

# **PENGEMBANGAN METODE PENENTUAN INDEKS LUAS DAUN PADA PENUTUP LAHAN HUTAN DARI DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH SPOT-2**

**Suwarsono, Muchlisin Arief, Hidayat, Sayidah Sulma, Nanik Suryo H. \*),  
Heri Sulyantoro\*\*), Kuncoro Teguh Setiawan\*)**

**\*) Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN**

**\*\*\*) Peneliti Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN**

**e-mail: landsono@yahoo.com**

## **ABSTRACT**

It is necessary to develop the methods of Leaf Area Index (LAI) estimation based on satellite remote sensing data as first step to study the carbon storage and carbon emission which affect to global climate change. Direct measurements of Leaf Area Index in the field are expensive, take a long time, and so inefficient. The application of remote sensing data may gives an appropriate solution for Leaf Area Index estimation by more efficient and effective. Objective of the research is to develop the method of Leaf Area Index estimation by using remote sensing data. The method of Leaf Area Index estimation will be developed by using the reference method taken from back up algorithm of the Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) MOD15. The research will try to develop the model and applicate it for another remote sensing data, especially those of acquised or distributed by Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN) such as SPOT-2. Results of the research show that the LAI based on MOD 15 has low correlation with the measured LAI, but the measured LAI has good correlation with NDVI from SPOT-2 for forest area.

Key words: *Leaf Area Index, Forest, Remote Sensing, SPOT-2*

## **ABSTRAK**

Pengembangan metode penentuan Indeks Luas Daun (Leaf Area Index/LAI) berbasis data satelit penginderaan jauh perlu dilakukan sebagai langkah awal dalam mengkaji kandungan dan peningkatan emisi karbon yang berdampak pada perubahan iklim global. Pengukuran nilai LAI secara langsung di lapangan selain mahal juga membutuhkan waktu yang relatif lama sehingga dipandang kurang efisien. Pemanfaatan data penginderaan jauh diharapkan dapat memberikan solusi untuk menghasilkan informasi Indeks Luas Daun secara lebih efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode penentuan LAI dari beberapa data satelit penginderaan jauh. Metode penentuan LAI menggunakan dasar referensi dari *Algorithm Theoretical Basis Document* (ATBD) produk MODIS *Leaf Area Index* (LAI) dan *Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed by Vegetation* (FPAR) atau yang sering disebut dengan nama produk MOD15. Penelitian ini mencoba mengembangkan model LAI yang dibangun dari data MODIS tersebut dengan mengaplikasikannya pada data penginderaan jauh lainnya, terutama data resolusi tinggi yang direkam atau didistribusikan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) di antaranya seperti SPOT-2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LAI berbasis model algoritma MOD15 mempunyai korelasi yang rendah dengan pengukuran LAI, tetapi LAI pengukuran mempunyai korelasi yang baik dengan NDVI dari data SPOT-2 untuk jenis penutup lahan hutan.

Kata kunci: *Indeks Luas Daun, Hutan, Penginderaan Jauh, SPOT-2*

## 1 PENDAHULUAN

Indeks Luas Daun (*Leaf Area Index/LAI*) adalah salah satu parameter penting untuk mengidentifikasi produktivitas tanaman pertanian. Produktivitas tanaman pertanian merupakan tulang punggung perekonomian nasional dalam menyediakan bahan pangan bagi masyarakat dan mendukung program ketahanan pangan nasional.

LAI dapat diturunkan dari data penginderaan jauh dengan berbagai pendekatan, salah satunya melalui indeks vegetasi. Nilai-nilai LAI yang dihasilkan mempunyai tingkat akurasi yang dipengaruhi oleh jenis data citra yang dipergunakan dan metode analisis yang digunakan. Pengukuran nilai LAI secara langsung di lapangan selain mahal juga membutuhkan waktu yang relatif lama sehingga kurang efisien. Oleh karena itu, pemanfaatan data penginderaan jauh diharapkan dapat memberikan solusi dalam pemberian informasi LAI secara lebih efektif dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode penentuan LAI pada penutup lahan hutan dari data satelit penginderaan jauh SPOT-2. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah metode penentuan LAI untuk penutup lahan hutan yang diturunkan dari data penginderaan jauh SPOT-2. Model tersebut diharapkan dapat bermanfaat sebagai acuan untuk riset lebih lanjut, yaitu penelitian untuk mengetahui kandungan bahan bakaran dari biomassa dan emisi karbon yang berbasis pada data satelit penginderaan jauh, yang akan bermanfaat dalam mendukung program perhitungan karbon (*Carbon Accounting*).

## 2 INDEKS LUAS DAUN

LAI didefinisikan sebagai luas daun (yang diproyeksikan pada bidang datar) setiap unit luas permukaan tanah yang tertutupi kanopi pohon (Ross, 1981 dalam Quan Wang, 2005). Secara

sederhana fungsi LAI memenuhi persamaan 2-1 (Beadle, 1993):

$$\text{LAI} = s/G \quad (2-1)$$

Keterangan:

LAI: *Leaf Area Index*

s : Luas daun pada kanopi

G : Luas permukaan tanah yang tertutupi kanopi

Istilah luas daun pada kanopi (s) secara umum diukur sebagai luas daun yang diproyeksikan pada bidang datar, yaitu setelah menempatkan contoh daun pada permukaan bidang datar. Pada perkembangan lebih lanjut, LAI secara lebih tepat didefinisikan dalam sebuah angka dengan metode yang beragam. Sebagai contoh, luas daun diukur sebagai luas total permukaan daun pada suatu kanopi. Pengertian ini sama dengan 2 s untuk daun yang rata (datar) dan lebih dari 2 s untuk daun jarum, daun tumbuhan berair banyak dan tumbuhan yang berfotosintesis dengan batang (kaktus). Kondisi demikian melahirkan berbagai metode pengukuran LAI. Barclay (1998) menunjukkan bahwa sedikitnya ada 5 (lima) pengukuran LAI yang umum dilakukan dimana sebagian mencerminkan tujuan-tujuan yang berbeda untuk apa dilakukan pengukuran LAI, seperti untuk mengetahui pertumbuhan vegetasi, proses-proses fisiologi dan penyerapan radiasi sinar Matahari. 4 (empat) yang utama dari lima pengukuran LAI tersebut, mendefinisikan LAI sebagai:

- LAI Total (*Total LAI*); didasarkan pada luas total permukaan luar daun per unit area permukaan lahan secara horisontal di bawah kanopi.
- LAI satu sisi (*One-sided LAI*); merupakan setengah dari total LAI, meskipun dua sisi daun tersebut bentuknya tidak simetris.
- LAI terproyeksi horisontal (*Horizontally projected LAI*); merupakan luas daerah "bayangan" yang dapat merepresentasikan setiap daun. Sumber sinar

yang menyebabkan terbentuknya bayangan tersebut adalah dari jarak yang jauh tak terbatas dan mengarah secara tegak lurus terhadap daun.

- LAI terproyeksi condong (*Inclined projected LAI*), atau silhouette LAI; representasi dari luas daun yang terproyeksi secara condong.

Sebagian besar publikasi tentang LAI menggunakan definisi LAI nomor 2 atau 3. Pada publikasi-publikasi terbaru terdapat peningkatan penggunaan definisi nomor 4 (Barcklay, 1998). Definisi pertama jarang dipergunakan. Definisi kedua mempunyai kesulitan tentang istilah "one-sided" yang tidak jelas untuk tumbuhan berdaun jarum, daun-daun yang sangat rimbun atau daun-daun yang menggulung. Chen & Black (1992) menyarankan bahwa LAI untuk daun-daun yang tidak datar sebaiknya didefinisikan sebagai setengah dari total daun yang menangkap sinar per unit permukaan tanah sehingga definisi ketiga sebaiknya ditinggalkan. LAI menurut definisi kedua dapat melebihi LAI menurut definisi ketiga oleh karena sebuah faktor kisaran dari 1.28 (hemi-circular silinder yang merepresentasikan daun jarum), melewati angka 1.57 (representasi batang hijau berbentuk silinder) hingga 2.0 (bola atau batang persegi yang merepresentasikan tingginya pucuk-pucuk yang rimbun dan beberapa daun tumbuhan sejenis cemara yang berdaun jarum) (Chen & Cihlar, 1996).

Asner (2003) menuliskan beberapa metode pengukuran LAI secara langsung di lapangan, yaitu dengan menggunakan beberapa pendekatan, yaitu; a) metode *Destructive Harvesting*, b) metode penimbangan berat daun, c) metode *allometry*, d) metode kontak secara tidak langsung (*indirect contacts*) seperti garis timbangan pengukur garis tegak lurus (*plumb lines*) atau *inclined point quadrats*, dan e) metode tidak kontak secara tidak langsung (*indirect noncontact methods*) mengguna-

kan peralatan Decagon Ceptometer (Decagon Devices, Inc. Pullman, Washington, U.S.A.), the LICOR LAI-2000 (Li-Cor, Inc., Lincoln, Nebraska, U.S.A.), atau analisis *hemispheric photographs*.

Metode pengukuran (a) dan (b) umumnya digunakan secara bersamaan dengan definisi (2) dari LAI, metode pengukuran (d) dan (e) digunakan dengan definisi (3) dan (4). Metode pengukuran (c) bisa digunakan untuk semua definisi, termasuk definisi (1), tergantung dari detail kalibrasi dari persamaan allometrik. Mengingat semua metode pengukuran bisa digunakan untuk kanopi hutan, (a) cenderung menjadi paling umum untuk lahan berumput (*grasslands*) dan lahan pertanian (*crops*), dan (d) atau (c) untuk kanopi berbentuk tidak beraturan seperti semak belukar (*shrublands*). Dalam banyak kasus, pilihan metode pengukuran adalah sebuah permasalahan kemudahan dalam pelaksanaannya di lapangan. Pengukuran secara tidak langsung ini dilakukan dengan berdasar pada pengukuran transmisi cahaya yang masuk ke kanopi pohon (Fassnacht et al., 1994; Chen et al., 1997; Welles & Norman, 1991 dalam Quan Wang, 2005).

Pengukuran LAI baik secara langsung maupun tidak langsung yang disebutkan di atas memerlukan waktu yang lama, mahal dan sulit untuk dilakukan terutama pada daerah pelosok. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dicari suatu metode yang lebih cepat dan efisien, yaitu dengan menggunakan data penginderaan jauh. Nilai LAI dapat diturunkan dari data penginderaan jauh dengan berbagai pendekatan, salah satunya dengan pendekatan indeks vegetasi. Beberapa penelitian terdahulu yang mencoba mengkaji hubungan LAI dengan indeks vegetasi dari data penginderaan jauh, seperti Quan Wang et al (2005) mengkaji hubungan antara *Normalized Difference*

*Vegetation Index* (NDVI) dengan LAI daerah hutan dengan vegetasi yang menggugurkan daunnya pada musim-musim tertentu (*deciduous forest*). X. Xiao et al (2002) mengkaji hubungan kuantitatif antara LAI yang diukur di lapangan dan indeks vegetasi dari data SPOT Vegetation untuk tanaman padi. Driss Haboudane et al., (2004) melakukan estimasi LAI dengan pendekatan Hiperspektral Indeks Vegetasi dan algoritma NOVEL. David P. Turner et al., (1999) mengkaji hubungan antara LAI dengan indeks vegetasi menggunakan data Landsat TM. Pauline Stenberg et al (2008) melakukan penelitian untuk mengembangkan model simulasi LAI berdasarkan indeks vegetasi pada daerah hutan dengan data penginderaan jauh optis. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut dilakukan di luar daerah lintang sedang-tinggi yang memiliki kondisi klimatologi yang berbeda dengan Indonesia yang beriklim tropis.

### 3 METODOLOGI

#### 3.1 Lokasi dan Data

Penelitian mengambil lokasi di kawasan hutan rawa gambut Merang yang termasuk Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Lalan, Provinsi Sumatera Selatan dan Jambi. Pemilihan lokasi didasarkan atas beberapa alasan, yaitu daerah tersebut merupakan ekosistem hutan rawa gambut terbesar yang terdapat di Pulau Sumatera. Pada daerah tersebut juga banyak dijumpai aktivitas penebangan hutan (*logging*), eksplorasi gas alam, rawan terjadinya konversi lahan dari hutan menjadi perkebunan (sawit) dan rawan terjadinya kebakaran hutan dan lahan sehingga memicu terjadinya degradasi lahan, deforestasi dan ancaman kerusakan lingkungan hidup. Gambar 3-1 menunjukkan daerah penelitian.



Gambar 3-1: Lokasi penelitian

Data citra penginderaan jauh yang dipergunakan dalam penelitian ini SPOT-2 K/J 276-355 tanggal 3 Juni 2009, K/J 277-353 tanggal 9 Juni 2009, K/J 277/354 tanggal 27 April 2009 dan K/J 277/355 tanggal 27 April 2009. Data diperoleh dari Pusat Data dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN.

#### 3.2 Metode Penelitian

Metode penentuan LAI menggunakan dasar referensi dari *Algorithm Theoretical Basis Document* (ATBD) produk MODIS *Leaf Area Index* (LAI) dan *Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed by Vegetation* (FPAR) atau yang sering disebut dengan nama produk MOD15. Algorithm yang dipergunakan adalah algorithm kedua (*Backup Algorithm*) dari MOD15, yaitu yang mendasarkan pengukuran pada nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan tipe biomassa. Biomassa dalam hal istilah penginderaan jauh identik dengan penutup lahan yang berupa vegetasi atau tutupan vegetasi. Penelitian ini mencoba mengembangkan model LAI yang dibangun dari data MODIS tersebut dengan mengaplikasikannya pada data penginderaan jauh SPOT-2 untuk penutup lahan hutan.

Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pengolahan awal (pre-processing), Sebelumnya, dilakukan terlebih dahulu pengolahan awal data SPOT-2, yaitu meliputi perhitungan nilai reflektansi dari nilai digital (*Digital Number*) dan koreksi geometrik ortho (*orthorectification*). Hasil dari proses ini adalah data citra reflektansi yang sudah terkoreksi geometris ortho. Data ini selanjutnya akan digunakan dalam perhitungan nilai NDVI dan LAI.
- Analisis NDVI, yaitu dengan menghitung perbandingan selisih dan jumlah dari nilai reflektansi permukaan panjang gelombang inframerah dekat (*NIR*) dan merah (*Red*) seperti ditunjukkan pada Persamaan 3-1. Untuk data SPOT-2 menggunakan kanal 3 (0.78–0.89  $\mu\text{m}$ ) untuk panjang gelombang *NIR* dan kanal 2 (0.61 – 0.68  $\mu\text{m}$ ) untuk panjang gelombang *Red*.

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{red}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{red}}} \quad (3-1)$$

Keterangan:

$\rho_{\text{NIR}}$  : Reflektansi permukaan panjang gelombang inframerah dekat

$\rho_{\text{red}}$  : Reflektansi permukaan panjang gelombang merah

- Identifikasi Tutupan lahan hutan, dimana pengkelasannya mengacu pada kelas-kelas tutupan lahan pada ATBD MOD15, yaitu menggunakan klasifikasi tutupan vegetasi dari University of Montana. Kelas-kelas tutupan vegetasi tersebut meliputi *water*, *grassland/cereal crops*, *shrubland*, *broadleaf crop*, *savannah*, *broadleaf forest*, *needle leaf forest*, dan *barren*. Apabila diartikan, maka *water* merupakan tubuh air (seperti: rawa, tambak, sungai, danau, waduk), *grassland/cereal crops* merupakan padang rumput atau tanaman sereal (seperti: padi, jagung, gandum), *shrubland*

merupakan semak atau belukar, *broadleaf crop* merupakan tanaman budidaya berdaun lebar, *savannah* merupakan padang rumput luas yang diselingi oleh semak-semak, *needle leaf forest* merupakan hutan berdaun jarum, dan *barren* merupakan lahan terbuka. Metode klasifikasi tutupan vegetasi yang dipergunakan adalah secara digital dengan metode *Supervised Classification* dengan pemilihan teknik *maximum likelihood*.

- Perhitungan nilai LAI penutup lahan hutan menggunakan persamaan 3-2 (Sumber: diolah dari Myneni et al., (1999).

$$\text{NDVI} = 0.211 \ln(\text{LAI}) + 0.496 \quad (3-2)$$

Persamaan 3-2 tersebut dapat dituliskan kembali sebagai persamaan 3-3 sebagai berikut:

$$\text{LAI} = e^{\left( \frac{\text{NDVI} - 0.496}{0.211} \right)} \quad (3-3)$$

Keterangan:

LAI : *Leaf Area Index*

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

$e$  : 2.71828

Persamaan hubungan antara LAI dan NDVI yang telah dikembangkan tersebut memiliki koefisien determinasi yang tinggi, yaitu  $R^2 = 0.982$ .

- Pengukuran LAI di lapangan dengan menggunakan alat pengukuran lapangan yang sesuai dengan jenis penutup lahan hutan, yaitu kamera hemispheric (*hemispheric photograph*). Metode pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan kamera, lensa Fish Eye, dan tripod serta kompas. Kamera yang digunakan adalah Canon EOS 1000D Body dengan lensa Tokina Fisheye/ 3.5-4.5 DX AT-X for Canon, tripod Manfrotto 72 5B dan Kompas untuk pengukuran sudut azimuth. Pengukuran dengan metode ini sesuai untuk penutup lahan hutan rawa gambut yang memiliki ketinggian tegakan > 5 meter. Gambar 3-2 menunjukkan per-

alat ukur LAI di lapangan dengan menggunakan metode *hemispheric photograph*. Yaitu terdiri dari elemen utama berupa lensa, kamera dan tripod.



(a) lensa Tokina Fisheye/3.5-4.5 DX AT-X for Canon



(b) Canon EOS 1000D Body



(c) tripod Manfrotto 725B

Gambar 3-2: Peralatan pengukuran LAI di lapangan dengan menggunakan metode *hemispheric photograph*

Data observasi kemudian dianalisis untuk menghasilkan nilai LAI dengan menggunakan piranti lunak *Gap Light Analyser (GLA)* yang telah dikembangkan oleh Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, CANADA and Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, USA.

- Analisis korelasi dan regresi hasil perhitungan LAI dari data satelit penginderaan jauh dengan data pengukuran LAI di lapangan. Analisis korelasi menggunakan persamaan koefisien korelasi Pearson Product Moment (*Pearson Product Moment Correlation Coefficient*) dengan menggunakan persamaan 3-4 berikut ini:

$$Correl(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (3-4)$$

Keterangan:

$\bar{x}$  : Nilai LAI hasil estimasi dari data satelit

$\bar{\bar{x}}$  : Nilai rerata LAI hasil estimasi dari data satelit

$y$  : Nilai LAI hasil observasi

$\bar{\bar{y}}$  : Nilai rerata LAI hasil observasi

- Perhitungan tingkat akurasi hasil perhitungan LAI dari data penginderaan jauh dengan menghitung nilai *Root Mean Square Error (RMSE)* menggunakan persamaan 3-5.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (E - O)^2}{n}} \quad (3-5)$$

Keterangan:

$E$  : Nilai hasil estimasi dari data satelit

$O$  : Nilai hasil observasi

$n$  : Jumlah sampel

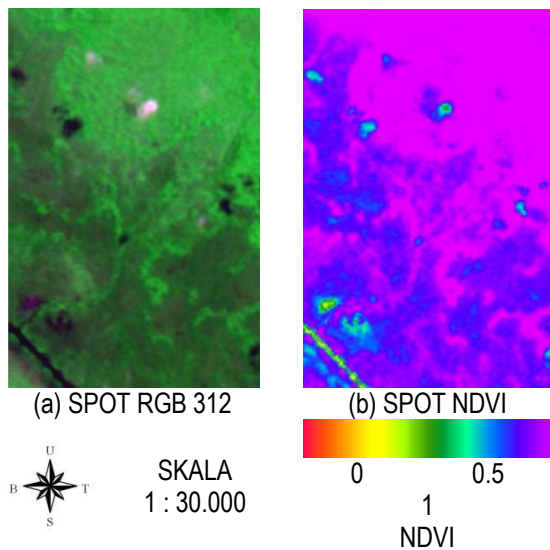
- Analisis regresi dan korelasi nilai LAI dari data lapangan dengan nilai NDVI hasil perhitungan dari data satelit.
- Modifikasi model penentuan LAI yang sudah dibangun pada *backup algoritma MOD15* (persamaan model 3-2) berdasarkan hasil pengukuran di lapangan. Modifikasi model ini perlu dilakukan mengingat daerah penelitian merupakan wilayah tropis mempunyai kondisi alam yang tidak sama dengan model yang dibangun pada MOD15. Selain itu juga penggunaan jenis data satelit yang berbeda.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis NDVI dan Identifikasi Penutuplahan Hutan

Identifikasi penutup lahan hutan dari data SPOT-2 dilakukan secara visual dengan memperhatikan kunci-kunci interpretasi, terutama warna dan tekstur. Selain itu juga menggunakan pertimbangan dari nilai NDVI. Gambar 4-1 menunjukkan hasil analisis NDVI dari wilayah hutan rawa gambut di lokasi penelitian. Gambar (a) menunjukkan kenampakan hutan pada citra

SPOT-2 RGB 312 dan (b) hasil analisis NDVI, dimana hutan tersebut mempunyai kisaran nilai sekitar 0,6 hingga 0,9.



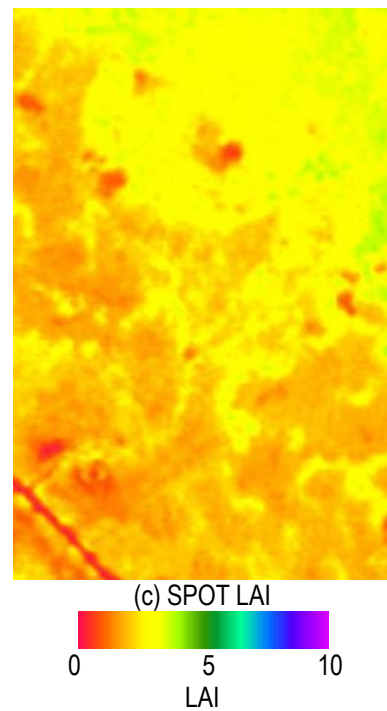
Gambar 4-1: Hasil analisis NDVI Hutan dari Citra SPOT-2

#### 4.2 Estimasi LAI Menggunakan Model Algoritma MOD15

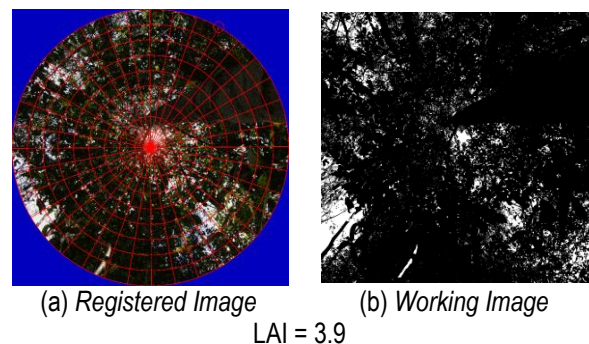
Mengacu pada klasifikasi tutupan vegetasi yang digunakan pada algoritma MOD15, yaitu mengikuti klasifikasi menurut the University of Montana (Myneni et.al, 1999), untuk kelas hutan dinyatakan sebagai *Broadleaf forest* (vegetasi hutan berdaun lebar). Gambar 4-2 menunjukkan hasil analisis LAI menggunakan citra SPOT-2 untuk hutan rawa gambut dengan menerapkan model algoritma MOD15, yaitu dinyatakan sebagai *Boadleaf Forest* (persamaan 3-3). Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai LAI untuk hutan tersebut sangat bervariasi, yaitu memiliki kisaran sekitar 1 hingga 3.

#### 4.3 Pengukuran LAI di Lapangan

Pengukuran LAI sebanyak 10 sampel terpilih di lapangan dilakukan dengan menggunakan peralatan *hemispheric photograph* dan dianalisis dengan piranti lunak GLA. Gambar 4-3 menunjukkan contoh hasil analisis LAI hutan rawa gambut di Merang menggunakan piranti lunak GLA. Nilai LAI yang dihasilkan adalah 3.9.



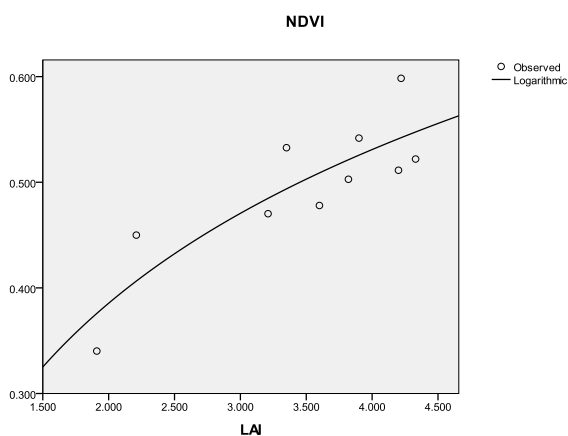
Gambar 4-2: Hasil analisis LAI Hutan dari Citra SPOT-2



Gambar 4-3: Contoh hasil analisis LAI hutan menggunakan piranti lunak GLA

#### 4.4 Analisis Korelasi dan Regresi LAI observasi dan NDVI SPOT-2

Berdasarkan hasil analisis statistik, diperoleh nilai rerata NDVI untuk penutup lahan hutan sebesar 0,495 dengan standar deviasi 0,069 dan nilai rerata LAI sebesar 3,475 dengan standar deviasi 0,834. Nilai koefisien korelasi (*Pearson Product Moment Correlation Coefficient*) cukup tinggi dengan  $R^2$  adalah sebesar 0,736 dan signifikan pada level 0.01 (99%), lihat Gambar 4-4 dan persamaan 4-1.



Gambar4-4: Grafik hubungan antara LAI hasil observasi pengukuran di lapangan dan NDVI dari data SPOT-2 pada penutup lahan Hutan Rawa Gambut

Model persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$NDVI = 0.210 \ln (LAI) + 0.240 \quad (4-1)$$

Keterangan:

LAI : *Leaf Area Index*

NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*

Persamaan 4-1 tersebut dapat dituliskan kembali sebagai persamaan 4-2 sebagai berikut:

$$LAI = e^{\left( \frac{NDVI-0.240}{0.210} \right)} \quad (4-2)$$

Keterangan:

LAI : *Leaf Area Index*

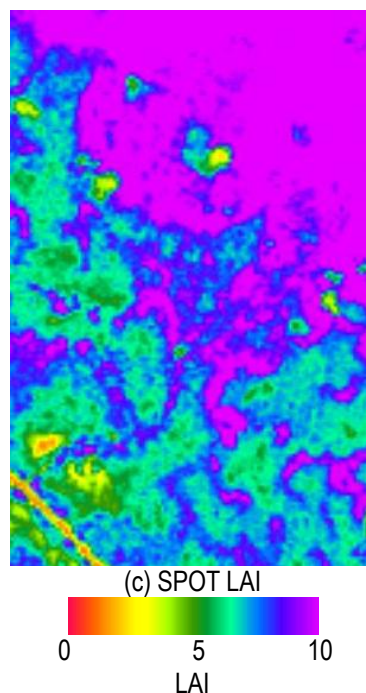
NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*

e : 2.71828

Persamaan hubungan antara LAI dan NDVI yang telah dikembangkan tersebut memiliki koefisien determinasi yang tinggi, yaitu  $R^2 = 0.736$ . Persamaan 4-1 atau 4-2 tersebut merupakan pengembangan model sebagai hasil modifikasi dari model persamaan 3-2 atau 3-3.

Gambar 4-5 menunjukkan hasil penerapan model persamaan 4-1 yang telah dikembangkan pada citra SPOT-2.

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai LAI untuk hutan rawa gambut di Merang sangat bervariasi, yaitu memiliki kisaran sekitar 3 hingga 10.



Gambar 4-5: Hasil penerapan Model Persamaan 4-1 pada Citra SPOT-2

#### 4.5 Evaluasi Estimasi Nilai LAI Menggunakan Model Algoritma MOD15

Berdasarkan hasil analisis LAI hutan dengan menggunakan model algoritma MOD15 dan model yang telah dikembangkan (persamaan 4-1) dapat diketahui bahwa LAI yang dihasilkan dari algoritma MOD15 memiliki nilai yang lebih rendah. Oleh sebab itu, model algoritma MOD15 tersebut perlu dilakukan evaluasi. Evaluasi dilakukan dengan menghitung besar nilai *Root Square Mean Error* (RMSE) dan analisis korelasi data hasil estimasi nilai LAI yang diperoleh dari data citra satelit menggunakan model MOD15 untuk semua model baik *Broadleaf Forest*, *Shrubland*, *Savannah*, *Grassland*, maupun *Broadleaf Crop* dengan data hasil observasi pengukuran di lapangan. Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada Tabel 4-1.



Tabel 4-1: PERBANDINGAN HASIL ESTIMASI NILAI LAI YANG DIPEROLEH DARI DATA CITRA SATELIT SPOT-2 MENGGUNAKAN MODEL MOD15 DENGAN DATA HASIL PENGUKURAN DI LAPANGAN PADA PENUTUP LAHAN HUTAN RAWA GAMBUT

LAI Observasi	LAI estimasi				
	MODEL				
	Broad Leaf Forest	Shrubland	Savannah	Grassland	Broadleaf Crop
3.600	0.919	1.036	1.194	0.325	1.082
2.210	0.804	0.928	1.061	0.316	0.963
3.210	0.885	1.005	1.155	0.323	1.048
1.910	0.478	0.604	0.668	0.283	0.611
3.900	1.242	1.330	1.563	0.347	1.410
4.220	1.625	1.661	1.984	0.367	1.783
3.350	1.190	1.284	1.504	0.343	1.358
4.330	1.131	1.231	1.437	0.340	1.299
3.820	1.033	1.142	1.326	0.333	1.199
4.200	0.948	1.064	1.229	0.327	1.113
RMSE	2.52	2.90	2.68	3.87	2.83
R <sup>2</sup>	0.566	0.585	0.578	0.639	0.58

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai LAI hutan dari hasil observasi memiliki korelasi positif yang cukup tinggi dengan nilai LAI yang dihitung dengan menggunakan algoritma MOD15 baik untuk tutupan vegetasi berupa *broadleaf forest*, *shrubland*, *savannah*, *grassland*, maupun *broadleaf crop*, yaitu dengan nilai R<sup>2</sup> masing-masing 0.566, 0.585, 0.578, 0.639, dan 0.58. Namun demikian kesemuanya memiliki tingkat presisi yang relatif rendah karena memiliki nilai RMSE yang relatif tinggi, yaitu 2.52, 2.90, 2.68, 3.87 dan 2.83. Untuk kisaran nilai LAI hutan yang besarnya 3 hingga 10, nilai-nilai RMSE tersebut akan merepresentasikan hasil yang tidak presisi. Dengan demikian, estimasi nilai LAI untuk penutup lahan hutan dari data SPOT-2 kurang sesuai dilakukan dengan menggunakan model algoritma MOD15.

## 5 KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa LAI berbasis model algoritma

MOD15 mempunyai korelasi yang rendah dengan LAI pengukuran pada berbagai jenis penutup lahan hutan. Tetapi LAI pengukuran mempunyai berkorelasi yang baik dengan NDVI yang dihitung dari data SPOT-2 untuk jenis penutup lahan berupa hutan dimana persamaan korelasi menggunakan model logaritmik.

## 6 UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan atas biaya dari Program Riset Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekrayasa tahun 2010. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu bagi kelancaran penelitian ini; Bapak Deputy Bidang Pengembangan Sistem Iptek Nasional Kementerian Riset dan Teknologi, Bapak Deputy Bidang Penginderaan Jauh LAPAN, Bapak Kepala Biro Perencanaan dan Organisasi LAPAN beserta Tim, Bapak Kepala Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh LAPAN dan Ibu Kepala Pusat Data LAPAN beserta jajaran dibawahnya. Pada kesempatan ini pula penyusun menyampaikan terima kasih kepada pihak Merang REDD Pilot Project-GTZ dan Pihak Bappeda Kabupaten Musi Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan yang telah membantu dalam kelancaran kegiatan survei lapangan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Asner, G.P., Scourlock, J.M.O., & Hicke, J.A., 2003. *Global Synthesis of Leaf Area Index Observations: Implications for Ecological and Remote Sensing Studies*. *Global & Biogeography*, 12, 191 – 205.
- Barclay, H.J., 1998. *Conversion of Total Leaf Area to Projected Leaf Area in Lodgepole Pine and Douglas-Fir*. *Tree Physiology*, 18, 185–193.
- Beadle, C.L., 1993. *Growth analysis. Photosynthesis and production in a changing environment: a field*

- and laboratory manual (ed.by D.O. Hall), pp. 36–46. Chapman & Hall, London.
- Chen, J.M. & Black, T.A., 1992. *Defining Leaf Area Index for non-flat Leaves*. Plant, Cell and Environment, 15, 421–429.
- Chen, J.M. & Cihlar, J., 1995. *Quantifying the Effect of Canopy Architecture on Optical Measurements of Leaf Area Index using two Gap Size Analysis Methods*. IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing, 33, 777–787.
- Chen, J.M. & Cihlar, J., 1996. *Retrieving Leaf Area Indices of Boreal Conifer Forests using Landsat TM images*. Remote Sensing of Environment, 55, 153–162.
- Chen, J.M., Rich, P.M., Gower, S.T., Norman, J.M., & Plummer, S., 1997. *Leaf Area Index of Boreal Forests: Theory, Techniques, and Measurements*. Journal of Geophysical Research, Vol.102, No.D24, pp. 29, 429-29, 443.
- Haboudane, D., Miller, J.R., Pattey, E., Tejada, P.J.Z., & Strachan, I.B., 2008. *Hyperspectral Vegetation Indices and Novel Algorithms for Predicting Green LAI of Crop Canopies: Modeling and Validation in the Context of Precision Agriculture*. Boreal Environment Research, 90, 337-352.
- R. B. Myneni, Y. Knyazikhin, Y. Zhang, Y. Tian, Y. Wang, A. Lotsch, J. L. Privette, J. T. Morisette, S. W. Running, R. Nemani, J. Glassy, P. Votava, 1999. *MODIS Leaf Area Index (LAI) And Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed By Vegetation (FPAR) Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) MOD 15*. [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD\\_NUMBER=15](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/dataproducts.php?MOD_NUMBER=15).
- Stenberg, P., Rautianien, M., Manninen, T., Voipio, P., & Mottus, M., 2008. *Boreal Forest Leaf Area Index from Optical Satellite Images: Model Simulation and Empirical Analyses using Data from Central Finland*. Boreal Environment Research, 13, 433-443.
- Wang, Q., Adiku, S., Tenhunen, J., & Granier, A., 2005. *On the Relationship of NDVI with Leaf Area Index in a Deciduous Forest Site*. Remote Sensing of Environment, 94, 244-255.
- Welles, J.M. & Cohen, S., 1996. *Canopy Structure Measurement by Gap Fraction Analysis using Commercial Instrumentation*. Journal of Experimental Botany, Vol.47 No.302, pp. 1335-1342.
- Xiao, X., He, L., Salas, W., Li, C., Moore, B., Zhao, R., Froking, S., & Boles, S., 2002. *Quantitative Relationships between Field-Measured Leaf Area Index and Vegetation Index Derived from Vegetation Images for Paddy Rice*. International Journal of Remote Sensing, 18, 3595-3604.
- Yang, C.M., Liu, C.C., & Wang, Y.W., 2008. *Using Formosat-2 Satellite to Estimate Leaf Area Index of Rice Crop*. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol-13, 4, 253-260.