

VALIDASI HOTSPOT DI WILAYAH RAWAN KEBAKARAN TAHUN 2012: KASUS LAHAN GAMBUT DAN KEBAKARAN KECIL

Yenni Vetrifa^{*)}, Any Zubaidah^{*)}, M. Priyatna^{*)}, Kusumaning D.A. Sukowati^{*)}

^{*)}Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

e-mail: yenni.vetrifa@lapan.go.id

Abstract

This research was conducted as a series of validation activities hotspots in Institute of Aeronautics and Space Agency (Lapan) as a tool of monitoring forest / land fires in Indonesia. The results of these activities are expected to provide a better understanding of the advantages and disadvantages from information hotspots, which could have been used as an input to national policy makers. Field data from the Ministry of Forestry and the location of fire derived from SPOT 4 in 2012 were used as a reference. While hotspot obtained from the ASEAN Specialized Meteorological Centre (ASMC) which was processed from the NOAA-AVHRR satellite. Further analysis using hotspot Terra / Aqua MODIS was used to determine the relationship between the emergence of hotspots iteration periods during certain specified periods of time (3-7 days). In addition, study area was focused on fire-prone areas of Sumatra and Kalimantan. The results indicate a fire point of the 453 acquired an accuracy of 42.8%, and 8.8% commission error, omission error with larger, namely 52.4%. Almost all fires are obtained from the the Ministry of Forestry is a type of small fires (<100 ha). This can alone triggering the magnitude of the error of omission, where fires can not be detected properly by the hotspot. In addition, all fires occur in peatlands. By using MODIS data obtained that the hotspots were detected after the fire seen very ideal for monitoring fires in this area. Additionally, it is also found that the level of trust hotspot is low (<80%) is quite common in the event of fire should be considered in monitoring and checking of the field, especially in the area of peat and small fires.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan sebagai rangkaian kegiatan validasi hotspot di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sebagai alat pemantauan kebakaran hutan/lahan di Indonesia. Hasil kegiatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kelebihan maupun kekurangan dari informasi hotspot, yang dapat digunakan sebagai masukan bagi pengambil kebijakan nasional. Data lapangan dari Kementerian Kehutanan dan lokasi kebakaran yang diperoleh dari SPOT 4 tahun 2012 digunakan sebagai referensi untuk pengujian. Data hotspot yang diuji diperoleh dari ASEAN *Specialized Meteorological Centre* (ASMC) yang diolah dari satelit NOAA-AVHRR. Analisis lanjutan menggunakan data hotspot Terra/Aqua MODIS digunakan untuk mengetahui hubungan antara periode waktu perulangan munculnya hotspot selama periode waktu tertentu yang ditetapkan (3-7 hari). Lokasi penelitian difokuskan pada wilayah rawan kebakaran yaitu Sumatera dan Kalimantan. Hasil yang diperoleh menunjukkan dari 453 titik kebakaran diperoleh akurasi sebesar 42.8%, dan *commission error* 8.8%, dengan *omission error* yang lebih besar yaitu 52.4%. Hampir semua kebakaran yang diperoleh dari Kemenhut merupakan jenis kebakaran kecil (<100 ha). Hal ini dapat saja memicu besarnya omission error, dimana kebakaran tidak dapat dideteksi dengan baik oleh hotspot. Disamping itu, semua kebakaran terjadi di lahan gambut. Dengan menggunakan data MODIS diperoleh hasil bahwa hotspot yang terdeteksi sesudah kebakaran terlihat sangat ideal untuk memantau kebakaran di lahan ini. Tambahan lagi, juga ditemukan bahwa tingkat kepercayaan hotspot yang rendah (<80%) cukup banyak ditemukan pada kejadian kebakaran sehingga perlu dipertimbangkan dalam kegiatan pemantauan maupun pengecekan lapangan khususnya di wilayah gambut dan kebakaran kecil. Disamping itu, perlu penajaman algoritma pada penentuan hotspot spesifik lokasi ini, yang dapat menjadi pertimbangan untuk algoritma penentuan hotspot dengan data satelit generasi NOAA mendatang.

1. Pendahuluan

Target pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi menjadi 26% pada tahun 2025, telah menjadikan hal ini menjadi target penting untuk ditindaklanjuti. Sumber utama dari emisi tersebut berasal dari deforestasi dan degradasi yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti kebakaran hutan/lahan, embalakan liar, dll. Kebakaran pada tahun 1997 yang tercatat paling besar sejak 20 tahun terakhir, diestimasi telah melepaskan karbon sekitar 0.81 hingga 2.57 Gt akibat kebakaran gambut dan vegetasi di Indonesia (Page et al., 2002). Kerugian secara ekonomis diperkirakan mencapai US\$ 20.1 juta (Varma, 2003). Disamping itu, kerugian lain juga dirasakan antara lain kerugian ekologis dengan hilangnya biodiversity (Vayda, 1999) serta kejadian asap lintas batas ke negara tetangga (Koe et al., 2001; Quah,

2002; Jones, 2006; Tacconi et al., 2008). Oleh karena itu, Sistem peringatan dini yang handal perlu terus diupayakan agar dapat meminimalisir dampak yang dapat ditimbulkan.

Faktor curah hujan dan anomalnya menjadi indikator yang paling utama sebagai pemicu kebakaran di Indonesia (Syaufina et al., 2004; Ceccato et al., 2010). Indikator lain yang sangat umum digunakan adalah pendeteksian titik panas (hotspot) dari satelit penginderaan jauh. Data ini sangat handal terutama mengingat wilayah kebakaran yang umumnya terjadi pada lahan yang sulit diakses.

Validasi hotspot disebutkan sebagai kegiatan yang cukup sulit dilakukan mengingat tidak adanya algoritma yang konsisten untuk melakukannya (Pereira et al., 1999). Validasi hotspot MODIS telah dilakukan dengan dua jenis data referensi, yaitu (1) citra satelit penginderaan jauh resolusi menengah seperti ASTER dan SPOT, antara lain di Brazil (Morissette et al., 2005), Siberia (Csizar et al., 2006), dan Sumatera dan Kalimantan Indonesia (Lee et al., 2007), dengan probability akurasi sekitar 40-60%.. Referensi (2) yang digunakan adalah menggunakan referensi data lapangan, seperti yang dilakukan Thailand (Tanpipat et al., 2009), dengan hasil akurasi >90%. Metode (1) sedikit lebih rendah daripada metode (2) karena metode (1) memperhitungkan semua hotspot dalam scene citra yang dijadikan referensi. Sedangkan metode (2) hanya mempertimbangkan semua titik kebakaran tanpa menghitung semua hotspot. Disamping itu, kendala awan maupun kabut asap merupakan salah satu penyebab rendahnya akurasi hotspot (Morissette et al., 2005). Meskipun sudah cukup banyak yang melakukan validasi hotspot, namun sumber data lain serta karakteristik perkembangannya di lahan gambut masih jarang yang dipublikasikan.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi hotspot yang diperoleh dari dua sumber data hotspot yaitu NOAA AVHRR dan Terra/Aqua MODIS dan analisisnya di lahan gambut.

2. Metode

2.1. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu hotspot dan titik kebakaran. Data hotspot diperoleh dari beberapa sumber, yaitu (a) NOAA-AVHRR, dari ASEAN Specialized Meteorological Centre/ASMC, (b) Terra/Aqua MODIS, NASA (<https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms>) dan Indofire Map Service (<http://indofire.landgate.wa.gov.au/indofire.asp>). Perbedaan kedua jenis data terdapat pada Tabel 2-1. Jenis data kedua, yaitu titik kebakaran merupakan lokasi titik kebakaran yang diperoleh dari (a) pemadaman kebakaran oleh Kementerian Kehutanan (Kemenhut) sejak bulan Mei hingga September 2012 dan (b) hasil analisis visual asap dari SPOT 4 images tahun 2012.

TABEL 2-1. SUMBER DATA HOTSPOT DAN PENJELASANNYA

SUMBER DATA	ALGORITMA	WAKTU AKUISISI	CAKUPAN HOTSPOT	INFORMASI
NOAA_ASMC	MENGGUNAKAN TEMPERATURE BRIGHTNESS KANAL 3 DAN 4	AKUISISI HANYA SIANG HARI SEKITAR PUKUL 07-09 UTC	HANYA SATU AKUISISI HARINYA	KALI SETIAP
MODIS_NASA	GIGLIO ET AL., 2003	AKUISISI SIANG DAN SORE HARI SEKITAR PUKUL 02-18 UTC	MENGGUNAKAN SEMUA LEVEL CONFIDENCE	
MODIS_INDofire	GIGLIO ET AL., 2003	SAMA DENGAN MODIS NASA	MENGGUNAKAN LEVEL CONFIDENCE > 80%	

2.2. Pengolahan dan Analisis Data

Dalam penelitian ini diuji ketepatan posisi hotspot dari titik kebakaran. Hotspot dikategorikan tepat bila berada dalam radius 2 km dari titik kebakaran. Hal ini dipertimbangkan mengingat eror geometris citra yang diperoleh merupakan resolusi spasial 1 km. Disamping itu juga mempertimbangkan kesalahan posisi pengambilan titik kebakaran di lapangan maupun eror geometric pada citra SPOT 4. Nilai akurasi dihitung dengan rumusan sebagai berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{H}{(M+E)} * 100\% \quad (1)$$

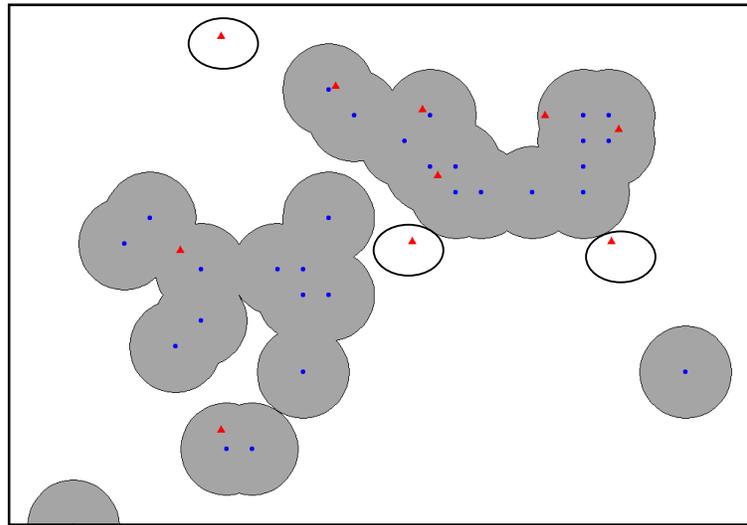
$$\text{Commision Error} = \frac{M-H}{(M+E)} * 100\% \quad (2)$$

$$\text{Omission Error} = \frac{E}{(M+E)} * 100\% \quad (3)$$

Dimana, M adalah total jumlah hotspot yang diperhitungkan, H adalah jumlah Hotspot yang tepat, dan E adalah jumlah hotspot yang tidak tepat.

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan mengamati perkembangan hotspot pada waktu 3 hari hingga 7 hari menjelang maupun sesudah kebakaran. Dari tiap titik hotspot yang diperoleh dibuatkan buffer dengan jarak 2 km, masing-masing pada periode 3 hari sebelum (H-3), 7 hari sebelum (H-7), 3 hari sesudah (H+3), dan 7 hari sesudah (H+7) kebakaran. Hotspot yang berdekatan pada jarak 2 km akan berintegrasi membentuk sebuah poligon. Untuk selanjutnya analisis ketepatan hotspot dilakukan dengan mempertimbangkan apakah titik kebakaran berada di dalam polygon atau tidak, sebagaimana yang dapat dijelaskan pada Gambar 2-1. Titik warna biru merupakan hotspot selama 7 hari sesudah kebakaran, sedangkan segitiga merah merupakan lokasi kebakarannya. Hotspot dinyatakan *valid* bila kebakaran berada dalam polygon yang terbentuk oleh hotspot yang berintegrasi, sedangkan kebakaran di luar tersebut (ditunjukkan oleh 3 titik

kebakaran dalam lingkaran hitam) dinyatakan tidak valid karena tidak adanya hotspot yang dapat mendeteksi kebakaran tersebut.



Gambar 2-1. Cara penentuan validitas hotspot berdasarkan integrasi hotspot pada periode tertentu

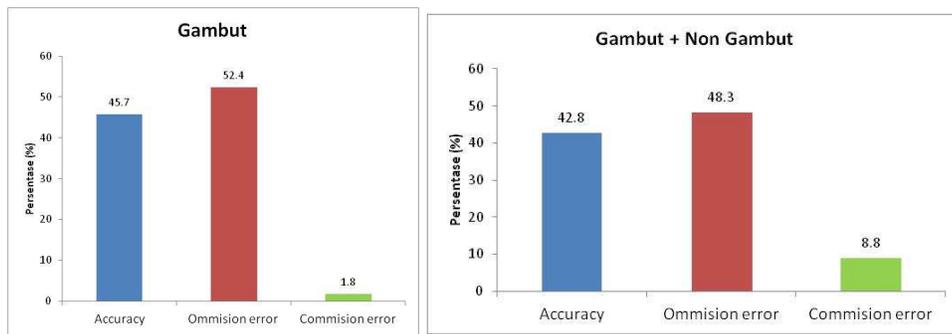
Analisis tambahan mempertimbangkan jenis tanah dimana kebakaran terjadi (gambut dan non gambut).

3. Hasil dan Pembahasan

Titik kebakaran diperoleh dari analisis visual data satelit SPOT 4 yang mengindikasikan adanya asap. Hampir semua titik berada di jenis lahan belukar yang merupakan jenis mudah terbakar/*fine fuel* dan jenis kebakaran kecil yang dapat dilihat dari panjang asap yang tidak melebihi 30 m.

3.1. Validasi Hotspot

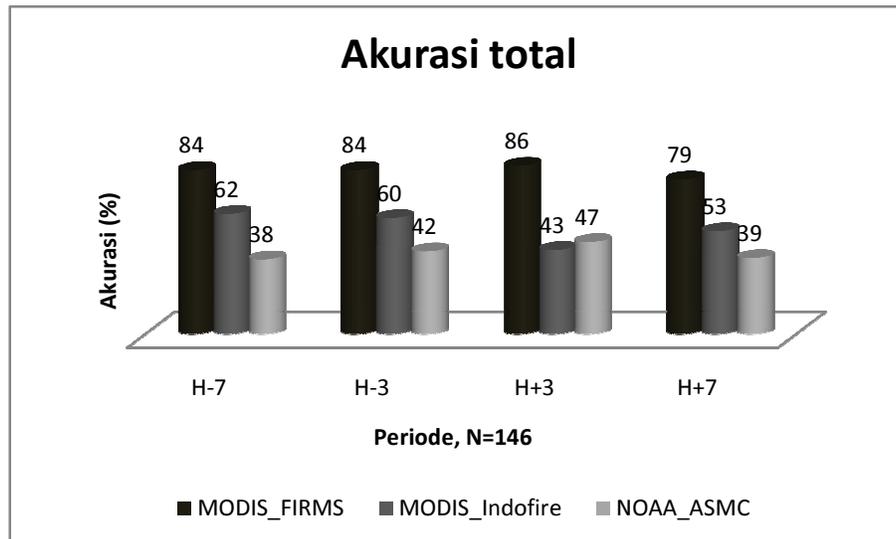
Hasil validasi hotspot menggunakan data Kemenhut menunjukkan hasil bahwa cukup besar kebakaran di lapangan yang tidak terdeteksi oleh hotspot yang ditunjukkan oleh nilai omission error yang tinggi, masing-masing 52.4% dan 48.3% untuk gambut dan total *error* (Gambar 3-1). Tingkat eror ini jauh lebih tinggi ditemukan di lahan gambut daripada total secara keseluruhan (gambut dan non gambut).



Gambar 3-1. Nilai akurasi dan eror hotspot

3.2. Gambut dan Tingkat Kepercayaan Hotspot

Hasil yang diperoleh juga menunjukkan bahwa sumber data MODIS FIRMS dengan berbagai confidence level memberikan tingkat akurasi tertinggi dibandingkan sumber data lainnya (Gambar 3-2). Dengan demikian, tidak tertutup kemungkinan adanya korelasi yang erat dalam pendeteksian kebakaran di wilayah studi dari berbagai level confidential. Menurut Tansey et al. (2008), hotspot dengan tingkat kepercayaan rendah sangat sedikit ditemukan sebagai kebakaran namun dapat meningkatkan hasil estimasi daerah bekas kebakaran.

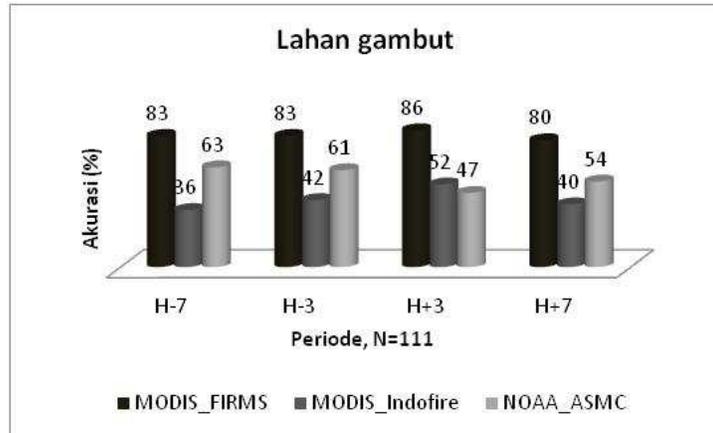


Gambar 3-2. Perbandingan akurasi dari tiga sumber data di lahan gambut dan non gambut

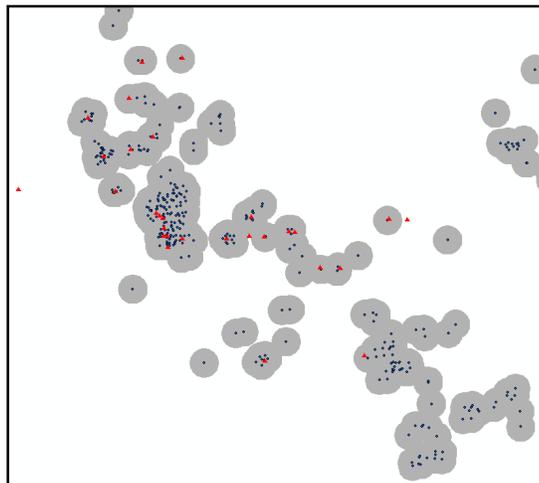
Dari hasil kajian lebih lanjut bila dikaitkan dengan jenis lahannya dapat diketahui bahwa 76% titik kebakaran berada di lahan gambut. Hasil perbandingan nilai akurasi dari 3 sumber data yang ada juga menunjukkan bahwa MODIS FIRMS masih merupakan sumber data terbaik diantara yang lainnya untuk mendeteksi kebakaran di lahan gambut. Dari semua titik di lahan gambut tersebut, hotspot yang terdeteksi 3 hari sesudah kebakaran merupakan indikasi paling baik yang bersumber dari MODIS. Berbeda halnya dengan ASMC, H-3 dan H-7 menunjukkan hasil paling baik (Gambar 3-

3) . Salah satu contoh sebaran hotspot pada tanggal 14 Juni 2012 yang merupakan salah satu kebakaran terbesar (Gambar 3-4).

Kami menduga bahwa MODIS *contextual algorithm* MODIS tidak cukup sensitif mendeteksi jenis kebakaran hutan di Indonesia khususnya di lahan gambut, yang sebagian besar bukan berupa kobaran api besar, sebaliknya justru bersifat kebakaran kecil dalam periode lama terbakar (*smoldering fires*).



Gambar 3-3. Perbandingan akurasi dari 3 sumber data di wilayah gambut



Gambar 3-4. Hotspot 3 hari menjelang dan saat kejadian kebakaran (tanggal 14 Juni 2012)

4. Kesimpulan

Tingkat akurasi yang rendah dengan omission error yang tinggi menjadi temuan penting dalam manajemen kebakaran hutan/lahan di Indonesia. Algoritma khusus yang dibangun khusus untuk tipe kebakaran ini perlu dipertimbangkan khususnya untuk perkembangan teknologi satelit mendatang.

5. Daftar Rujukan

- Ceccato, P. N., Jaya, I. N. S., Qian, J., Tippet, M. K., Robertson, A. W., & Someshwar, S. 2010. *Early Warning and Response to Fires in Kalimantan, Indonesia*.
- Csiszar, I. A. , J.T. Morisette, and L. Giglio. 2006. *Validation of Active Fire Detection From Moderate-Resolution Satellite Sensors: The MODIS Example in Northern Eurasia*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 44, No. 7, July.
- Jones, D. S. 2006. *ASEAN and Transboundary Haze Pollution in Southeast Asia*. Asia Europe Journal, 4(3), 431-446.
- Koe, L. C., Arellano Jr, A. F., & McGregor, J. L. 2001. *Investigating the Haze Transport From 1997 Biomass Burning in Southeast Asia: Its Impact Upon Singapore*. Atmospheric Environment, 35(15), 2723-2734.
- Morisette, J.T. and Y. Kaufman. 2006. *Algorithm Technical Background Document MODIS FIRE PRODUCTS Version 2.3*.
- Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H. D. V., Jaya, A., & Limin, S. 2002. *The Amount of Carbon Released from Peat and Forest Fires in Indonesia During 1997*. Nature, 420(6911), 61-65.
- Pereira, M. C., B. S. Pereira, P. Barbosa, D. Stroppiana, M.J.P. Vasconcelos, and J.-M. Grégoire. 1999. *Satellite Monitoring of Fire in the EXPRESSO Study Area During the 1996 Dry Season Experiment: Active Fires, Burnt Area, and Atmospheric Emissions*. J. Geophys. Res., vol. 104, pp. 30 701–30 712.
- Quah, E. 2002. *Transboundary Pollution in Southeast Asia: the Indonesian Fires*. World Development, 30(3), 429-441.
- Syaufina, L., A. N. Ainuddin and Jamaluddin B. 2001. *Fire Effects on Physical and Chemical Peat Properties in Sungai Karang Forest Reserve, Selangor*. In Symposium Programme and Abstracts of Asian Wetland Symposium 2001. Penang, 27-30 August. Ministry of Science, Technology and Environment Malaysia, Universiti Sains Malaysia, Ramsar Center Japan, Wetland International.
- Tacconi, L., Jotzo, F., & Grafton, R. Q. 2008. *Local Causes, Regional Co-Operation and Global Financing for Environmental Problems: The Case of Southeast Asian Haze Pollution*. International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 8(1), 1-16.
- Tanpipat, V. Honda, K., & Nuchaiya, P. 2009. *MODIS Hotspot Validation Over Thailand*. Remote Sensing, 1(4), 1043-1054.
- Tansey, K., Beston, J., Hoscilo, A., Page, S.E., and Paredes Hernandez, C.U. 2008. *Relationship Between MODIS Fire Hotspot Count and Burned Area in a Degraded Tropical Peat Swamp Forest in Central Kalimantan*. Indonesia Journal of Geophysical Research, Vol. 113, D23112, page: 1-8.
- Varma, A. 2003. *The Economics of Slash and Burn: A Case Study of The 1997–1998 Indonesian Forest Fires*. Ecological Economics, 46(1), 159-171.
- Vayda, A. P. 1999. *Finding Causes of The 1997-98 Indonesian Forest Fires: Problems and Possibilities*. WWF Indonesia.