

MEMAKNAI SEBUAH TITIK PANAS (HOTSPOT): SEBUAH PERTIMBANGAN UNTUK KEBIJAKAN PEMERINTAH

Yenni Vetrita^{*)}, Nanik Suryo Haryani, M. Rokhis Khomarudin,
Hidayat, dan Widya Ningrum

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN
Jl. Lapan No. 70, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710

^{*)}E-mail: yenni.vetrita@gmail.com

ABSTRAK

Titik panas (*hotspot*) saat ini telah menjadi istilah yang umum digunakan untuk menunjukkan indikasi kebakaran hutan/lahan yang kerap terjadi di Indonesia. Penggunaannya yang luas bila tidak diikuti dengan pemahaman yang lebih jelas dikhawatirkan dapat menimbulkan kesalahpahaman. Saat ini keberadaan dan jumlah titik panas telah menjadi bahan pertimbangan dalam kebijakan, baik nasional maupun internasional. Beberapa diantaranya adalah menetapkan jumlah titik panas sebagai indikator keberhasilan program pemerintah. Masyarakat awam pun memahaminya pula sebagai kejadian riil kebakaran di lapangan. Tulisan ini mengulas tentang pemahaman titik panas yang sesungguhnya berdasarkan teori yang terus berkembang dengan penelusuran dari berbagai pustaka. Diharapkan dengan adanya tulisan ini, pemahaman tentang titik panas dapat menjadi lebih baik. Dengan demikian, kesalahan yang muncul dari informasi titik panas, tidak akan disalahartikan mengingat semua pihak telah mengetahui kekurangan maupun kelebihan data ini.

Kata Kunci: Kebakaran Hutan/Lahan, Kebijakan Pemerintah, Penginderaan Jauh, Titik Panas.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan yang terjadi setiap tahun di Indonesia, khususnya pada musim kering, telah membawa dampak serius, baik pada tingkat nasional, regional, maupun internasional. Indonesia sering mendapat kritikan dari negara tetangga akibat asap pembakaran yang merugikan aktivitasnya. Untuk mengantisipasi kondisi tersebut, pemerintah Indonesia rutin melakukan pemantauan titik panas menggunakan data satelit penginderaan jauh, maupun penyediaan sarana/prasarana pada saat kebakaran semakin meluas.

Pemantauan titik panas sudah cukup lama dilakukan menggunakan beberapa jenis data penginderaan jauh, seperti *Along-Track Scanning Radiometer* (ATSR) (ESA, 2011) dan *The National Oceanic and Atmospheric Administration - Advanced Very High Resolution Radiometer* (NOAA-AVHRR) yang dipublikasikan antara lain dalam website *ASEAN Specialised Meteorological Centre* (ASMC) (www.weather.gov.sg/wip/web/). Satelit lain yang lebih banyak digunakan saat ini adalah satelit Aqua/Terra MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) seperti yang dipublikasikan dalam website ASMC, Indofire Map Service-LAPAN (<http://indofire.landgate.wa.gov.au/>), dan NASA/University of Maryland (<http://maps.geog.umd.edu/firms/>). Penelitian titik panas juga telah dikembangkan untuk mendukung kegiatan lain yang terkait, seperti estimasi area bekas kebakaran (Giglio *et al.*, 2009; Roy *et al.*, 2008; Frazer *et al.*, 2000; Siegert *et al.*, 2000), maupun analisis kebakaran yang terkait dengan parameter-parameter meteorologis lainnya (Chen *et al.*, 2007).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh semakin berkembang dan menjadi salah satu alat utama untuk memantau lingkungan, termasuk kebakaran hutan/lahan. Namun kemajuan teknologi harus diimbangi dengan pemahaman yang baik, terutama bila hal ini menyangkut pengambilan kebijakan pemerintah. Kesalahan dalam memahami sebuah teknologi dapat menyebabkan kesalahan fatal dalam pengambilan keputusan. Titik panas saat ini telah digunakan sebagai salah satu indikator keberhasilan program nasional yang menargetkan penurunannya sebesar 20% per tahun. Program ini menjadi tanggung semua pihak terutama yang melibatkan Kementerian Kehutanan, Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Kementerian Pertanian, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan

Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), dan gubernur/walikota (Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2011). Melihat perkembangan tersebut, penulis ingin mengingatkan kembali makna di balik titik panas yang harus dipahami agar tidak terjadi kesalahpahaman mengingat data ini memiliki beberapa keterbatasan-keterbatasan yang harus dipahami oleh semua pihak.

Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan makna titik panas yaitu deteksi titik panas yang diperoleh dari satelit penginderaan jauh dan berbagai sumber referensi. Dalam penelitian ini juga ditunjukkan beberapa contoh kondisi temuan di lapangan yang berasosiasi dengan distribusi titik panas tahun 2011, untuk mendukung analisis makna titik panas.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pustaka/referensi dari berbagai sumber terkait, dengan beberapa data primer yaitu titik panas di Pulau Sumatera tahun 2011 yang didownload dari website Indofire-LAPAN, komposit citra MODIS tahun 2011 yang diperoleh dari LAPAN, dan produk MODIS Burned Area MCD45 tahun 2011 di wilayah Provinsi Riau, NASA. Semua bahan yang tersedia dianalisis secara deskriptif untuk mendapatkan informasi yang komprehensif. Pembahasan dibatasi untuk data MODIS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Algoritma Penentuan Titik Panas Aqua/Terra MODIS

Satelit Terra/Aqua melintasi Indonesia minimal 2 kali sehari. Satelit Terra melintas antara pukul 08.00 – 11.00 WIB. Satelit Aqua melintasi Indonesia sekitar pukul 00.30 - 02.30 WIB dan 12.30 - 14.30 WIB (Indofire Map Service, 2011). Spesifikasi spektral MODIS dapat dilihat pada Tabel 1 (MODIS Website, 2011).

Tabel 1. Spesifikasi spektral Aqua/Terra MODIS

Kanal	Resolusi Spasial (Km)	Bandwidth (μm)	Kanal	Resolusi Spasial (Km)	Bandwidth (μm)
1	0,25	0,620 – 0,670	19	1	0,915 – 0,965
2	0,25	0,841 – 0,876	20	1	3,660 – 3,840
3	0,5	0,459 – 0,479	21-22	1	3,929 – 3,989
4	0,5	0,545 – 0,565	23	1	4,020 – 4,080
5	0,5	1,230 – 1,250	24	1	4,433 – 4,498
6	0,5	1,628 – 1,652	25	1	4,482 – 4,549
7	0,5	2,105 – 2,155	26	1	1,360 – 1,390
8	1	0,405 – 0,420	27	1	6,535 – 6,895
9	1	0,438 – 0,448	28	1	7,175 – 7,475
10	1	0,483 – 0,493	29	1	8,400 – 8,700
11	1	0,526 – 0,536	30	1	9,580 – 9,880
12	1	0,546 – 0,556	31	1	10,780 – 11,280
13	1	0,662 – 0,672	32	1	11,770 – 12,270
14	1	0,673 – 0,683	33	1	13,185 – 13,485
15	1	0,743 – 0,753	34	1	13,485 – 13,785
16	1	0,862 – 0,877	35	1	13,785 – 14,085
17	1	0,890 – 0,920	36	1	14,085 – 14,385
18	1	0,931 – 0,941			

Penentuan titik panas dihitung berdasarkan kanal termal yaitu pada panjang gelombang 4 μm dan 11 μm , yang terdapat pada kanal 21, 22, dan 31 (Tabel 1). Metode penentuan titik panas dibangun oleh Giglio *et al.* (2003), dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Penentuan piksel bukan titik panas, apabila:

$$T_4 < 315^\circ\text{K} \text{ atau } DT_{41} < 5^\circ\text{K} \text{ (untuk siang hari)}$$

$$T_4 < 305^\circ\text{K} \text{ atau } DT_{41} < 3^\circ\text{K} \text{ (untuk malam hari)}$$

b. Piksel yang dideteksi sebagai titik panas, apabila memenuhi 1 dari 5 kombinasi berikut:

$$\{[(T_4 > T_{4b} + 4dT_{4b}) \text{ atau } T_4 > 320^\circ\text{K} (315^\circ\text{K} \text{ pada malam hari})] \text{ dan } [(DT_{41} > DT_{41b} + 4dDT_{41b}) \text{ atau } DT_{41} > 20^\circ\text{K} (10^\circ\text{K} \text{ pada malam hari})]\} \text{ atau } T_4 > 360^\circ\text{K} (330^\circ\text{K} \text{ pada malam hari})\}$$

dimana:

$$\bullet T_4 = \text{suhu kenampakan kanal } 4 \mu\text{m}$$

$$\bullet T_{11} = \text{suhu kenampakan kanal } 11 \mu\text{m}$$

$$\bullet T_{4b} = \text{background temperature kanal } 4 \mu\text{m} (21 \times 21 \text{ piksel})$$

$$\bullet dT_{4b} = \text{standar deviasi suhu kenampakan latar belakang kanal } 4 \mu\text{m.}$$

$$DT_{41} = T_4 - T_{11}$$

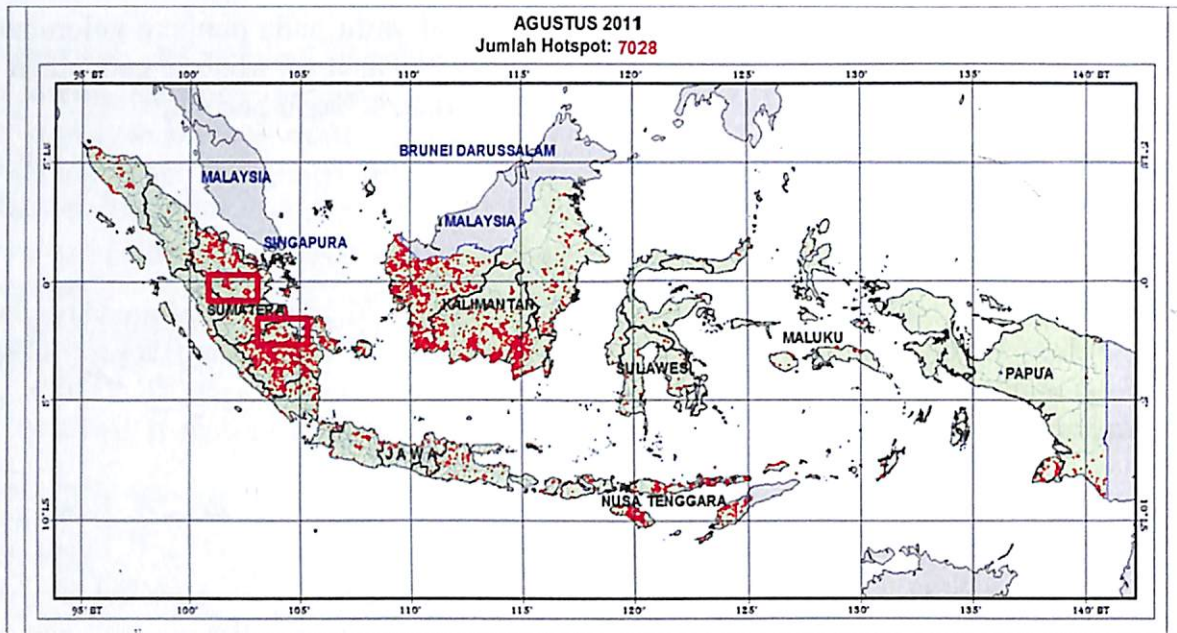
$$DT_{41} = T_4 - T_{11}$$

$$DT_{41b} = T_{4b} - T_{11b}$$

3.2. Titik Panas dan Konteksnya di Lapangan

Kegiatan validasi titik panas di lapangan sudah pernah dilakukan di beberapa negara yang menyebutkan bahwa kegiatan ini tidak mudah dilakukan mengingat tidak adanya algoritma yang konsisten untuk melakukannya (Pereira, 1999). Produk titik panas MODIS sebagai salah satu penghasil data titik panas yang banyak dijadikan acuan juga telah dilakukan validasinya antara lain di Siberia (Csiszar *et al.*, 2006) dan di Brazil (Morissette *et al.*, 2005). Hasil validasi yang mereka lakukan menggunakan data ASTER mendapatkan nilai peluang titik panas yang benar-benar terdeteksi kebakaran adalah sebesar 60% di Siberia, yang hasilnya jauh lebih baik bila dibandingkan di Brazil, yaitu sebesar 45%. LAPAN juga pernah melakukan kegiatan pengecekan lapangan di Provinsi Riau (Khomaruddin *et al.*, 2010). Fakta di lapangan menunjukkan bahwa cukup banyak lokasi titik koordinat yang sulit dijangkau. Medan yang berat, jauh dari permukiman, tidak bisa diakses oleh kendaraan adalah beberapa permasalahan pokok yang ditemui di lapangan. Namun hasil survey yang telah dilakukan menemukan fakta bahwa hampir seluruh titik panas yang menumpuk banyak di suatu lokasi menunjukkan terjadinya kebakaran dengan lebih tepat (Khomaruddin *et al.*, 2010). Sebaliknya kenyataan di lapangan yang kami lakukan juga menunjukkan, kejadian kebakaran dengan luasan sekitar puluhan hektar tidak dapat dideteksi dari titik panas. Hal serupa juga diungkapkan oleh surat kabar Riau (Riau Online, 2011) dalam beritanya yang bertajuk "Kebakaran Lahan di Areal P.T. Tesso Indah Tidak Terpantau *Hotspot*", Jumat, 16 September 2011.

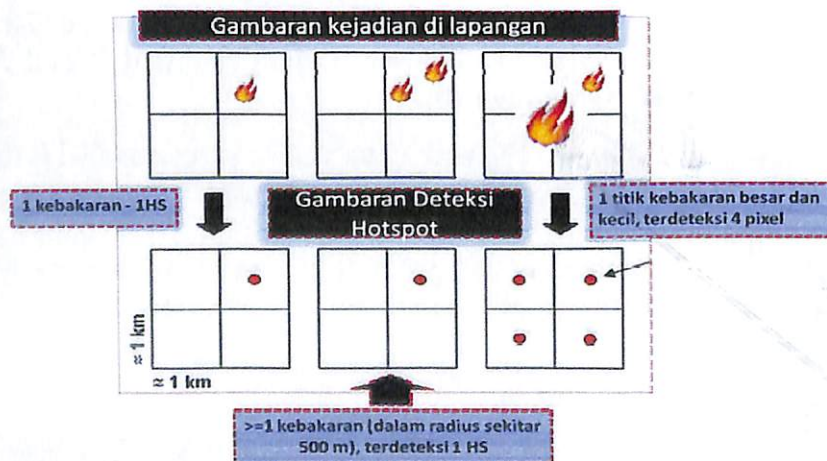
Dari hasil pengolahan data MODIS Burned Area MCD45 tahun 2011 di Provinsi Riau, tidak diperoleh adanya informasi daerah bekas kebakaran di provinsi tersebut sepanjang tahun 2011. Bila diamati, pada Bulan Agustus 2011 sebaran titik panas justru mencapai puncaknya (Gambar 1). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa beberapa produk dapat saja bersifat *under estimate*, misalnya pada produk MODIS Burned Area.



Gambar 1. Sebaran titik panas Bulan Agustus 2011 di Indonesia menggunakan data Terra/Aqua MODIS

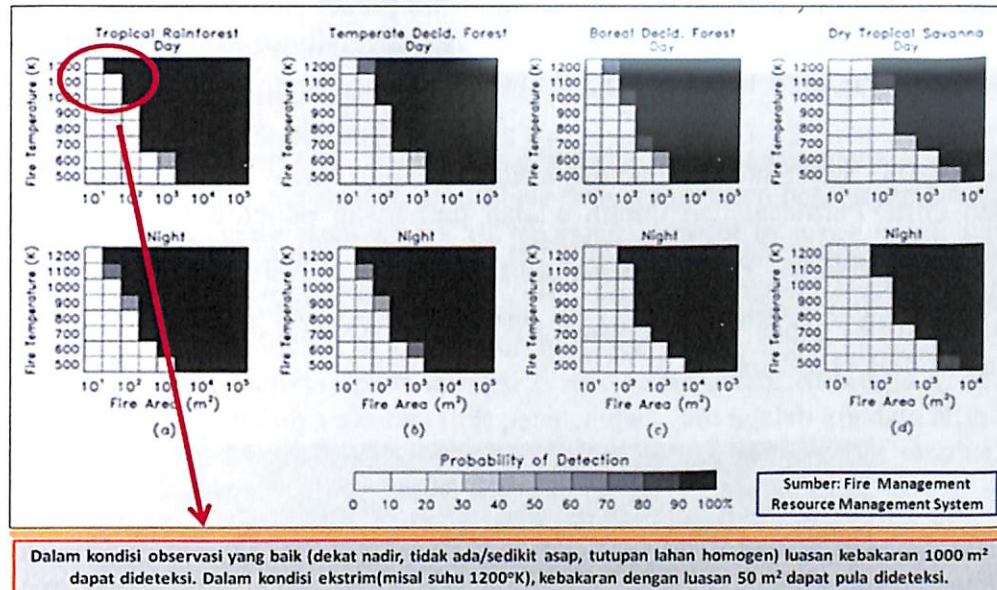
Berdasarkan beberapa fakta tersebut, beberapa alasan ilmiah yang dapat dijelaskan adalah sebagai berikut:

- Gambaran titik panas dan kejadian di lapangan (NASA/University of Maryland, 2011). Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa satu titik kebakaran dengan luasan $\pm 500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$, dapat dideteksi menjadi 1 buah titik panas, dengan posisi lokasinya adalah titik tengah dari piksel pada MODIS. Pada bagian tengah gambar dapat dijelaskan pula bahwa 2 buah titik kebakaran di lapangan dengan ukuran hingga $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$, akan dideteksi sebagai 1 titik panas. Sebaliknya, pada kejadian kebakaran yang sangat besar, meskipun hanya 2 titik kebakaran di lapangan, maka titik panas yang terdeteksi akan menjadi 4 buah titik. Dengan demikian, 1 kejadian kebakaran dapat saja memuat beberapa titik panas. Tidak tertutup pula kemungkinan bahwa 1 kejadian kebakaran akan dideteksi berulang dalam radius $\pm 1 \text{ km}$ dari titik kebakaran. Oleh karena itu, jumlah titik panas tidak selalu bisa menggambarkan berapa jumlah kebakaran yang terjadi di lapangan.



Gambar 2. Gambaran kejadian kebakaran dan titik panas di lapangan

Dalam kondisi observasi yang baik (dekat nadir, tidak ada/sedikit asap, dan tutupan lahan yang relatif homogen), maka pada luasan kebakaran yang kecil sekali pun dapat terdeteksi sebagai titik panas. Dalam kondisi ekstrim, misalnya suhu 1.200°K, kebakaran dengan luasan 50 m² dapat terdeteksi pada jenis hutan tropis (Gambar 3).

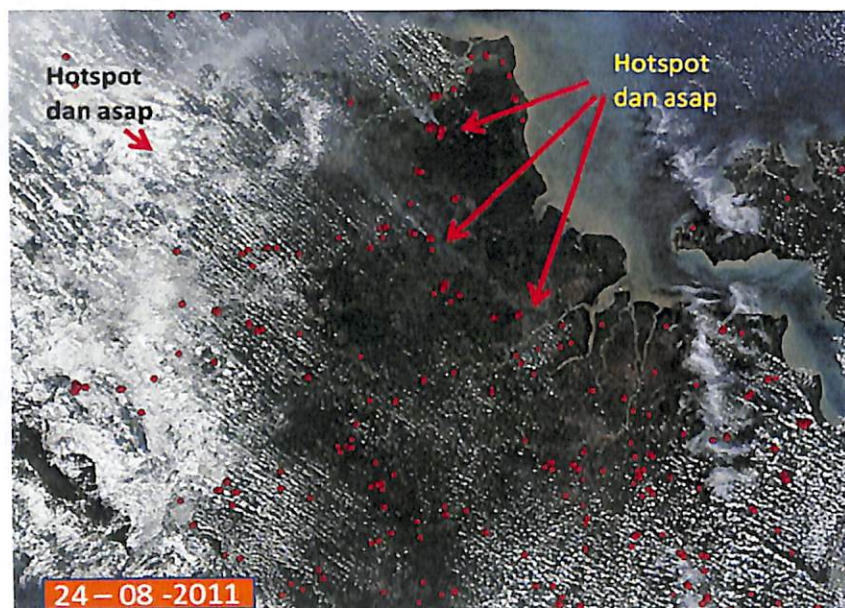


Gambar 3. Peluang pendeteksian titik panas di lapangan

- Kendala pada sensor optis.
Informasi titik panas diperoleh dari satelit dengan sensor optis. Hingga saat ini, awan, asap maupun aerosol, masih menjadikan kendala umum pada sensor optis. Csiszar *et al.*, (2006) menyebutkan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya nilai akurasi validasi titik panas MODIS disebabkan oleh kabut tebal yang tidak bisa dideteksi oleh algoritma MODIS saat ini.
 - Resolusi spasial yang rendah.
Titik panas MODIS diperoleh dari kanal termal yang memiliki resolusi spasial 1 km x 1 km. Oleh karena itu, kebakaran-kebakaran kecil cenderung tidak dapat dideteksi. Giglio *et al.* (2009) mengestimasi minimum ukuran *burned area* dari algoritma yang dibangun ±120 ha, yang berarti lebih dari 1 piksel MODIS 1km.
 - Waktu terbakar dengan lintasan satelit.
Titik panas dapat mendeteksi kebakaran pada ukuran piksel 1 km yang kemungkinan terbakar pada saat satelit melintas pada kondisi relatif bebas awan dengan menggunakan algoritma (Giglio *et al.*, 2003). Oleh karena itu, masih terdapat kemungkinan kebakaran dengan periode singkat tidak dapat dideteksi oleh satelit pada saat melintas.
- Beberapa pemahaman lain yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan data titik panas ini antara lain:
- Umumnya, titik panas adalah kebakaran vegetasi tapi kadangkala juga erupsi gunung api atau semburan api (*flare*) dari sumur gas (NASA/University of Maryland, 2011).
 - Ukuran pasti tiap titik panas/kebakaran tidak dapat ditentukan. Namun yang pasti dapat diyakini bahwa paling tidak ada 1 titik panas yang berada di dalam piksel 1 km tersebut (NASA/University of Maryland, 2011).

- Titik panas mendeteksi kebakaran pada ukuran piksel 1 km yang kemungkinan terbakar pada saat satelit melintas pada kondisi relatif bebas awan dengan menggunakan algoritma (Giglio *et al.*, 2003).
- *Margin of error* untuk lokasi titik panas adalah ± 1 km (Indofire Map Service, 2011).
- Titik panas MODIS mewakili titik pusat dari 1 km piksel yang mengandung ≥ 1 titik api (bukan koordinat dari kebakaran aktual) (NASA/University of Maryland, 2011).

Toha (2008) dalam karya tulisnya menyebutkan beberapa kendala dalam informasi titik panas yang berbasis data NOAA yang justru menjadi kesepakatan kementerian lingkungan hidup se ASEAN. Salah satu di antaranya adalah belum adanya standar pengamatan dan pemrosesan citra. Permasalahan umum adalah perbedaan penentuan nilai ambang batas (*threshold*) suhu antar stasiun pengamatan, misalnya antara kementerian kehutanan, ASMC, dan LAPAN. Sepanjang tahun 2011, ditemukan pula adanya beberapa perbedaan antara jumlah titik panas yang dihasilkan NOAA ASMC dan data titik panas dari Terra/Aqua MODIS Indofire.



Gambar 4. Deteksi titik panas dan asap menggunakan komposit citra MODIS



Gambar 5. Deteksi lahan bekas terbakar dari citra SPOT 4

Bila merujuk semua kondisi tersebut di atas, pada akhirnya kita harus bijak memahami jumlah titik panas bila dijadikan sebagai acuan kebijakan pemerintah. Selain data titik panas, informasi penunjang lain dapat pula digunakan, misalnya memanfaatkan

kemampuan sensor optis untuk mendeteksi asap seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Di samping itu, kemampuan lain yang dapat dimanfaatkan adalah pendeteksian bekas wilayah terbakar menggunakan citra satelit SPOT 4 yang lebih rinci (Gambar 5).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

- Titik panas dideteksi menggunakan kanal termal dari satelit Aqua/Terra MODIS menggunakan algoritma yang dibangun oleh Giglio *et al.* (2003). Kegiatan validasi titik panas menjadi sangat penting dilakukan mengingat setiap titik panas bukan berarti kejadian kebakaran. Satu kejadian kebakaran dapat saja memuat beberapa titik panas. Jumlah titik panas tidak selalu bisa menggambarkan berapa jumlah kebakaran maupun luasan yang pasti terjadi di lapangan. *Margin of error* untuk lokasi titik panas adalah ± 1 km. Umumnya, titik panas adalah kebakaran vegetasi tapi kadangkala juga erupsi gunung api atau semburan api dari sumur gas. Titik panas dapat mendeteksi kebakaran pada ukuran piksel 1 km yang kemungkinan terbakar pada saat satelit melintas pada kondisi relatif bebas awan. Beberapa kendala yang menyebabkan rendahnya akurasi titik panas antara lain adalah kendala akibat sensor optik yang tidak bisa menembus awan, asap maupun aerosol, dan resolusi spasial citra yang rendah.
- Bila titik panas dijadikan sebagai alat kebijakan pemerintah, perlu diperhitungkan akurasi dari nilai titik panas itu sendiri, sehingga tidak akan disalahartikan. Penyebarluasan informasi ini di tingkat masyarakat awam juga perlu diupayakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, Y., Li, J., dan Peng, G. 2007. Forest Fire Risk Assessment Combining Remote Sensing and Meteorological Information. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol. 50, Iss. 5
- Csiszar, I.A., Morisette, J.T., dan Giglio, L. 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.
- European Space Agency (ESA). 2011. ATRS-World Fire Atlas. <http://wfaa-dat.esrin.esa.int/>, diakses tanggal 22 November 2011.
- Frazer, R.H., Li, S., dan Cihlar, J. 2000. Hotspot and NDVI Differencing Synergy (HANDS): A New Technique for Burned Area Mapping over Boreal Forest. *Remote Sensing Environment*, 74:362-376
- Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O., dan Kaufman, Y. 2003. An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment* 87:273-282. doi:10.1016/S0034-4257(03)00184-6
- Giglio, L., Loboda, T., Roy, D.P., Quayle, B., dan Justice, C.O. 2009. An Active-fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor. *Remote Sensing of Environment* 113, 408-420
- Indofire Map Service. 2011. Indofire. <http://www.lapan.go.id/indofire/>. Diakses tanggal 2 Januari 2011.
- Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. 2011. Sebaran Hotspot dan Pengendalian Kebakaran Lahan dan Hutan. Siaran Pers Nomor: 389/PHM-2/2011. **Error! Hyperlink reference not valid.** Diakses tanggal 24 September 2011.
- Khomaruddin, M.R., Suprpto, T., dan Priyatna, M. 2010. Laporan Kegiatan Sosialisasi dan Survey Lapangan Pemantauan Lingkungan untuk Mitigasi Bencana (Verifikasi

- Data Hospot dari Berbagai Macam Metodologi) di Provinsi Riau (Pekanbaru, Bengkalis, Dumai, dan Siak) Tahun 2010. LAPAN.
- Meteorological Singapore Services. 2011. The ASEAN Specialised Meteorological Centre (ASMC), Haze Information. <http://www.weather.gov.sg/wip/web/ASMC>, diakses tanggal 22 Desember 2011.
- MODIS Website. 2011. MODIS Specifications. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>, diakses tanggal 22 Desember 2011.
- Morisette, J.T., Giglio, L., Csiszar, I., Setzer, A., Schroeder, W., Morton, D., dan Justice, C.O. 2005. Validation of MODIS Active Fire Detection Products Derived from Two Algorithms. *Earth Interact.*, vol. 9, p. 13.
- NASA/University of Maryland. 2002. MODIS *Hotspot* / Active Fire Detections. Data Set. MODIS Rapid Response Project, NASA/GSFC [producer], University of Maryland, Fire Information for Resource Management System [distributors]. **Error! Hyperlink reference not valid.**, diakses tanggal 22 Desember 2011.
- NASA/University of Maryland. 2011. MODIS *Hotspot* / Active Fire Detections. Frequently Asked Questions. <http://maps.geog.umd.edu/firms/faq.htm>, diakses tanggal 22 Desember 2011.
- Pereira, M.C., Pereira, B.S., Barbosa, P., Stroppiana, D., Vasconcelos, M.J.P., dan Grégoire, J.-M. 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.
- Riau Online. 2011. Kebakaran Lahan di Areal PT Tesso Indah tidak Terpantau Hotspot. <http://www.riauonline.com/berita/print/kebakaran-lahan-di-areal-pt-tesso-indah-tidak-terpantau-hotspot.html> . Diakses tanggal 22 November 2011.
- Roy, D.P., Boschetti, L., Justice, C.O., dan Ju, J. 2008. The Collection 5 MODIS Burned Area Product – Global Evaluation by Comparison with MODIS Active Fire Product. *Remote Sensing of Environment* 112, 3690–3707.
- Siegert, F. dan Hoffmann, A.A. 2000. The 1998 Forest Fires in East Kalimantan (Indonesia): A Quantitative Evaluation Using High Resolution, Multitemporal ERS-2 SAR Images and NOAA-AVHRR *Hotspot* Data. *REMOTE SENS. ENVIRON.* 72:64–77
- Thoha, A.S. 2008. Penggunaan Data Hotspot untuk Monitoring Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia. Karya Tulis, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.