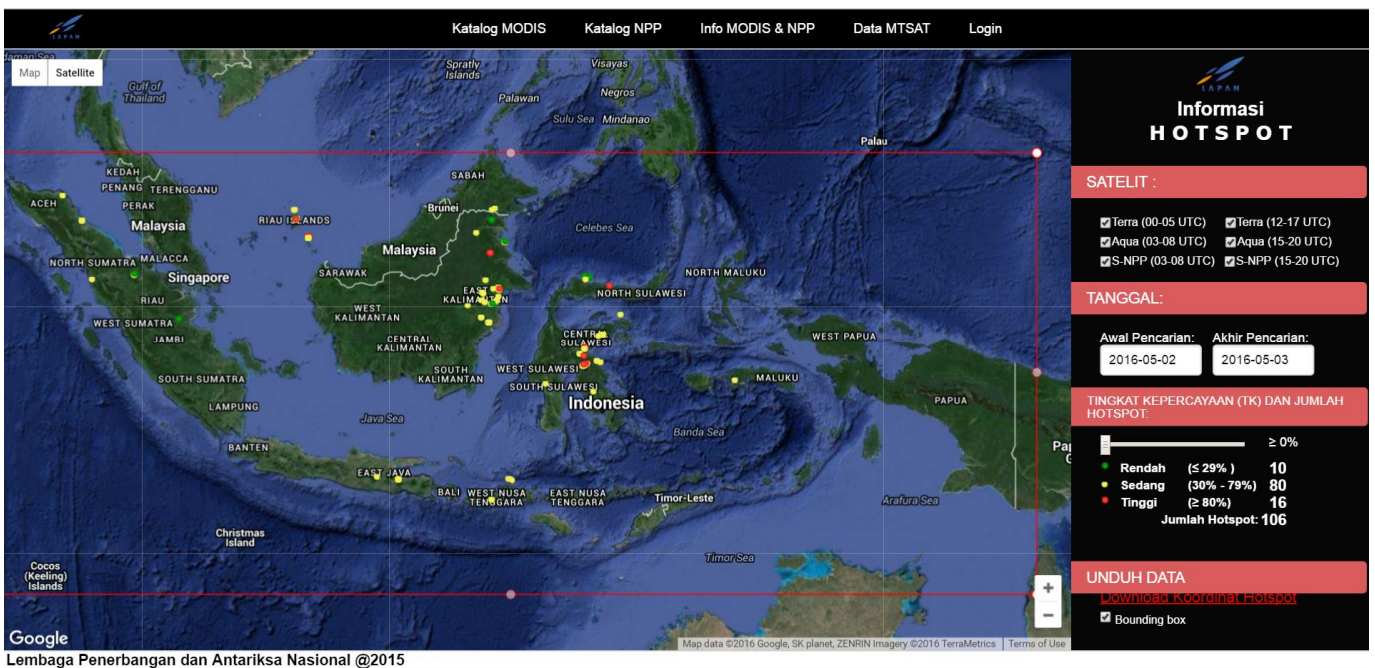


LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL



PANDUAN TEKNIS (V.01)

INFORMASI TITIK PANAS (*HOTSPOT*) KEBAKARAN HUTAN/LAHAN

Disusun oleh:

Deputi Bidang Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional - LAPAN
Indonesia

ISBN 978-602-96352-2-5

Panduan Teknis - V.01

Informasi Titik Panas (*Hotspot*) Kebakaran Hutan/Lahan

Pengarah :

Deputi Bidang Penginderaan Jauh – Dr. Orbita Roswintarti

Penanggung Jawab:

Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – Dr. M. Rokhis Khomarudin

Kepala Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh – Ir. Dedi Irawadi

Kontributor:

Parwati, S.Si, M.Sc

Ayom Widipaminto, S.Si., M.T

Suwarsono, S.Si, M.Sc

Dra. Any Zubaidah, M.Si.

Andi Indrajat, S.Kom, M.Eng

Noriandini Dewi Salyasari, S.Kom

Edisi Pertama:

Mei 2016

ISBN : 978-602-96352-2-5

Dicetak dan diterbitkan oleh :

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Deputi Bidang Penginderaan Jauh – LAPAN

Daftar Isi

Kata Pengantar

1. Sekilas hotspot	1
2. Data satelit yang digunakan	3
3. Pengolahan data hotspot.....	4
4. Selang kepercayaan hotspot	5
5. Ciri hotspot penanda kebakaran.....	6
6. Kesalahan dalam interpretasi hotspot	7

Penutup

Daftar Referensi

Lampiran

Kata Pengantar

Sering kita mendengar atau membaca *running text* suatu berita di televisi yang bunyinya kira-kira begini “Satelit NOAA mendeteksi 178 titik api di Provinsi Riau”. Istilah titik api ini adalah kerancuan yang dapat menyebabkan salah interpretasi dari berita tersebut. Hal ini akan menyebabkan masyarakat bahkan dari kalangan pemerintah pusat maupun daerah, menganggap bahwa titik api adalah jumlah kejadian kebakaran lahan/hutan yang terjadi di suatu wilayah. Padahal yang dimaksud titik api yang dideteksi dari Satelit NOAA adalah titik panas atau *hotspot*.

Hotspot merupakan suatu area yang memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan sekitarnya yang dapat deteksi oleh satelit. Area tersebut direpresentasikan dalam suatu titik yang memiliki koordinat tertentu. Satelit yang dikenal untuk mendeteksi *hotspot*/titik panas adalah Satelit NOAA, Terra/Aqua MODIS, maupun data satelit penginderaan jauh. Secara kualitas memang benar, bahwa jumlah *hotspot*/titik panas yang banyak dan menggerombol menunjukkan adanya kejadian kebakaran lahan/hutan di suatu wilayah. Saat ini, data inilah yang masih paling efektif dalam memantau kebakaran lahan dan hutan untuk wilayah yang luas dan cepat. Teknologi satelit penginderaan jauh saat ini memungkinkan memantau kebakaran lahan dan hutan secara *near real time*.

LAPAN sebagai lembaga yang mengemban amanat Undang-undang No. 21 tahun 2013 dalam penyediaan data dan metode penginderaan jauh wajib memberikan panduan dan penjelasan bagaimana membaca data *hotspot*. Panduan teknis *hotspot* versi 1 ini memaparkan bagaimana informasi *hotspot* dihasilkan dari penerimaan data, pengolahan, hasil informasi, dan arti selang kepercayaan dari informasi *hotspot* tersebut. Kami berharap saran dan masukan dari para pembaca khususnya para praktisi lapangan yang memanfaatkan data *hotspot* untuk monitoring kebakaran hutan/lahan.

Semoga bermanfaat.

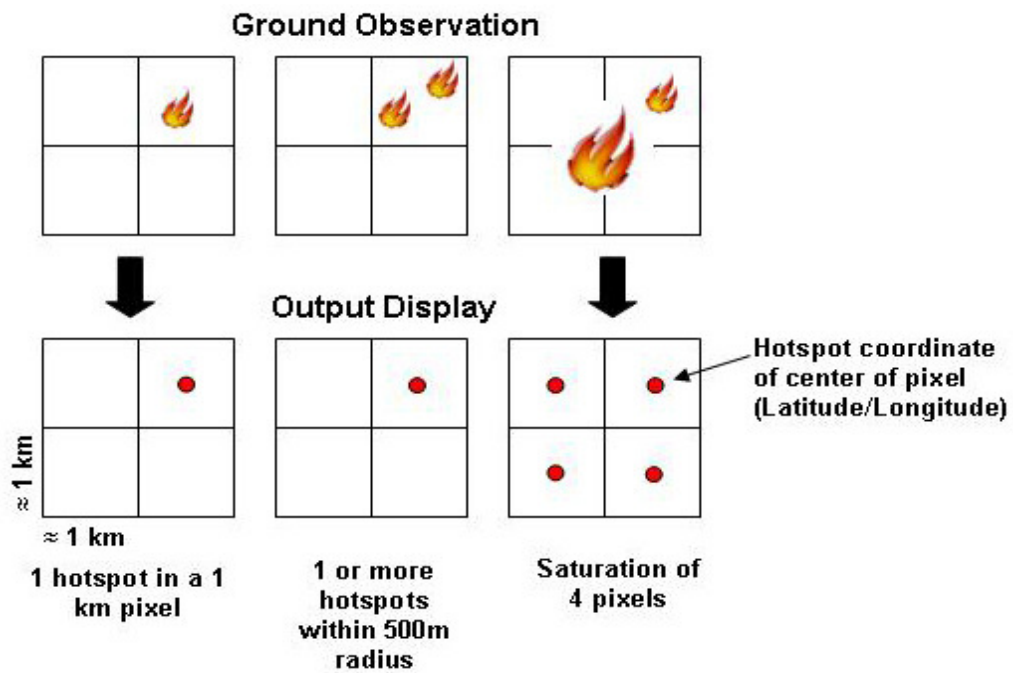
Dr. M. Rokhis Khomarudin
Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – LAPAN

1. Sekilas Tentang Hotspot

Hotspot secara definisi dapat diartikan sebagai daerah yang memiliki suhu permukaan relatif lebih tinggi dibandingkan daerah di sekitarnya berdasarkan ambang batas suhu tertentu yang terpantau oleh satelit penginderaan jauh. Tipologinya adalah titik dan dihitung sebagai jumlah bukan suatu luasan. Hotspot adalah hasil deteksi kebakaran hutan/lahan pada ukuran piksel tertentu (misal 1 km x 1 km) yang kemungkinan terbakar pada saat satelit melintas pada kondisi relatif bebas awan dengan menggunakan algoritma tertentu (Giglio L. *et al.* 2003). Biasanya digunakan sebagai indikator atau kebakaran lahan dan hutan di suatu wilayah, sehingga semakin banyak titik hotspot, semakin banyak pula potensi kejadian kebakaran lahan di suatu wilayah.

Secara lengkap bagaimana satelit penginderaan jauh memantau kebakaran lahan/hutan di suatu wilayah diilustrasikan dalam Gambar 1. Pada Gambar 1 dijelaskan bahwa jika terjadi kebakaran lahan/hutan di suatu lokasi maka bisa di deteksi oleh satelit dalam satu titik hotspot (kiri), dua kejadian kebakaran masih dalam radius 500 m dapat dideteksi hanya satu titik hotspot (tengah), sebaliknya kejadian kebakaran yang sangat besar dapat dideteksi sebagai 4 atau lebih titik hotspot. Ilustrasi ini menggambarkan bahwa titik hotspot tidak sama dengan jumlah kejadian kebakaran lahan dan hutan di lapangan.

Selain itu yang perlu juga diperhatikan terkait hotspot adalah koordinat hotspot. Koordinat lokasi hotspot yang diekstraksi dari data satelit tidak selalu tepat dengan koordinat lokasi di lapangan. Salah satu penyebabnya adalah karena posisi koordinat lokasi hotspot dari data satelit diekstrak pada posisi tengah piksel (*center of pixel*). Oleh karenanya jika ada kejadian kebakaran hutan di lapangan yang berada di lokasi pinggir piksel maka yang koordinat yang akan diekstrak oleh satelit adalah posisi tengah piksel.



Gambar 1. Ilustrasi Kebakaran lahan dengan menggunakan data satelit penginderaan jauh (sumber: Giglio *et al* 2003)

2. Data satelit yang digunakan

Satelit penginderaan jauh yang digunakan untuk deteksi hotspot oleh LAPAN adalah Terra/Aqua-MODIS dan Suomi NPP-VIIRS dengan jadwal data sebagai berikut:

- Siang hari:
 - Terra/MODIS : 00:00 – 05:00 UTC (07:00 – 12:00 WIB)
 - Aqua/MODIS : 03:00 – 08:00 UTC (10:00 – 15:00 WIB)
 - SNPP/VIIRS : 03:00 – 08:00 UTC (10:00 – 15:00 WIB)
- Malam hari:
 - Terra/MODIS : 12:00 – 17:00 UTC (19:00 – 24:00 WIB)
 - Aqua/MODIS : 15:00 – 20:00 UTC (22:00 – 03:00 WIB)
 - SNPP/VIIRS : 15:00 – 20:00 UTC (22:00 – 03:00 WIB)

Berikut adalah keterangan perolehan data hotspot:

- Dalam 1 hari rata-rata 12 lintasan satelit Terra, Aqua dan S-NPP.
- Data hotspot yang digunakan dari satelit Terra/Aqua-MODIS adalah data MODIS *collection 6 (C-6)* sesuai dengan updating algoritma dari produk NASA (Giglio *et al*, 2016)
- Secara otomatis data Terra, Aqua dan S-NPP dikirimkan melalui jaringan VPN dari stasiun bumi Parepare-Pekayon dan Rumpin-Pekayon ke Pusat Pengolahan dan Pengelolaan Data (BDPJN) untuk diolah menghasilkan informasi hotspot.
- Informasi hotspot rata-rata dihasilkan dalam 1,5 jam (1 jam waktu transfer dan 0,5 jam waktu pengolahan).
- Informasi hotspot yang telah dihasilkan dipublikasi melalui <http://modis-catalog.lapan.go.id>
- Informasi hotspot diakses melalui ftp server secara otomatis oleh KLHK dan BMKG. Secara paralel notifikasi email dikirimkan kepada petugas KLHK dan BMKG disertai lampiran informasi hotspot setiap lintasan satelit.

3. Pengolahan data hotspot

Satelit penginderaan jauh memotret informasi permukaan bumi yang di dalamnya ada kebakaran lahan dan hutannya kemudian dikirimkan ke melalui antenna yang ada di stasiun bumi dan kemudian disimpan dalam media penyimpanan data yang baik. Kemudian data diproses secara otomatis dengan menggunakan algoritma tertentu sehingga menghasilkan informasi hotspot. Dalam menganalisis hotspot dari data MODIS ada 7 spektrum gelombang elektromagnetik yang digunakan yaitu spektrum *thermal* 4 μm , 11 μm dan 12 μm , serta reflektansi spektrum 0.65 μm , 0.86 μm dan 2.1 μm yang digunakan untuk meminimalisir gangguan awan, pantulan sinar matahari terhadap lautan (*sun glint*), pesisir, serta pembukaan hutan (Tabel 1).

Tabel 1. Kanal MODIS yang digunakan untuk menganalisis hotspot (Giglio *et al* 2016)

No Kanal	Central Wavelength (μm)	Kegunaan
1	0.65	Meminimalisir kesalahan deteksi akibat pantulan sinar matahari terhadap lautan (<i>sun glint</i>), pesisir, dan awan
2	0.86	Meminimalisir kesalahan deteksi akibat <i>sun glint</i> dan pesisir
7	21	Meminimalisir kesalahan deteksi akibat <i>sun glint</i> dan pesisir
21	4.0	Merupakan kanal yang mempunyai kisaran tinggi untuk deteksi kebakaran
22	4.0	Merupakan kanal yang mempunyai kisaran rendah untuk deteksi kebakaran
31	11.0	Untuk deteksi kebakaran, serta meminimalisir kesalahan deteksi dari awan dan pembukaan hutan (<i>forest clearing</i>),
32	12.0	Untuk meminimalisir kesalahan deteksi akibat awan

Urutan proses deteksi hotspot meliputi pengolahan (1) pemisahan darat dan air, (2) pemisahan awan, (3) identifikasi piksel yang berpotensi terdapat kebakaran, (4) analisis piksel sekitarnya (dimensi 21 piksel x 21 piksel), (5) uji nilai ambang batas (*threshold*), dan (6) uji kesalahan deteksi (*sun glint*, gurun, pesisir, pembukaan hutan) dan (7) analisis tingkat kepercayaan hotspot. Algoritma deteksi hotspot merujuk pada Kaufman *et al* 1998, Justice *et al* 2002, Giglio *et al* 2003, Giglio *et al* 2016.

Algoritma penentuan hotspot dari data MODIS dapat dilihat pada Lampiran.

4. Selang kepercayaan hotspot

Selang kepercayaan atau *confidence level* menunjukkan tingkat kepercayaan bahwa hotspot yang dipantau dari data satelit penginderaan jauh merupakan benar-benar kejadian kebakaran yang sebenarnya di lapangan. Semakin tinggi selang kepercayaan, maka semakin tinggi pula potensi bahwa hotspot tersebut adalah benar-benar kebakaran lahan atau hutan yang terjadi. Giglio (2015) dalam *MODIS Active Fire Product User's Guide* membagi tiga kelas tingkat kepercayaan sebagai berikut:

Tabel 1. Makna selang kepercayaan dalam informasi hotspot

Tingkat kepercayaan (C)	Kelas	Tindakan
$0\% \leq C < 30\%$	Rendah	Perlu diperhatikan
$30\% \leq C < 80\%$	Nominal	Waspada
$80\% \leq C \leq 100\%$	Tinggi	Segera penanggulangan

5. Ciri hotspot penanda kebakaran

Selain informasi selang kepercayaan sebagai penanda adanya kebakaran lahan dan hutan, berikut adalah ciri-ciri hotspot yang benar-benar terjadi kebakaran lahan atau hutan:

1. Hotspot bergerombol, biasanya kebakaran lahan yang cukup besar tidak dideteksi hanya sebagai satu hotspot karena efek panasnya menyebar ke lingkungannya sehingga jika hotspot bergerombol maka dapat dipastikan terjadi kebakaran lahan dan hutan.
2. Hotspot disertai dengan asap. Dalam menganalisa titik api sebagai penanda kebakaran lahan/hutan, maka perlu juga dilihat RGB citra yang bersangkutan sehingga dapat diketahui apakah titik hotspot tersebut terdapat asap atau tidak dalam citra.
3. Titik hotspot terjadi berulang, sehingga dimungkinkan adanya kebakaran di wilayah tersebut.

Jumlah titik hotspot bukanlah jumlah kejadian kebakaran lahan dan hutan yang terjadi, melainkan indikator adanya kebakaran lahan dan hutan.

6. Kesalahan dalam Interpretasi Hotspot

Kesalahan-kesalahan yang sering dianggap benar dalam menginterpretasikan titik panas/hotspot antara lain adalah sebagai berikut:

- Koordinat titik panas/hotspot merupakan lokasi kejadian kebakaran lahan/hutan. Beberapa Pemerintah Daerah yang melaporkan dalam kuisisioner yang dikirimkan oleh LAPAN, bahwa akurasi hotspot untuk kebakaran lahan/hutan hanya berkisar 30-50%. Setelah dilakukan klarifikasi, apakah dilihat dalam radius 1 s.d 2 km, ternyata orang tersebut tidak melakukannya. Hasil penelitian LAPAN (Vetrita, et. al. (2012) dan Zubaidah, et. al. (2014)) menunjukkan bahwa error horizontal hotspot adalah sekitar 1 s.d 2 km dari koordinat ditunjukkan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa resolusi spasial (ukuran piksel dari citra) baik NOAA maupun Terra/Aqua MODIS adalah 1 km x 1 km di bagian tengah citra yang dihasilkan. Untuk di wilayah pinggir, resolusi spasialnya bisa 2 km x 2 km, sehingga kesalahan lokasi bisa mencapai maksimal 2 km. Koordinat titik panas/hotspot adalah titik tengah dari piksel citra satelit NOAA atau Terra/Aqua MODIS. Sumber kebakaran yang diidentifikasi sebagai hotspot dapat berada di area piksel satelit tersebut.
- Jumlah hotspot merupakan jumlah kebakaran lahan/hutan yang terjadi di lapangan. Jumlah hotspot bukan merupakan jumlah kejadian kebakaran lahan/hutan di lapangan. Dua kejadian kebakaran yang masih dalam radius 500 m dapat dideteksi hanya satu hotspot,
- dan sebaliknya kejadian kebakaran lahan/hutan yang sangat besar dapat dideteksi lebih dari 2 hotspot (Gambar 2). Bahkan satu kebakaran kecil namun panasnya sangat tinggi dapat menghasilkan lebih dari 2 hotspot. Gambar 2 merupakan contoh kebakaran di kilang minyak Cilacap dideteksi ada sekitar lebih dari 6 hotspot.
- Jumlah hotspot dapat dikonversi menjadi luas kebakaran. Merujuk pada kesalahan point 2 maka, hotspot tidak dapat dikonversi menjadi luas kebakaran lahan/hutan. Jika hal ini dipaksakan maka kesalahan yang terjadi sangat besar. Sebaiknya untuk menghitung luas kebakaran lahan/hutan digunakan data satelit dengan resolusi lebih tinggi seperti Landsat atau SPOT.



Gambar 2. Hotspot yang terdeteksi pada saat kilang minyak di Cilacap terbakar (2 April 2011)

- Satelit Terra/Aqua lebih baik dari NOAA. Ini yang diperdebatkan dalam masyarakat yang memantau hotspot. Padahal jika semua satelit digunakan, maka kita akan mendapatkan informasi hotspot yang lebih baik. Satelit memotret permukaan bumi tergantung dari kapan melintas di wilayah yang di potret, pada saat pemotretan tersebutlah hotspot akan terpantau jika terjadi kebakaran. Jika ada kebakaran lahan/hutan pada saat satelit tidak melintas, maka hotspot tidak akan terpantau dari satelit. Hal ini menyebabkan bahwa penggunaan kedua satelit baik Terra/Aqua dan NOAA akan memperbanyak jumlah lintasan satelit sehingga hotspot akan terpantau lebih baik.

Penutup

Pemahaman hotspot adalah hanyalah indikator adanya kebakaran lahan dan hutan akan menyebabkan pengguna data hotspot lebih mengerti dan tidak menyalahkan bahwa hotspot memiliki akurasi yang rendah dalam pemantauan kebakaran lahan dan hutan. Hotspot sangat direkomendasikan untuk kegiatan deteksi dini adanya kebakaran lahan dan hutan karena merupakan indikator adanya kebakaran lahan/hutan di suatu wilayah. Saat ini, satu-satu alat yang paling efektif dalam mendeteksi kebakaran lahan dan hutan dalam wilayah luas adalah menggunakan satelit penginderaan jauh. Peralatan lebih lanjut yang dapat digunakan dalam rangka penanggulangan kebakaran lahan dan hutan adalah menggunakan pesawat tanpa awak jika ada indikasi-indikasi hotspot yang mulai banyak dengan selang kepercayaan yang tinggi.

Daftar Referensi

- Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O., & Kaufman, Y. J. (2003). An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87, 273-282.
- Giglio, L., Schroeder, W., Justice, C.O. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*, 178, 31-41.
- Giglio, L. (2015). MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision A. Department of Geographical Sciences. University of Maryland.
- Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Vermote, E.F., Masuoka, E., Wolfe, R.E., Saleous, N., Morisette, J. (2002). An overview of MODIS land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, 83, 3-15.
- Kaufman, Y. J., Justice, C. O., Flynn, L. P., Kendall, J.D., Prins, E.M., Giglio, L., Setzer, A.W. (1998). Potential global fire monitoring from EOS-MODIS. *Journal of Geophysical Research*, 103, 32215-32238.
- Vetrita, Y, Haryani, N. S. (2012). Validasi Hotspot MODIS INDOFIRE di Provinsi Riau. *Jurnal Ilmiah Geomatika* Vo. 18. BIG.
- Zubaidah, A., Vetrita, Y., Khomarudin, M.R. (2014). Validasi Hotspot MODIS di Wilayah Sumatera dan Kalimantan Berdasarkan Data Penginderaan Jauh SPOT-4 Tahun 2012. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. Vol 11. LAPAN

Lampiran

Deskripsi umum algoritma penentuan hotspot dari data MODIS dapat dijelaskan sebagai berikut:

Parameter utama untuk deteksi hotspot berupa suhu kecerahan di atas atmosfer dari panjang gelombang 4 μm dan 11 μm , disimbolkan berturut-turut dengan T_4 dan T_{11} . Sebagaimana diketahui bahwa MODIS memiliki dua spektrum 4 μm , yaitu kanal 21 dan 22. Keduanya dipergunakan untuk pendeteksian hotspot. Kanal 21 jenuh pada titik sekitar 500 K, sedangkan kanal 22 jenuh pada sekitar 331 K. Oleh karena kanal 22 memiliki saturasi yang rendah, maka kanal ini rendah bising (noise) dan memiliki kesalahan kuantisasi yang lebih rendah. Oleh sebab itu, sebisa mungkin, T_4 yang dipergunakan berasal dari kanal ini. Namun apabila kanal ini mengalami saturasi atau hilang datanya, baru diganti dengan kanal 21.

T_{11} diolah dari spektrum 11 μm (kanal 31). Kanal ini memiliki saturasi sekitar 400 K (untuk Terra MODIS) dan 340 K (untuk Aqua MODIS). Spektrum 12 μm (kanal 32) dipergunakan untuk pemisahan awan. Suhu kecerahan untuk kanal ini dilambangkan dengan T_{12} .

Kanal-kanal merah dan inframerah resolusi 250 m, diagregat menjadi 1 km, dipergunakan untuk meniadakan hotspot semu dan masking awan. Reflektansi kanal-kanal ini berturut-turut dilambangkan dengan $\rho_{0.65}$ dan $\rho_{0.86}$. Kanal 2,1 μm , juga diagregat menjadi 1 km, dipergunakan untuk meniadakan hotspot semu akibat pengaruh tubuh perairan. Reflektansi dari kanal ini dilambangkan dengan $\rho_{2.1}$.

Langkah pengolahan untuk deteksi hotspot adalah:

1. Pemisahan awan dan air

- Siang hari: suatu piksel dianggap sebagai awan jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$(\rho_{0.65} + \rho_{0.86} > 0.9) \text{ atau}$$

$$(T_{12} < 265 \text{ K}) \text{ atau}$$

$$(\rho_{0.65} + \rho_{0.86} > 0.7 \text{ dan } T_{12} < 285 \text{ K})$$

- Malam hari: suatu piksel dianggap sebagai awan jika memiliki nilai $T_{12} < 265 \text{ K}$.

2. Komponen algoritma pendeteksian

- Identifikasi piksel potensial api (*Identification of potential fire pixel*)
 - Siang hari : suatu piksel diidentifikasi sebagai piksel potensial api jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:
($T_4 > 310 \text{ K}$, $\Delta T > 10 \text{ K}$ dan $\rho_{0.86} > 0.3$)
dimana $\Delta T = T_4 - T_{11}$
 - Untuk data malam hari, memiliki persyaratan yang sama dengan data siang, hanya untuk nilai ambang T_4 berkurang menjadi 305 K.

- Selanjutnya, terdapat dua jalur logis dimana piksel-piksel api dapat diidentifikasi. Pertama terdiri dari tes ambang mutlak sederhana. Ambang batas ini harus diatur cukup tinggi sehingga ini hanya dipicu oleh piksel api yang sangat tidak ambigu, yaitu itu memiliki kesempatan yang sedikit untuk menjadi kebakaran semu.
- Karakterisasi latar belakang (Background characterization)
 - Nilai rata-rata dan standar deviasi suhu kecerahan diambil dari setiap luasan 21 x 21 piksel. Nilai ini akan menjadi dasar deteksi hotspot di wilayah sekitarnya.
- Uji ambang batas absolut (*Absolute threshold test*)
 - Suatu piksel diidentifikasi sebagai hotspot apabila:
 1. $T_4 > 360$ K (pada siang hari), atau 320 K (malam hari)
 - Selanjutnya dilakukan uji dengan menggunakan nilai pixel di sekitarnya (21 x 21 piksel) , yaitu:
 2. Selisih suhu kecerahan T_4 dan T_{11} (ΔT) lebih besar dari rata-rata dari ΔT ditambah dengan 3.5 kali standar deviasi dari ΔT .
 3. Selisih suhu kecerahan T_4 dan T_{11} (ΔT) lebih besar dari rata-rata dari ΔT ditambah dengan 6 K
 4. Suhu kecerahan T_4 lebih besat dari nilai rata-rata ΔT disekitarnya ditambah 3 kali standar deviasi T_4
 5. Suhu kecerahan T_{11} lebih besar dari rata-rata T_{11} ditambah standar deviasi T_{11} dikurangi 4 K
 6. Standar deviasi T_4 lebih besar dari 5 K
 - Pada siang hari, suatu piksel disebut hotspot apabila uji 1 terpenuhi atau uji 2 hingga 4 terpenuhi dan apabila uji 5 atau uji 6 terpenuhi. Jika tidak maka diklasifikasikan sebagai bukan hotspot.
 - Malam hari, suatu piksel disebut hotspot apabila uji 1 terpenuhi atau uji 2 hingga 4 terpenuhi. Jika tidak maka diklasifikasikan sebagai bukan hotspot