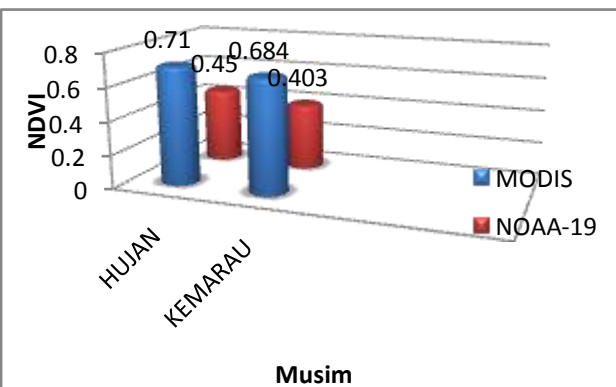
Pada musim kemarau yang memiliki curah hujan lebih kecil, nilai indek vegetasinya akan mengalami penurunan. Pada musim kemarau terdapat beberapa jenis tanaman yang menggugurkan daunnya untuk mengurangi penguapan. Hal ini mengakibatkan tutupan kanopi daun menjadi berkurang sehingga band merah yang diserap mengalami penurunan dan band inframerah dekat yang dipantulkan juga mengalami penurunan.

Hasil Identifikasi Pikel Hutan Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19

Untuk mendapatkan informasi luas hutan dari data Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19 digunakan indikator NDVI pada nilai tertentu yang relatif tidak berubah selama satu tahun. Nilai NDVI yang tinggi mengindikasikan adanya kondisi tutupan vegetasi yang tinggi pula di permukaan bumi. Dari hasil pengolahan ditentukan nilai ambang batas NDVI untuk piksel hutan pada musim hujan dan musim kemarau untuk citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR. Gambar 3.2 memperlihatkan nilai ambang batas NDVI Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19 pada musim hujan dan kemarau untuk piksel-piksel wilayah hutan.

Berdasarkan hasil tersebut, hutan mempunyai nilai yang berbeda untuk citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19. Hal tersebut berlaku pada musim hujan dan musim kemarau. Nilai NDVI citra Terra MODIS 0.71 untuk musim hujan dan 0.684 untuk musim kemarau sedangkan citra NOAA AVHRR 19 memiliki nilai yang lebih rendah yaitu 0.45 untuk musim hujan dan 0.403 untuk musim kemarau.

Pada musim hujan, nilai NDVI untuk kedua citra selalu lebih tinggi daripada nilai NDVI pada musim kemarau. Hal ini dikarenakan pada musim kemarau tutupan kanopi daun vegetasi hutan lebih kecil dibandingkan tutupan kanopi daun vegetasi hutan di musim hujan.

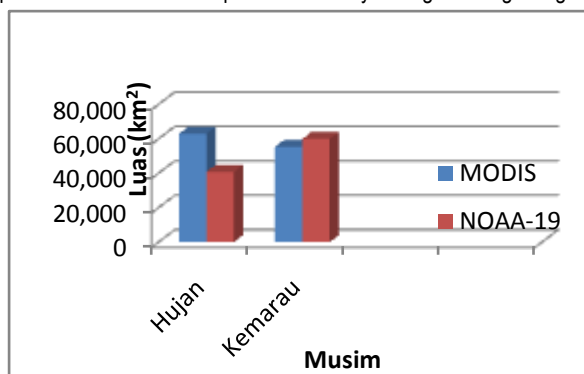


Pada musim hujan tutupan kanopi daun vegetasi hutan lebih tinggi yang mengakibatkan intensitas gelombang merah yang diserap dan gelombang inframerah dekat yang dipantulkan menjadi berkurang sehingga nilai NDVI akan mengalami penurunan. Sedangkan pada musim hujan tutupan kanopi daun vegetasi hutan lebih tinggi yang mengakibatkan intensitas gelombang merah yang diserap dan gelombang inframerah dekat yang dipantulkan menjadi tinggi sehingga nilai NDVI menjadi tinggi untuk piksel hutan.

Gambar 3.2 Nilai NDVI untuk Pikel Hutan Citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19

Identifikasi piksel hutan pada penelitian ini dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau. Identifikasi piksel hutan pada kedua musim ini untuk mendapatkan piksel hutan sepanjang tahun hijau. Hutan sepanjang tahun hijau dalam penelitian ini merupakan hutan yang pada musim kemarau tidak menggugurkan daunnya sehingga nilai NDVI nya masih berada di atas nilai ambang batas untuk piksel hutan. Piksel hutan pada kajian ini merupakan gabungan piksel hutan dan piksel sawah atau ladang karena pada fase tertentu sawah atau ladang mempunyai nilai NDVI yang tinggi. Hasil identifikasi piksel hutan Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19 ditunjukkan pada gambar 3.2.

Pada citra Terra MODIS memiliki luasan hutan yang lebih tinggi pada musim hujan dari pada luasan hutan pada musim kemarau. Hal ini diperkirakan karena pada musim kemarau banyak vegetasi hutan yang menggugurkan daunnya sehingga pada daerah tersebut mengalami penurunan nilai NDVI yang mengakibatkan pada daerah tersebut tidak teridentifikasi hutan. Vegetasi hutan yang menggugurkan daunnya pada musim kemarau dapat dicari luasnya dengan menghitung selisih antara luas hutan pada musim hujan dan luas hutan pada musim kemarau.



Citra NOAA AVHRR 19 pada musim hujan memiliki luas hutan lebih rendah dibandingkan luas hutan pada musim kemarau. Anomali ini diperkirakan karena pengaruh awan pada citra NOAA AVHRR 19 sehingga nilai NDVI untuk piksel hutan mengalami penurunan.

Untuk mendapatkan piksel hutan yang tidak bercampur dengan sawah atau ladang dilakukan tumpang susun citra tiap bulan pada musim hujan. Kemudian dengan memanfaatkan sifat vegetasi hutan pada musim hujan yang memiliki nilai NDVI selalu tinggi dihasilkan piksel hutan yang tidak bercampur dengan sawah atau ladang.

Gambar 3.3 Luas Hutan di Pulau Jawa Referensi MODIS dan NOAA AVHRR 19

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengamatan hutan di Pulau Jawa menggunakan Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19, maka didapatkan beberapa kesimpulan akhir dari penelitian ini, yaitu:

- Pada bulan Juni – Oktober memiliki curah hujan yang rendah di bawah 100 mm, hal ini dapat disimpulkan bahwa pada bulan tersebut terjadi musim kemarau. Sedangkan pada bulan Januari – Mei ditambah bulan November – Desember, curah hujan di atas 150 mm sehingga dapat disimpulkan bahwa pada bulan tersebut terjadi musim hujan.
- hutan mempunyai nilai yang berbeda untuk citra Terra MODIS dan NOAA AVHRR 19. Hal tersebut berlaku pada musim hujan dan musim kemarau. Nilai NDVI citra Terra MODIS 0.71 untuk musim hujan dan 0.684 untuk musim kemarau sedangkan citra NOAA AVHRR 19 memiliki nilai yang lebih rendah yaitu 0.45 untuk musim hujan dan 0.403 untuk musim kemarau.
- Pada musim hujan, luas hutan untuk Terra MODIS diperoleh 63004.28 km² dan NOAA AVHRR 19 diperoleh 40821.66 km². Pada musim kemarau, luas hutan untuk Terra MODIS diperoleh 55366.37 km² dan NOAA AVHRR 19 diperoleh 59918.35 km².
- Pengolahan data multitemporal dilakukan tiap bulan pada musim hujan untuk Terra MODIS. Pengolahan ini dapat meningkatkan ketelitian dalam identifikasi piksel hutan karena dapat memisahkan piksel hutan dengan sawah atau ladang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin. 2007. *Lecture Slides of GD. 2213 Satellite Geodesy*. Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Arozaq, M. 2008. *Penginderaan Jauh (Remote Sensing)*. <URL:http://www.geografi.ums.ac.id/ebook/.../arcview_3x_Analisis_Citra_Arcview.pdf> dikunjungi pada tanggal 21 maret 2012, jam 18.45.
- BPKH Wilayah XI Jawa-Madura. 2009. *Potret Hutan Provinsi Jawa Timur*. Yogyakarta. Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XI Jawa-Madura.
- Hervina. 2011. *Harian Analisa : Fungsi Hutan untuk Kehidupan*. <URL:http://www.analisadaily.com/news/read/2011/08/14/8546/fungsi_hutan_untuk_kehidupan/> dikunjungi pada tanggal 13 Februari 2012, jam 9.56.
- Huete, A., Justice, C. dan Leeuwen, W. 1999. *Modis Vegetation Index (Mod 13) Algorithm Theoretical Basis Document*. <URL:http://modis.gsfc.nasa.gov/> dikunjungi pada tanggal 15 Februari 2012, jam 6.45.
- Jensen, J.R. 2009. *Remote Sensing of The Environment*. Prentice Hall. University of Minnesota
- Kardono, P. 2001. *Pemanfaatan Teknologi Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan Hutan Tanaman Industri*. Prosiding Seminar Nasional Pusat SIG dan Penginderaan Jauh LP-ITS.
- Levina, Fauzi, M., dkk. 2012. *Korelasi Data Hujan dari Pos Hujan dengan Citra TRMM*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya air. Bandung
- Lillesand dan Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Dulbahri (Penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Murai, S. dan Lertlum, S. 1994. *Forest Mapping with NOAA AVHRR Data Case Study : Effect of Thermal Band for Refiling Forest Mapping*. Bangkok. Asian Institut of Technology.
- Pierce, H.F. *Nasa Facts : TRMM Instruments*. <http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/instrumentfacts.html > dikunjungi pada tanggal 17 Juni, jam 17. 06
- Rahmawaty, S. 2004. *Hutan : Fungsi dan Peranannya bagi Masyarakat*. Program Ilmu Kehutanan. Universitas Sumatera Utara. <URL:http://www.repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/.../hutan-rahmawaty6.pdf /> dikunjungi pada tanggal 13 Februari 2012, jam 9.16.
- Rusdiyatomoko, A. dan Zubaidah, A. 2005. *Analisis Spektral Data Modis untuk Pemantauan Hutan/Lahan (Studi Kasus Provinsi Sumatra Selatan)*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa". Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 14 – 15 September 2005.
- Saptarini, D. 2001. *Analisis Penggunaan Greenness Index – Tasseled Cap Transformation dalam Penentuan Kondisi Mangrove Menggunakan Data Inderaja (Landsat TM)*. Prosiding Seminar Nasional Pusat SIG dan Penginderaan Jauh LP-ITS.
- Sardiyoko. 2003. *Kerusakan Hutan di Jawa Timur*. <URL:http://www.groups.yahoo.com/group/lingkungan/message/17457> dikunjungi pada tanggal 13 Februari, jam 12.23.
- Siddik, A. 2008. *Karakteristik Citra Satelit. Medan*. Universitas Sumatera Utara.
- Zain, AS. 1996. *Hukum lingkungan Konservasi Hutan*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.