

Potensi pemanfaatan data SPOT untuk estimasi cadangan dan emisi karbon di hutan rawa gambut Merang, Sumatera Selatan

Orbita Roswiniarti^{a)}, Solichin^{b)} dan Suwarsono^{a)}

^{a)}Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. LAPAN no. 70, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta 13710, Indonesia

^{b)}Proyek Merang REDD Pilot Project (MRPP)
Jl. Jenderal Sudirman No. 2837 KM 3.5, Palembang 30129, Indonesia

Ringkasan

Pengurangan emisi karbon hutan, baik yang diakibatkan oleh deforestasi dan degradasi hutan, merupakan salah satu upaya penting dalam mengurangi perubahan iklim. Upaya ini mensyaratkan informasi tentang cadangan karbon hutan. Dengan tidak adanya metode yang praktis dalam mengukur langsung seluruh cadangan karbon hutan, maka kombinasi data pengukuran di lapangan dan data satelit penginderaan jauh diharapkan dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat mengenai cadangan karbon dan emisi karbon akibat penutupan lahan hutan. Melalui kegiatan Merang REDD Pilot Project (MRPP) yang dimulai pada akhir tahun 2008 dan akan berakhir tahun 2011, akan dikembangkan suatu metode estimasi cadangan dan emisi karbon hutan gambut berbasis data lapangan dan data satelit penginderaan jauh resolusi spasial tinggi SPOT. Dalam tulisan ini, dijelaskan beberapa metode dengan berbagai kelebihan dan keterbatasannya serta konsep metode yang akan dilaksanakan dalam tahap awal kegiatan MRPP. *Kata kunci* : : Cadangan karbon, Emisi karbon, SPOT

1 Latar belakang

Pemanasan global yang disebabkan karena meningkatnya Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer telah menyebabkan perubahan iklim yang semakin berfluktuasi dan ekstrim. Oleh karena itu, United Nations for Climate Change Convention (UNFCCC) mulai mengembangkan beberapa skema untuk mengurangi emisi global GRK. Pertemuan UN Conference of Parties ke 13 (COP 13) yang diselenggarakan pada tahun 2007 di Bali telah menghasilkan Bali Action Plan yang bertujuan untuk mendukung negara-negara berkembang di dalam mengurangi emisi dari deforestasi dan degradasi atau dikenal dengan program Reduced Emissions from Deforestation and Degradation (REDD) (<http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf#page=8>). Program REDD merupakan salah satu skema yang memungkinkan negara berkembang untuk menjaga hutannya dan mendapatkan insentif dari hasil penyerapan karbon atau berkurangnya emisi akibat kerusakan hutan.

Salah satu emisi yang paling besar di wilayah tropis adalah akibat deforestasi dan degradasi hutan rawa gambut yang menyimpan cadangan karbon baik di atas maupun di bawah permukaan. Lahan gambut tropis terdiri dari timbunan bahan organik yang belum terdekomposisi sempurna sehingga menyimpan karbon dalam jumlah yang besar. Vegetasi yang tumbuh di atasnya (aboveground living forest biomass) dan membentuk hutan rawa gambut akan mengikat karbondioksida dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menambah simpanan karbon dalam ekosistem tersebut (Murdiyarto dan Suryadiputra, 2003). Karbon yang disimpan dalam biomasa hutan di atas permukaan ini umumnya membentuk 'kolam karbon terbesar' dan sangat

PIT MAPIN XVII, Bandung 10-12-2008

dipengaruhi langsung oleh deforestasi dan degradasi. Degradasi hutan rawa gambut selain disebabkan oleh penebangan hutan, juga disebabkan oleh kebakaran gambut. Kombinasi keduanya menyebabkan tingginya emisi karbon.

Melalui program kerjasama bilateral antara Pemerintah Indonesia dengan Pemerintah Jerman, sebuah pilot project dikembangkan untuk menjaga hutan rawa gambut Merang di Provinsi Sumatera Selatan melalui uji coba implementasi program REDD. Kegiatan yang diberi nama Merang REDD Pilot Project (MRPP) dimulai pada akhir tahun 2008 dan berakhir tahun 2011. Salah satu komponen kegiatan tersebut adalah pemantauan potensi cadangan karbon hutan. Dalam penelitian ini akan dikaji potensi pemanfaatan data satelit penginderaan jauh SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) bersama dengan data lapangan untuk pengembangan model estimasi cadangan dan emisi karbon di hutan rawa Merang.

2 Tinjauan ringkas berbagai metode penentuan cadangan dan emisi karbon

Salah satu cara menghitung kandungan karbon yang tersimpan dalam biomasa hutan di atas permukaan tanah secara kuantitatif adalah dengan mengumpulkan seluruh pepohonan, menge-ringkannya, dan kemudian menimbang biomasanya. Biomasa kering dapat dikonversi menjadi kandungan karbon dengan menetapkan 50% dari berat biomasanya. Meskipun metoda ini cukup akurat untuk wilayah yang kecil pada lokasi tertentu, tetapi menjadi tidak praktis jika diterapkan untuk wilayah yang luas karena memerlukan waktu yang lama dan mahal.

Untuk wilayah yang luas (seperti level nasional), berbagai model telah dikembangkan dengan mengekstrapolasi data titik menjadi skala yang lebih besar berdasarkan pendekatan pengukuran data lapangan atau data satelit penginderaan jauh. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) telah mengeluarkan petunjuk (guideline) untuk estimasi inventory GRK untuk berbagai skala yang berbeda (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html>). Rangkuman beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi cadangan karbon hutan di wilayah tropik dengan tingkat akurasi yang berbeda-beda dijelaskan dalam Gibbs et al. (2007) dan dapat dilihat dalam Tabel 1.

Demikian pula, berbagai metode untuk mendapatkan emisi karbon dari biomasa di atas permukaan telah banyak dikaji (Andreae and Merlet 2001). Di wilayah Asia Tenggara, dimana lahan gambut sangat luas dan merupakan sumber emisi yang besar ketika deforestasi, penentuan emisi karbon umumnya masih bersifat teoritis. Roswintiarti et al. (2005) mengembangkan model estimasi emisi Total Particulate Matters (TPM) berdasarkan wilayah yang terbakar, berat biomasa, dan faktor efisiensi kebakaran. Rangkuman emisi TPM untuk beberapa jenis bahan bakaran disajikan dalam Tabel 2.

3 Kegiatan yang akan dilaksanakan dalam MRPP

3.1 Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian adalah hutan rawa gambut Merang yang terletak di Provinsi Sumatera Selatan dan perbatasan Provinsi Sumatera Selatan dan Jambi (Gambar 1). Luas total wilayah ini sekitar 182.000 km². Hutan rawa gambut Merang termasuk wilayah yang sangat penting, karena:

- Merupakan kawasan hutan gambut alami yang masih tersisa dan cukup produktif di Sumatera Selatan;

- Merupakan salah satu kubah gambut terluas di Sumatera Selatan dengan kedalaman gambut berkisar antara 1-7 meter.
- Merupakan koridor satwa langka seperti Harimau Sumatera (*Panthera Tigris*) dan Tapir (*Tapirus Indicus*) antara Taman Nasional Berbak di Jambi dan Taman Nasional Sembilang di Sumatera Selatan, sekaligus merupakan daerah tangkapan/pasokan air bagi sungai-sungai yang mengalir ke Taman Nasional Berbak dan Taman Nasional Sembilang;
- Mempunyai nilai penting bagi aspek:
 - Ekologi: keanekaragaman hayati, sumber air/fungsi hidrologi, habitat dan koridor satwa langka, pengontrol intrusi air laut, penyeimbang iklim mikro, dan penyimpanan karbon;
 - Ekonomi: Perikanan, sumberdaya hutan (kayu dan non-kayu), dan transportasi;
 - Sosial: sebagai sumber pengentasan kemiskinan dan pemerataan pembangunan masyarakat. (http://www.walhi.or.id/kampanye/hutan/strukturisasi/041210_hut_sum_pres/ dan http://www.peat-portal.net/view_file.cfm?fileid=258).

3.2 Data

Data satelit penginderaan jauh yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data SPOT-2 dan SPOT-4 akuisi tahun 2008 serta data Landsat-7 ETM+ akuisi tahun 2000 yang diperoleh dari Stasiun Bumi LAPAN di Parepare, Sulawesi Selatan. Data Landsat-7 ETM+ tahun 2000 digunakan untuk analisis perubahan tutupan lahan dalam delapan tahun terakhir.

Karakteristik satelit SPOT-2 dan SPOT-4 disajikan dalam Tabel 3. Satelit SPOT-2 diluncurkan pada tanggal 21 Januari 1990 dan satelit SPOT-4 diluncurkan pada tanggal 23 Maret 1998. Satelit SPOT-2 mempunyai orbit sirkular, near-polar, dan sun-synchronous. Satelit ini berada dalam ketinggian 832 km dengan sudut inklinasi 98.7(dan equator crossing pada pukul 10:30 pagi. Pola orbit kembali ke lokasi yang sama setiap 28 hari, akan tetapi memungkinkan untuk off-nadir viewing setiap 4 hari tergantung dari lokasi lintang (<http://www.spotimage.fr/>). Kelebihan satelit SPOT-4 dianggap dengan SPOT-2 adalah adanya:

- Penambahan sensor High Resolution Visible and Infrared (HRVIR)
- Penambahan kanal infra-merah tengah (mid-infrared) dengan resolusi spasial 20 m.
- Data 10 m dan 20 m diregistrasi onboard dengan cara mengganti kanal pankromatik dengan kanal merah yang dapat menghasilkan baik data 10 m monospektral maupun 20 m multispektral.
- Penambahan sensor Vegetation Monitoring Instrument (VMI), yang mempunyai lebar cakupan 2250 km, resolusi temporal 1 kali/hari, dan resolusi spasial 1 km.

Data sinar tampak (visible) dan infra merah (infrared) dari satelit penginderaan jauh optis secara umum digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan, sedangkan data pankromatik dapat menyediakan informasi tekstur yang sangat berguna untuk menentukan jenis kanopi hutan dan batas tegakan (stand boundaries). Mosaik citra SPOT-2 di wilayah hutan rawa Merang bulan April - Juni 2008 diperlihatkan dalam Gambar 2 dan citra SPOT-2 pankromatik diperlihatkan dalam Gambar 4 .

Penyimpan karbon (carbon pool) yang penting di hutan rawa gambut akan diidentifikasi dan selanjutnya menjadi fokus dalam pengumpulan data karbon di lapangan. Biomasa atas tanah (vegetasi dan pohon mati), biomasa di bawah tanah (akar), dan karbon tanah (tanah gambut) merupakan penyimpan karbon utama di wilayah hutan rawa gambut Merang.

3.3 Metodologi

3.3.1 Estimasi cadangan karbon

Untuk memperoleh estimasi cadangan karbon di hutan rawa Merang, data yang digunakan adalah data SPOT-2 atau SPOT-4 tahun 2008 (tutupan awan < 10%) dan data biomasa hasil survei lapangan juga tahun 2008. Selanjutnya, dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a. Pengolahan awal (koreksi atmosfer, koreksi radiometri, dan koreksi geometri) data SPOT-2 atau SPOT-4 tahun 2008.
- b. Penentuan klasifikasi tutupan lahan dari citra SPOT-2 atau SPOT-4 tahun 2008.

Sistem klasifikasi tutupan lahan yang dipilih adalah Land Cover Classification System (LCCS) yang dikembangkan oleh United Nations Food and Agriculture Organization atau UN FAO (Di Gregorio 2005). Secara umum, tutupan lahan di atas permukaan tanah dibagi menjadi hutan primer, hutan sekunder, perkebunan/semak/belukar, dan lahan terbuka (Gambar 3). Hasil klasifikasi ini juga akan digunakan sebagai dasar stratifikasi penutupan lahan untuk keperluan disain survei.

- c. Perhitungan indeks vegetasi dari citra SPOT-2 atau SPOT-4 tahun 2008.

Indeks vegetasi, seperti Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), adalah salah satu produk data penginderaan jauh yang umum dalam menganalisa kondisi vegetasi.

- d. Melakukan survei vegetasi untuk mengetahui jumlah biomasa di atas dan di bawah permukaan tanah.

Inventarisasi karbon akan dilakukan menggunakan metode stratified systematic sampling (Pearson et al. 2007), dimana plot ukur akan disebar secara sistematis berdasarkan strata-strata klasifikasi penutupan lahan. Data utama yang dikumpulkan untuk memantau cadangan karbon dari biomasa di atas tanah adalah meliputi: nama jenis pohon (hidup), diameter setinggi dada (diatometer at breast height) dan tinggi pohon. Untuk memantau volume karbon di tanah gambut, dilakukan survey pengeboran di beberapa titik untuk mengetahui kedalaman gambut. Selanjutnya data tersebut diinterpolasi untuk mendapatkan volume gambut di kawasan hutan merang.

Karbon di bawah permukaan tanah, yang didominasi oleh akar, biasanya berkontribusi sekitar 15% dari total seluruh biomasa hutan. Karenanya penyimpanan karbon ini juga cukup penting untuk dipantau. Namun karena sulitnya metode penghitungan volume akar, pengembangan persamaan alometrik untuk beberapa pohon-pohon utama akan dilakukan sebelumnya. Metode penyusunan persamaan alometrik harus dilakukan melalui tehnik destruktif atau dengan cara ditebang. Metode ini akan dilakukan dengan jumlah sampel pohon yang terbatas.

- e. Analisa data survei vegetasi untuk mendapatkan rata-rata biomasa berbagai jenis tutupan lahan.
- f. Penghitungan karbon untuk seluruh jenis tutupan lahan (berdasarkan hasil klasifikasi citra SPOT-2 atau SPOT-4) dan analisa potensi biomasa.
- g. Korelasi antara NDVI dan data survei vegetasi.

3.3.2 Estimasi emisi karbon dari perubahan tutupan hutan

Untuk memperoleh estimasi emisi karbon di hutan rawa Merang, data yang digunakan adalah data SPOT-2 dan SPOT-4 tahun 2008 serta data Landsat-7 ETM+ tahun 2000. Selanjutnya, dilakukan tahapan sebagai berikut :

- a. Pengolahan awal (koreksi atmosfer, koreksi radiometri, dan koreksi geometri) data Landsat-7 ETM+ tahun 2000.
- b. Klasifikasi tutupan lahan dari citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000.
- c. Analisa perubahan tutupan lahan antara tahun 2000 dan tahun 2008.
- d. Penghitungan emisi karbon akibat perubahan tutupan lahan. Untuk menghitung estimasi emisi karbon, diperlukan informasi tentang besarnya perubahan tutupan hutan serta jumlah cadangan karbon sebelum dan sesudah terjadi perubahan tutupan hutan.

3.4 Kelebihan dan Keterbatasan

Kelebihan pemanfaatan data satelit penginderaan jauh optis dalam menghitung estimasi cadangan dan emisi karbon antara lain adalah:

- Cakupan yang luas.
- Dapat menyediakan data dengan resolusi spasial yang homogen.
- Konsisten dalam perolehan data (beberapa satelit mempunyai umur operasi belasan/puluhan tahun).
- Biaya lebih murah dibandingkan melakukan survei lapangan.

Beberapa keterbatasannya antara lain adalah:

- Tutupan awan menghalangi pemantauan permukaan bumi.
- Identifikasi jenis tanah:
Data satelit penginderaan jauh optis tidak dapat membedakan jenis tanah (tanah mineral atau gambut).
- Identifikasi spesies vegetasi:
Karena pada dasarnya klasifikasi tutupan lahan ditentukan berdasarkan nilai spektralnya, maka membedakan vegetasi berdasarkan jenis spesies adalah tidak memungkinkan jika jenis-jenis spesies yang mempunyai nilai spektral yang serupa.
- Identifikasi umur tanaman:
Sangat sukar membedakan umur tanaman menggunakan teknologi penginderaan jauh yang standar. Umur tanaman mempengaruhi kekuatan resor (sink) karbon.

4 Penutup

Metode estimasi cadangan dan emisi karbon hutan gambut untuk ((182.000 km²) yang dikembangkan berdasarkan data lapangan dan data satelit penginderaan jauh SPOT dalam kegiatan MRPP akan dilaksanakan selama 3 tahun. Diharapkan keterbatasan dari kedua data ini akan saling ditutupi oleh masing-masing kelebihanannya dan dapat diekstrapolasi untuk level nasional.

Daftar Pustaka

Andreae, M. O. and P. Merlet, 2001: Emission of trace gases and aerosols from biomass burning, *Global Biogeochemical Cycles*, 15, 955-966.

- Andriessse, J. P., 1988: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Nature and management of tropical peat soils. 88. Rome, Italy, Soil Resources, Management and Conservation Service, FAO Land and Water Development Division. FAO Soils Bulletin.
- Brady, M. A., 1989: A note on the Sumatra peat swamp forest fires of 1987, *Journal of Tropical Forest Science*, 1, 295-296.
- Brown, K., 1996: The utility of remote sensing technology in monitoring carbon sequestration agroforestry project. Winrock International Institute for Agricultural Development. USA.
- Di Gregorio, A., 2005: Land Cover Classification System: Classification concepts and user manual. Software version 2. ISBN 92-5-105327-8. United Nations Food and Agriculture Organization Publications.
- Dymond, C. C., O. Roswintiarti, and M. Brady, 2004: Characterizing and mapping fuels for Malaysia and western Indonesia. *International Journal of Wildland Fire*, Volume 13, Number 3, pp. 323-334.
- Gibbs, H. K., S. Brown, J. O. Niles, dan J. A. Foley, 2007: Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environ. Res. Lett.*, 2, 045023-0450315.
- Hashimoto, T., K. Kojima, T. Tange, and S. Sasaki, 2000: Changes in carbon storage in fallow forests in the tropical lowlands of Borneo, *Forest Ecology and Management*, 126, 331-337.
- <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf#page=8> (30 November 2008)
- <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html> (30 November 2008)
- http://www.peat-portal.net/view_file.cfm?fileid=258 (30 November 2008)
- <http://www.spotimage.fr/> (30 November 2008)
- http://www.walhi.or.id/kampanye/hutan/strukturisasi/041210_hut_sum_pres/ (30 November 2008)
- Levine, J. S., 1999: The 1997 Fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia: Gaseous and particulate emissions, *Geophysical Research Letters*, 26, 815-818.
- Murdiyarso, D. dan I. Suryadiputra, 2003: Perubahan iklim dan peranan lahan gambut. Paket informasi praktis no 1. Climate Change, Forest and Peatlands in Indonesia Project.
- Pearson, T. R. H., S. L. Brown, and R. A. Birdsey, 2007: Measurement guidelines for sequestration of forest carbon. USDA Forest Service Publication.
- Pickford, S., M. Suharti, and A. Wibowo, 1992: A note on fuelbeds and fire behavior in alang-alang (*Imperata cylindrica*), *International Journal of Wildland Fire*, 2, 41-46.
- Roswintiarti, O., R. D. Field, W. J. de Groot, and L. C. Peng, 2005: Development of a Fuel-Explicit Model for Biomass Burning Emissions and Transport in Southeast Asia. Report submitted to SARCS Secretariat.
- Ward, D. E., R. A. Susott, J. B. Kauffman, R. E. Babbitt, D. L. Cummings, B. Dias, B. N. Holben, Y. J. Kaufman, R. A. Rasmussen, and A. W. Setzer, 1992: Smoke and fire characteristics for Cerrado and deforestation Burns in Brazil - Base-B experiment, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 97, 14601-14619.

LAMPIRAN TABEL

Tabel 1: Kelebihan dan keterbatasan berbagai metode yang tersedia dalam mengestimasi cadangan karbon hutan dalam level national (Sumber: Gibbs et al., 2007).

Method	Description	Benefits	Limitations	Uncertainty
Biome averages	Estimates of average forest carbon stocks for broad forest categories based on a variety of input data sources	* Immediately available at no cost * Data refinements could increase accuracy * Globally consistent	* Fairly generalized * Data sources not properly sampled to describe large areas	High
Forest inventory	Relates ground-based measurements of tree diameters or volume to forest carbon stocks using allometric relationships	* Generic relationships readily available * Low-tech method widely understood * Can be relatively inexpensive as field-labor is largest cost	* Generic relationships not appropriate for all regions * Can be expensive and slow * Challenging to produce globally consistent results	Low
Optical remote sensors	* Uses visible and infrared wavelengths to measure spectral indices and correlate to ground-based forest carbon measurements * Ex: Landsat, MODIS	* Satellite data routinely collected and freely available at global scale * Globally consistent	* Limited ability to develop goods models for tropical forest * Spectral indices saturated at relatively low C stocks * Can be technically demanding	High
Very high res. airborne optical remote sensors	* Uses very high resolution ((10-20 cm) images to measure tree height and crown area and allometry to estimate carbon stocks * Ex: Aerial photos, 3D digital aerial imagery	* Reduces time and cost of collecting forest inventory data * Reasonable accuracy * Excellent ground verification for deforestation baseline	* Only covers small areas (10.000s ha) * Can be expensive and technically demanding * No allometric relations based on crown area are available	Low to medium
Radar remote sensors	* Use microwave or radar signal to measure forest vertical structure * Ex: ALOS PALSAR, ERS-1, JERS-1, Envisat	* Satellite data are generally free * New systems launched in 2005 expected to provide improved data * Can be accurate for young or sparse forest	* Less accurate in complex canopies of mature forests because signal signatures * Mountainous terrain also increase errors * Can be expensive and technically demanding	Medium
Laser remote sensors	* LIDAR uses laser light to estimate forest height/vertical structure * Ex: Carbon 3-D satellite system combines Vegetation canopy LIDAR (VCL) with horizontal imager	* Accurately estimates full spatial variability of forest carbon stocks * Potential for satellite-based system to estimate global forest carbon stocks	* Airplane-mounted sensors only option * Satellite system not yet funded * Requires extensive field data for calibration * Can be expensive and technically demanding	Low to medium

Tabel 2: Rangkuman berbagai emisi TPM untuk beberapa jenis bahan bakaran (Sumber: Roswintiarti, et al. 2005).

Fuel type	Fuel load	Combustion factor	TPM emission factor	TPM emissions per unit area (kg ha ⁻¹)
Grassland ¹	4.37	1.00	8.3	36.2 kg/ha
Shrubland ²	7.50	0.84		52.5 kg/ha
Open Forest ³	6.50	0.43	8.5	23.7 kg/ha
Closed Forest ⁴	10.00	0.53		44.7 kg/ha
Peat ⁵	22.5	0.50	35.0	393.8 kg/ha/cm

1. Fuel load from average of grassland estimates in Pickford et al. (1992), Hashimoto et al. (2000) and Dymond et al. (2004). Combustion factor from grassland (C1) type in Ward et al. (1992). TPM emission factor from grassland and savannah type in Andreae and Merlet (2001).
2. Fuel load from average of bush load estimates in Pickford et al. (1995) and Dymond et al. (2004). Combustion factor from average of savannah types (C2,C3,C4) in Ward et al. (1992). TPM emission factor from grassland and savannah in Andreae and Merlet (2001).
3. Fuel load from average of logged-over forest range in Dymond et al. (2004). Combustion factor from secondary tropical moist forest type (SF) in Ward et al. (1992). TPM emission factor from tropical forest type in Andreae and Merlet (2001).
4. Fuel load from average of alluvial and dipterocarp fuel loads from Anderson et al. (1983). Combustion factor from primary tropical moist forest type (PF) in Ward et al. (1992). TPM emission factor from tropical forest type in Andreae and Merlet (2001).
5. Fuel load from the average of peat bulk density ranges from Andriess (1988) and Brady (1989). Combustion factor of 50%, as in Levine (1999). TPM emission factor from from Ward (1990).
6. Product of fuel load, combustion factor and emission factor expressed in kg/ha.

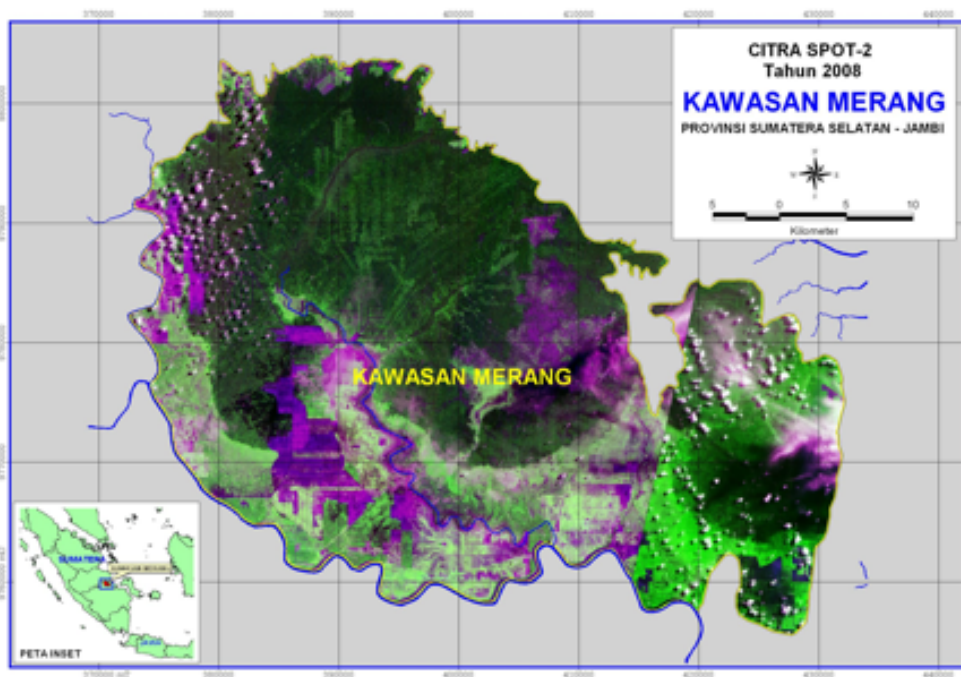
Tabel 3: Karakteristik satelit SPOT-2 dan SPOT-4

Satelit	Kanal dan Spektrum Elektromagnetik	Ukuran Pixel	Panjang Gelombang
SPOT-4	Monospectral	10 m	0.61 - 0.68 μm
	B1 : green	20 m	0.50 - 0.59 μm
	B2 : red	20 m	0.61 - 0.68 μm
	B3 : near infrared	20 m	0.78 - 0.89 μm
	B4 : mid infrared (MIR)	20 m	1.58 - 1.75 μm
SPOT-2	Panchromatic	10 m	0.50 - 0.73 μm
	B1 : green	20 m	0.50 - 0.59 μm
	B2 : red	20 m	0.61 - 0.68 μm
	B3 : near infrared	20 m	0.78 - 0.89 μm

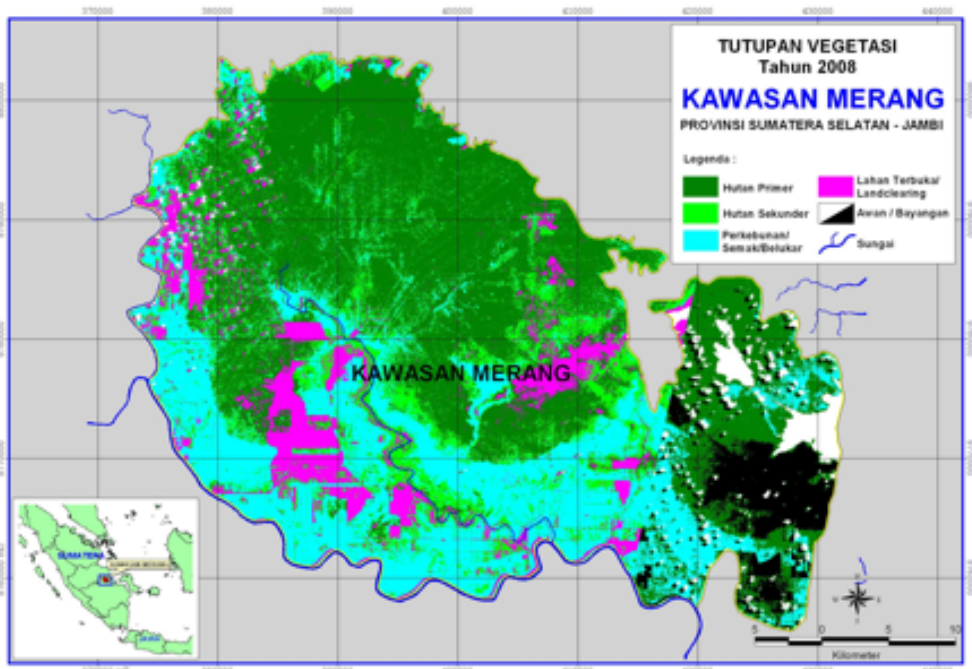
LAMPIRAN GAMBAR



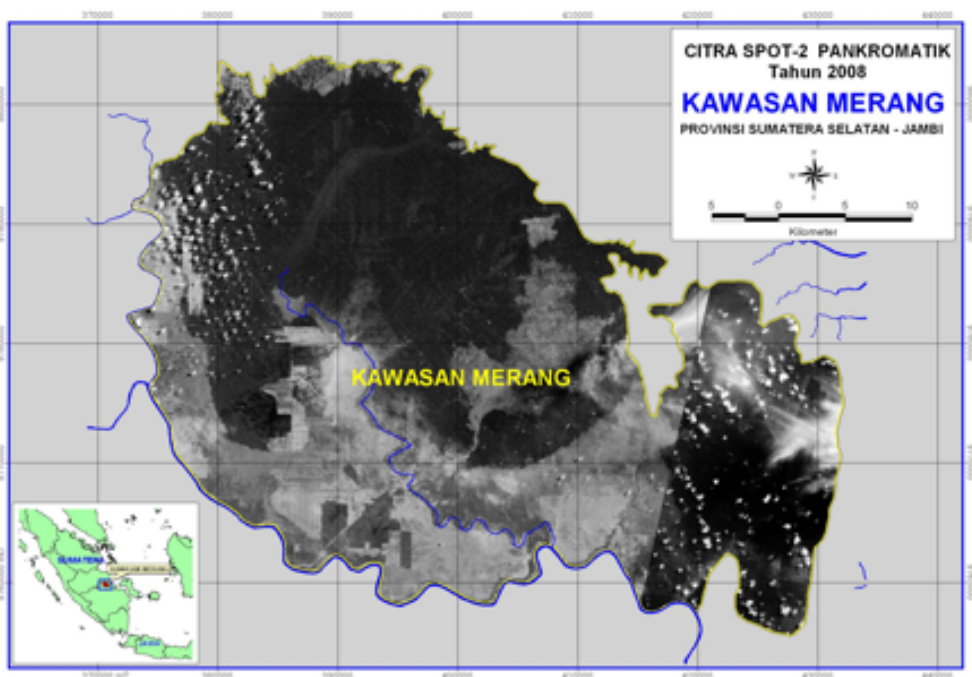
Gambar 1: Hutan rawa gambut Merang yang menjadi wilayah penelitian



Gambar 2: Citra SPOT-2 wilayah hutan rawa Merang (bulan April-Juni 2008)



Gambar 3: Klasifikasi tutupan lahan wilayah hutan rawa Merang dari data SPOT-2 bulan April-Juni 2008



Gambar 4: Citra SPOT-2 pankromatik bulan April-Juni 2008