

DETEKSI TITIK API (FIRE SPOT) KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN MENGUNAKAN CITRA LANDSAT-8 TIRS

FIRE SPOT DETECTION USING LANDSAT-8 TIRS

Suwarsono, Yenni Vetrita, Parwati, Any Zubaidah, M.Rokhis Khomarudin
Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Pos-el: suwarsono@lapan.go.id

ABSTRACT

Monitoring of hot spots currently dominated by the use of low spatial resolution image data because he prefers high-frequency recording. Despite having a low temporal data with higher spatial resolution can also be used for observation of the phenomenon as far as having a thermal channel. This study attempts to utilize Landsat image data-8 TIRS (Thermal Infra Red Sensor) for detecting firespots of forest and land fire events. The research took place in several areas in Sumatra and Kalimantan. The research methodology was developed through several stages of research, namely: selecting the image recording date, impairment reflectance and making composite image color Red Green Blue, extracting the brightness temperature values (brightness temperature) channel 10, extracting the NDVI values, and analysis of the value of the object brightness temperature of the flame land and forest fires. The results showed that the location of firespots of forest and land fires detected by the brightness temperature values channel 10 TIRS and spatial patterns. Firespots were observed from the data TIRS channel 10 has a brightness temperature relatively higher than surrounding areas (unburned). The study concluded that the data TIRS channel 10 from Landsat-8 can be used to detect firespots of forest and land fire events. The firespots data can be used to validate the product hotspot of such low spatial resolution data from AVHRR, MODIS, ATSR, or VIIRS.

Keywords: Firespots, forest/land fire, Landsat-8 TIRS

ABSTRAK

Pemantauan titik panas (*hotspot*) pada saat ini didominasi oleh penggunaan data citra resolusi spasial rendah karena lebih mengutamakan frekuensi perekaman yang tinggi. Meskipun memiliki temporasi yang rendah, data dengan resolusi spasial lebih tinggi juga dapat dimanfaatkan untuk observasi fenomena tersebut sejauh memiliki kanal termal. Penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan data citra Landsat-8 TIRS (*Thermal Infra Red Sensor*) untuk deteksi titik api dari peristiwa kebakaran hutan dan lahan. Penelitian mengambil lokasi di beberapa daerah di Sumatera dan Kalimantan. Metodologi penelitian dikembangkan melalui beberapa tahapan riset, yaitu: pemilihan tanggal perekaman citra, penurunan nilai reflektansi dan pembuatan citra komposit warna *Red Green Blue*, penurunan nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*) kanal 10, penurunan nilai NDVI, dan analisis nilai suhu kecerahan obyek api dari kebakaran hutan dan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi titik api dari kebakaran hutan dan lahan terdeteksi berdasarkan nilai suhu kecerahan kanal 10 TIRS dan pola spasialnya. Titik api yang terpantau dari data TIRS kanal 10 memiliki suhu kecerahan yang relatif lebih tinggi dari daerah sekitarnya (yang tidak terbakar). Penelitian ini menyimpulkan bahwa data TIRS kanal 10 dari Landsat-8 dapat dipergunakan untuk mendeteksi titik api dari peristiwa kebakaran hutan dan lahan. Data titik panas dapat dipergunakan untuk memvalidasi produk *hotspot* dari data resolusi spasial rendah seperti dari AVHRR, MODIS, ATSR, maupun VIIRS.

Kata kunci: Titik api, kebakaran hutan/lahan, Landsat-8 TIRS.

PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan merupakan suatu proses ekosistem yang penting dan berdampak secara signifikan terhadap sistem terestrial, akuatik, dan atmosferik di seluruh penjuru dunia. Lebih lanjut, pada beberapa dekade terakhir in, kebakaran hutan dan lahan telah menarik perhatian dikarenakan pengaruhnya yang melebar ke aspek-aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan nilai-nilai politik.¹ Betapa seriusnya dampak-

dampak yang ditimbulkan akibat peristiwa kebakaran ini, maka upaya pemantauan menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Di Indonesia, pemanfaatan teknologi satelit penginderaan jauh oleh LAPAN untuk pemantauan kebakaran hutan dan lahan telah memberikan andil yang nyata terutama sejak pertengahan tahun 90-an seiring dengan terjadinya bencana kebakaran hutan dan lahan paling parah dalam sejarah yang pernah terjadi di Indonesia pada musim kemarau tahun 1997.²

Sampai pada saat ini, data satelit yang dipergunakan oleh LAPAN untuk pemantauan kebakaran hutan dan lahan, khususnya *hotspot*, yaitu NOAA-AVHRR, MODIS, dan VIIRS.

Pemantauan titik panas (*hotspot*) pada saat ini memang didominasi oleh penggunaan data citra resolusi spasial rendah karena lebih mengutamakan frekuensi perekaman yang tinggi, seperti AVHRR,^{3,4,5,6,7,8} MODIS,^{2,8,9,10} dan ATSR.¹¹ Meskipun memiliki temporasi yang rendah, data dengan resolusi spasial lebih tinggi juga dapat dimanfaatkan untuk observasi fenomena tersebut sejauh memiliki kanal termal.

Seiring dengan sudah beroperasinya satelit Landsat-8, satelit resolusi menengah, pada tahun 2013 dan datanya sudah mulai dipergunakan secara meluas, maka menjadi tantangan tersendiri untuk melakukan kajian deteksi titik kebakaran dari data perekaman sensor termal (TIRS) yang dibawa oleh satelit tersebut. Penelitian ini dilakukan sebagai tahapan awal untuk memahami respon spektral kanal-kanal Landsat-8, khususnya TIRS yang merekam obyek titik api di permukaan bumi yang merupakan wujud adanya kebakaran hutan dan lahan. Belum ada penelitian yang mencoba mengkaji pemanfaatan jenis data untuk deteksi titik api tersebut. Dengan demikian, penelitian dalam konteks deteksi titik api kebakaran hutan dan lahan dari data Landsat-8 TIRS ini menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Landsat-8, yang sebelumnya dikenal sebagai *Landsat Continuity Mission* (LDCM), merupakan misi bersama NASA dan USGS, diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013. Satelit ini membawa dua instrument yang dioperasikan secara bersamaan, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Satelit Landsat-8 adalah penerus Landsat sebelumnya yang bertujuan untuk menyediakan data secara kontinyu ke depannya yang cukup konsisten dari data Landsat sebelumnya sehingga memungkinkan deteksi dan karakterisasi secara kuantitatif perubahan permukaan bumi dan memungkinkan untuk penelitian perubahan penutup dan penggunaan lahan lebih dari periode sepuluh tahunan.¹²

Menurut Irons *et al.*¹³, satelit ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan generasi sebelumnya, dan dirancang untuk menyempurnakan sensor pada satelit Landsat-7 ETM+. Sensor OLI merekam data pada sembilan kanal spektral dengan resolusi 30 meter (15 meter untuk kanal pankromatik), lebar sapuan 185 km yang direkam pada ketinggian 705 km. Lebar dari beberapa kanal OLI disempurnakan untuk

menghindari fitur penyerapan atmosfer dalam *band* ETM+. Perubahan terbesar terjadi pada OLI *Band* 5 (0,845-0,885 μm) untuk meniadakan fitur penyerapan uap air pada 0,825 μm di tengah ETM+ kanal inframerah dekat (kanal 4; 0,775-0,900 μm). Pada kanal pankromatik OLI (*band* 8), juga relatif sempit dibandingkan kanal pankromatik ETM+, untuk menciptakan kontras yang lebih besar antara daerah bervegetasi dan permukaan tanpa vegetasi pada citra pankromatik. Selain itu, dua kanal baru ditentukan pada OLI, yaitu kanal biru (*Band* 1; 0,433-0,453 μm) terutama untuk observasi warna air laut (*ocean color*) di wilayah pesisir dan *band* inframerah gelombang pendek (*Band* 9; 1,360-1,390 μm) yang jatuh di atas fitur penyerapan uap air yang kuat dan akan memungkinkan deteksi awan cirrus pada citra OLI. Dimana, awan cirrus akan tampak terang sementara sebagian besar permukaan tanah akan tampak gelap melalui atmosfer bebas awan yang mengandung uap air).¹³ Tabel 1 menunjukkan karakteristik spektral sensor OLI.

Tabel 1. Karakteristik Spektral Kanal OLI¹³

Bands	Bandwidth (μm)	GSD (m)
1	0,433 – 0,453	30
2	0,450 – 0,515	30
3	0,525 – 0,600	30
4	0,630 – 0,680	30
5	0,845 – 0,885	30
6	1,560 – 1,660	30
7	2,100 – 2,300	30
8	0,500 – 0,680	15
9	1,360 – 1,390	30

Menurut Irons *et al.*¹³, sensor TIRS merekam data pada dua kanal spektral inframerah termal dengan resolusi 100 meter, lebar sapuan 185 km yang direkam pada ketinggian 705 km. Kedua band yang dipilih tersebut untuk mengaktifkan koreksi atmosfer data termal menggunakan algoritma *split-window*¹⁴ dan merepresentasikan keunggulan atas data termal band tunggal yang direkam oleh satelit Landsat sebelumnya. Batas *noise* TIRS ditentukan dalam hal *noise-equivalent-change-in-temperature* (NEAT) daripada rasio *signal-to-noise* yang digunakan pada OLI. Ketidakpastian kalibrasi radiometrik ditentukan untuk menjadi kurang dari 2% dalam hal mutlak, pada *aperture* spektral cahaya untuk target antara 260 K dan 330 K (kurang dari 4% untuk target antara 240 K dan 260 K dan target antara 330 K dan 360 K).¹³ Tabel 2 menunjukkan karakteristik Spektral sensor TIRS sedang Tabel 3 menunjukkan Saturasi radiansi

TIRS dan spesifikasi *Noise-Equivalent-Change-in-Temperature* (NEAT).

Data yang direkam oleh sensor pada satelit Landsat-8 memiliki kemampuan dan peluang dalam aplikasi; 1) kalibrasi dan karakterisasi radiometrik, 2) reflektansi permukaan, 3) albedo permukaan, 4) temperatur permukaan, evapotranspirasi, dan kekeringan, 5) pertanian, 6) penutup lahan (kondisi, gangguan dan perubahannya), 7) perairan air tawar dan pantai, serta 8) es dan salju (Roy, et al., 2014).¹⁵

Tabel 2. Karakteristik Spektral Sensor TIRS¹³

Band	Center wavelength (μm)	Minimum lower band edge (μm)	Maximum upper band edge (μm)	Spatial resolution (m)
10	10,9	10,6	11,2	100
11	12,0	11,5	12,5	100

Tabel 3. Saturasi radiansi TIRS dan spesifikasi *Noise-Equivalent-Change-in-Temperature* (NEAT)¹³

Band	Saturasi suhu (K)	Saturasi Radiasi (W/m ² sr μm)	NEAT pada 240 K	NEAT pada 300 K	NEAT pada 360 K
10	360	20,5	0,80 K	0,4 K	0,27 K
11	360	17,8	0,71 K	0,4 K	0,29 K

Monitoring Titik Panas (*Hotspot*) dari Data Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh yang sudah sangat populer dipergunakan untuk monitoring *hotspot* salahsatunya adalah MODIS. Algoritma penentuan *hotspot* dari MODIS menggunakan panjang gelombang 4 μm (T_4) dan 11 μm (T_{11}) seperti yang dikembangkan oleh Justice et al.¹⁶ Teknik yang dipergunakan untuk deteksi *hotspot* dari data MODIS tersebut adalah didasarkan pada deteksi absolut dari api. Jika api cukup kuat dan deteksi relatif emisi termal piksel-piksel di sekitarnya untuk mendeteksi kebakaran yang lebih lemah. Metode ini memperhitungkan variabilitas suhu permukaan dan refleksi dari sinar matahari. Metode (algoritma deteksi *hotspot*) yang dikembangkan oleh Justice et al.¹⁶ adalah diuraikan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

Langkah pertama, untuk menghindari deteksi semu, seluruh piksel untuk $T_4 < 315$ K (305 K pada malam hari) atau $T_4 - T_{11} < 10$ K (3 K pada malam hari) atau $\rho_2 > 0,3$ (hanya untuk siang hari) dihilangkan terlebih dahulu dari kemungkinannya sebagai piksel kebakaran.

Langkah kedua, untuk deteksi api absolut, algoritma mensyaratkan bahwa paling tidak satu dari dua kondisi di bawah ini dipenuhi, yaitu:

- $T_4 > 360$ K (330 K pada malam hari)
- $T_4 > 330$ K (315 K pada malam hari) dan $T_4 - T_{11} > 25$ K (10 K pada malam hari).

Jika salah satu kriteria mutlak di atas tidak terpenuhi, maka untuk penentuan piksel *hotspot* dibedakan dari nilai rerata piksel-piksel di sekitarnya yang menjadi latar belakang (*background*) oleh standar deviasi pada T_4 dan $T_4 - T_{11}$, yaitu sebagai berikut :

- $T_4 > \text{mean}(T_4) + 3\text{stddev}(T_4)$ dan
- $T_4 - T_{11} > \text{median}(T_4 - T_{11}) + 3\text{stddev}(T_4 - T_{11})$

Mean, median, dan standar deviasi (dilanbangkan dengan “mean”, “median”, dan “stddev”) dihitung untuk piksel pada suatu grid yang diperluas yang berpusat pada piksel kandidat api sampai suatu jumlah yang cukup untuk awan, air, dan piksel bebas api yang diidentifikasi. Jumlah yang cukup didefinisikan sebagai 25% dari seluruh piksel *background*, dengan minimum enam. Piksel air diidentifikasi dengan data eksternal masking air, dan piksel awan diidentifikasi dari produk MODIS *cloud mask* (MOD35). Piksel *background* bebas api diidentifikasi sebagai piksel yang $T_4 < 325$ K (315 K pada malam hari) dan $T_4 - T_{11} < 20$ K (10 K pada malam hari). Jika salahsatu standar deviasi di bawah 2 K, dipergunakan nilai dari 2 K sebagai pengganti. Piksel *background window* dibiarkan hingga mencapai ukuran 21 x 21 piksel. Jika batas ini tercapai dan kriteria sebelumnya mengenai jumlah minimum yang valid untuk piksel latar belakang tidak terpenuhi, maka tes deteksi relatif tidak dapat digunakan. Jika tes absolut tidak mengindikasikan bahwa suatu *active fire* tidak dijumpai dalam situasi ini, *algoritma flags* hasil deteksi tidak diketahui.

Kombinasi seluruh tes ke dalam satu ekspresi algoritma, suatu piksel diklasifikasikan sebagai piksel api (pada siang hari), jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$\{T_4 > \text{mean}(T_4) + 3\text{stddev}(T_4) \text{ atau } T_4 > 330\text{K}\} \text{ dan } \{T_4 - T_{11} > \text{median}(T_4 - T_{11}) + 3\text{stddev}(T_4 - T_{11}) \text{ atau } T_4 - T_{11} > 25\text{K}\} \text{ Atau } T_4 > 360\text{K}$$

Sedangkan untuk malam hari, algoritma berubah menjadi:

$$\{T_4 > \text{mean}(T_4) + 3\text{stddev}(T_4) \text{ atau } T_4 > 315\text{K}\} \text{ dan } \{T_4 - T_{11} > \text{median}(T_4 - T_{11}) + 3\text{stddev}(T_4 - T_{11}) \text{ atau } T_4 - T_{11} > 10\text{K}\} \text{ atau } T_4 > 330\text{K}$$

Untuk pengamatan siang hari, ketika *sun glint* akan menyebabkan deteksi semu, suatu piksel api dikeluarkan jika nilai MODIS 250 meter kanal

merah dan inframerah dekat memiliki reflektansi di atas 30% dan terletak dalam posisi *specular reflection* dalam 40° .

Mencermati algoritma metode penentuan titik *hotspot* dari data MODIS dan karakteristik spektral dari data Landsat-8, maka untuk metode deteksi titik api menggunakan citra Landsat-8 yang paling memungkinkan adalah dilakukan dengan menggunakan data sensor TIRS.

METODOLOGI

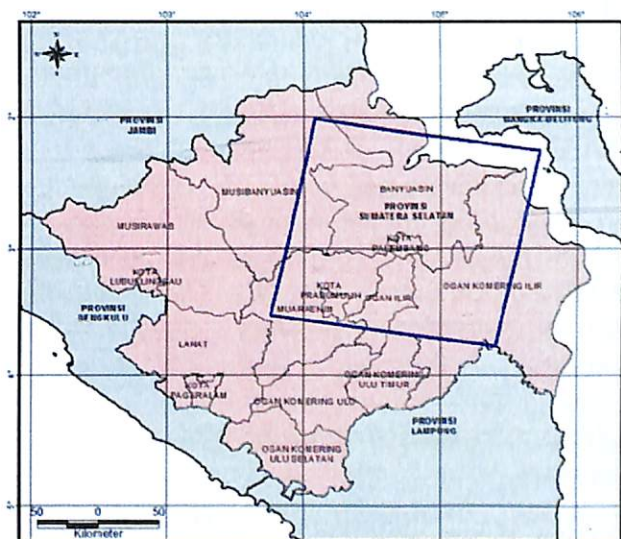
Lokasi Penelitian

Penelitian mengambil lokasi di Provinsi Sumatera Selatan dan sebagian Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Sumatera Selatan, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Selatan merupakan provinsi yang rawan terhadap bahaya kebakaran hutan dan lahan. Lokasi yang dipilih merupakan daerah yang banyak dijumpai lokasi-lokasi kebakaran hutan dan lahan. Menyesuaikan dengan cakupan liputan citra Landsat-8, daerah yang dipilih adalah wilayah Provinsi Sumatera Selatan yang masuk liputan citra (*scene*) *path/row* 124/062, dan wilayah Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan yang masuk liputan citra (*scene*) *path/row* 118/062. Secara administratif, di Sumatera Selatan, lokasi penelitian masuk ke dalam tujuh wilayah kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Ogan Komering Ilir, Ogan Ilir, Muara Enim, Banyuasin, Musi Banyuasin, Kota Palembang dan Kota Prabumulih. Sedangkan di Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan, secara administratif, lokasi penelitian masuk ke dalam sebelas wilayah kabupaten/kota, yaitu Kabupaten Pulang Pisau, Katingan, Kapuas, Barito Kuala, Barito Selatan, Hulu Sungai Utara, Hulu Sungai Tengah, Hulu Sungai Selatan, Kota Palangkaraya, Kota Banjarmasin, dan Kota Banjarbaru. Gambar 1 menunjukkan lokasi penelitian.

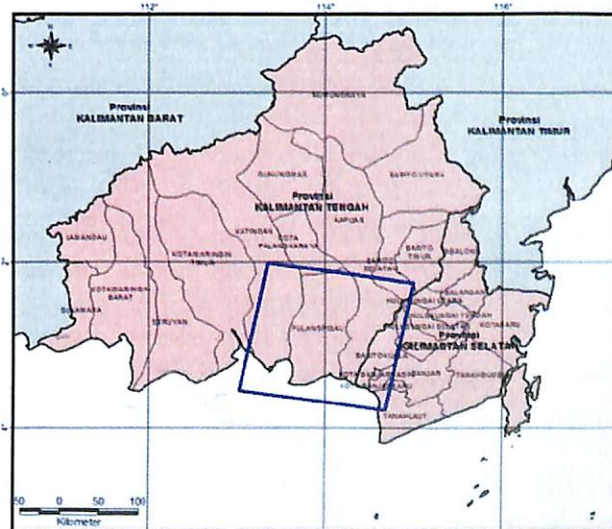
Data

Penelitian ini menggunakan data Landsat-8, khususnya kanal termal (TIRS) *band* 10, yang memiliki resolusi 100 meter. Selain kanal 10 tersebut, juga dipergunakan data citra kanal reflektan, yaitu *band* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 9 yang memiliki resolusi 30 meter. Level data citra yang dipergunakan adalah Level 1T, yaitu data yang sudah terkoreksi secara radiometrik (L1R) dan terkoreksi geometrik sistematis, menggunakan *Ground Control Points* (GCPs) atau informasi posisi *onboard* untuk *me-resample* data citra untuk proses registrasi ke suatu proyeksi

kartografik, dengan referensi WGS 84, G873 atau versi saat ini. Data citra L1T juga sudah terkoreksi secara terrain terhadap pergeseran relief (*relief displacement*).¹⁷ Untuk Sumatera Selatan, menggunakan data Landsat-8 *path/row* 124/062 Tgl.27 September 2014 dan untuk Kalimantan Tengah – Kalimantan Selatan menggunakan *path/row* 118/062 Tgl.1 September 2014.



(a)



(b)

Gambar 1. Lokasi penelitian di Sumatera Selatan (a) serta Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan (b) (kotak warna biru-scene citra Landsat).

Pengolahan dan Analisis Data

Metode pengolahan dan analisis data meliputi; 1) Perhitungan nilai radiansi, 2) Perhitungan nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*), 3) Perhitungan nilai reflektansi (konversi dari *brightness value* menjadi *reflectance*); 4) Pembuatan citra komposit warna (RGB); 5) pengambilan *training sample burned area*; dan 6) Perhitungan statistik nilai piksel *fire spot*.

Konversi dari nilai *Brightness Values (BV)* ke *Radiance*

Data Landsat-8 yang masih berupa nilai DN dapat dikonversi ke dalam radiance. Nilai reflektansi disini adalah TOA radiance. Untuk mengkonversi menjadi nilai TOA radiance, menggunakan persamaan sebagai berikut¹⁸:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \tag{1}$$

dimana L_{λ} adalah TOA spectral radiance (Watts/(m2 * srad * μm)), M_L Band-specific multiplicative rescaling factor yang diperoleh dari file metadata (RADIANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nomor band), A_L Band-specific additive rescaling factor yang diperoleh dari file metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah nomor band), dan Q_{cal} Quantized and calibrated standard product pixel values (DN).

Konversi dari nilai *Brightness Values (BV)* ke Reflektansi

Data OLI dapat dikonversi ke TOA planetary reflectance menggunakan faktor skala yang disediakan di dalam file metadata (MTL file). Untuk mengkonversi menjadi nilai TOA planetary reflectance, menggunakan persamaan sebagai berikut¹⁸:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \tag{2}$$

dimana ρ_{λ}' adalah TOA planetary reflectance (tanpa koreksi solar angle). M_{ρ} adalah Band-specific multiplicative rescaling factor diambil dari metadata (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah band number), A_{ρ} adalah band-specific additive rescaling factor diambil dari metadata (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah band number), dan Q_{cal} adalah quantized and calibrated standard product pixel values (DN).

Kemudian, sun angle correction of TOA reflectance dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut¹⁸:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{se})} \tag{3}$$

dimana ρ_{λ} adalah TOA planetary reflectance, θ_{se} adalah local sun elevation angle. Sun elevation angle (dalam derajat) untuk pusat scene tersedia dalam file metadata (SUN_ELEVATION). θ_{sz} adalah local solar zenith angle, $\theta_{sz} = 90^{\circ} - \theta_{se}$.

Konversi ke Suhu Kecerahan (*Brightness Temperature*)

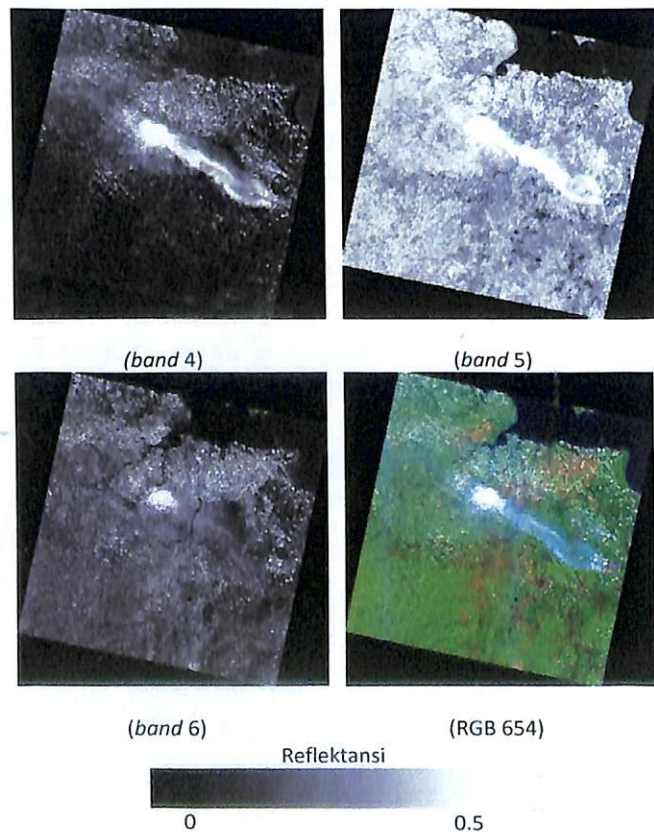
Konversi menjadi nilai brightness temperature dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut¹⁸:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \tag{4}$$

dimana T brightness temperature pada satelit (K), L_{λ} TOA spectral radiance (Watts/(m2 * srad * μm)), K_1 Band-specific thermal conversion constant yang diperoleh dari file metadata (K1_CONSTANT_BAND_x, dimana x adalah nomor band, 10 atau 11), dan K_2 Band-specific thermal conversion constant yang diperoleh dari file metadata (K2_CONSTANT_BAND_x, dimana x adalah nomor band 10 atau 11).

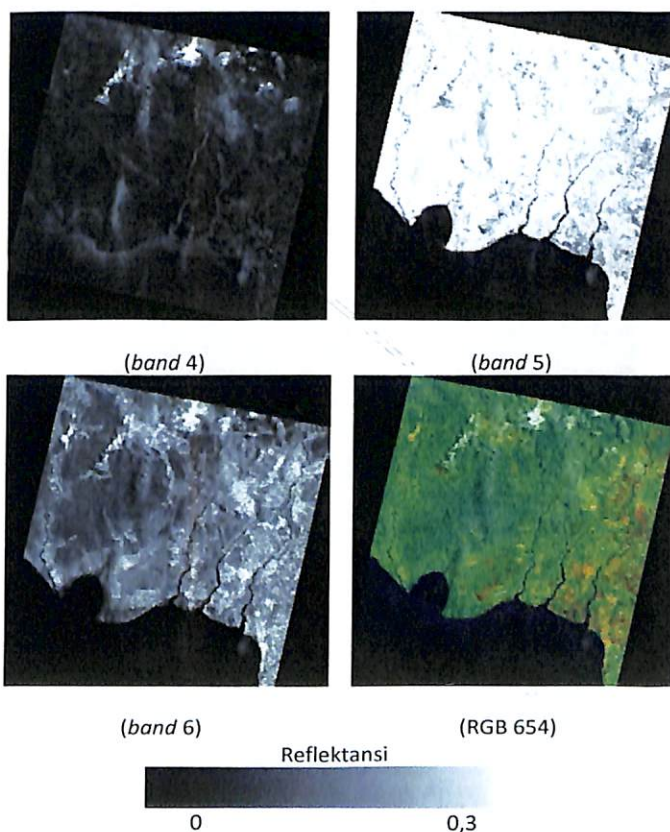
Pembuatan Citra Komposit Warna RGB dan Identifikasi Titik Api

Pembuatan citra komposit warna menggunakan teknik pewarnaan RGB (Red Green Blue). Citra komposit RGB yang dibuat adalah citra warna alami (natural color).



Gambar 2. Citra komposit warna RGB 654 dari Landsat-8 pada lokasi penelitian di Sumatera Selatan (scene 124/062, citra tanggal akuisisi 27 September 2014).

Pada citra warna alami, obyek-obyek vegetasi akan berwarna kehijauan, tanah berwarna coklat kemerahan, dan tubuh perairan akan berwarna kebiruan. Dengan data Landsat-8, citra ini dapat dibuat dengan menyusun *band* 6, 5 dan 4 masing-masing pada layer *Red*, *Green*, dan *Blue*. Gambar 2 dan 3 berikut menampilkan visualisasi citra komposit warna alami RGB 654 dari Landsat-8 pada lokasi penelitian. Setelah dibuat suatu citra komposit warna, kemudian pada citra tersebut dilakukan identifikasi lokasi-lokasi titik kebakaran hutan dan lahan yang sedang berlangsung. Identifikasi ini dilakukan secara visual dengan mendasarkan Kunci-kunci interpretasi, khususnya warna, bentuk, ukuran, letak, pola, dan asosiasi.



Gambar 3. Citra komposit warna RGB 654 dari Landsat-8 pada lokasi penelitian di Kalimantan Tengah – Kalimantan Selatan (scene 118/062, citra tanggal akuisisi 1 September 2014).

Pengambilan *Training Sample* Pikel Titik Api dan Analisis Statistik

Pengambilan training sampel *cropping* citra pada piksel-piksel titik api merupakan tahapan yang sangat penting dalam memahami karakteristik spektral dari obyek titik api. Lokasi *training* sampel yang ditentukan harus benar-benar homogen dan mewakili obyek-obyek titik api untuk seluruh populasi. Perhitungan statistik terhadap sampel *burned area* meliputi nilai rerata

(*mean*), nilai minimum (*min*), maksimum (*max*) dan standar deviasi (*standard deviation*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai reflektansi (*band* 1 hingga 7) dan suhu kecerahan (*band* 10 dan 11) menunjukkan suatu nilai yang spesifik. Pikel api memiliki pantulan yang rendah pada spektrum visibel dan inframerah dekat. Nilai reflektansi pikel api bergeser mengalami peningkatan ke arah spektrum SWIR dan mencapai nilai tertinggi (hampir mendekati angka 100%) pada spektrum SWIR kanal 7 Landsat-8 (2,10 – 2.30 μm) (Lihat Tabel 4 dan Gambar 4).

Selain itu, pikel api memiliki nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang rendah (kurang dari 0,2) dan memiliki nilai *Normalized Burn Ratio* (NBR) yang sangat rendah (kurang dari -0,5). Nilai NDVI dari Landsat-8 diperoleh dari hasil perhitungan reflektansi kanal 4 (*red*) dan 5 (NIR), dengan mengacu pada Huete *et al.*¹⁹, nilai NDVI dapat diperoleh dari ; $\text{NDVI} = (\text{ref5} - \text{ref4}) / (\text{ref5} + \text{ref4})$. Nilai NBR diperoleh dari hasil perhitungan reflektansi kanal 5 (NIR) dan 7 (SWIR), dengan mengacu pada Key and Benson²⁰ nilai NBR dapat diperoleh dari; $\text{NBR} = (\text{ref5} - \text{ref7}) / (\text{ref5} + \text{ref7})$. Karakteristik penting lainnya adalah, pikel api memiliki nilai suhu kecerahan rerata untuk kanal 10 (BT10) adalah sekitar 319 K dengan standar deviasi sekitar 3 K.

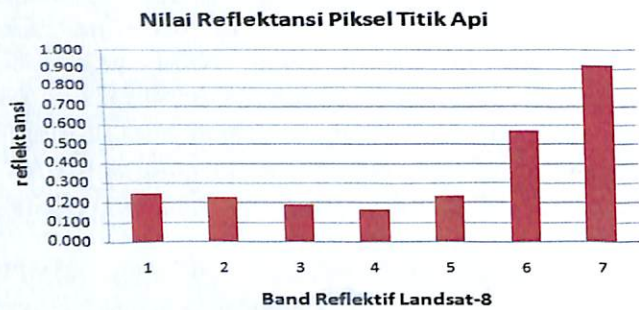
Berdasarkan nilai rerata dan standar deviasi dari pikel api tersebut, maka dapat ditentukan kriteria suatu piksel pada Landsat-8 dinyatakan sebagai pikel api, dengan mendasarkan pada nilai rerata dan standar deviasi dari reflektansi kanal 7, nilai NBR, dan suhu kecerahan kanal 10, yaitu dengan kriteria sebagai berikut (rerata - 1*standar deviasi):

- $\text{BT10} \geq 308,74 \text{ K}$
- $\text{NBR} \leq -0,502$
- $\rho_7 \geq 0,766$

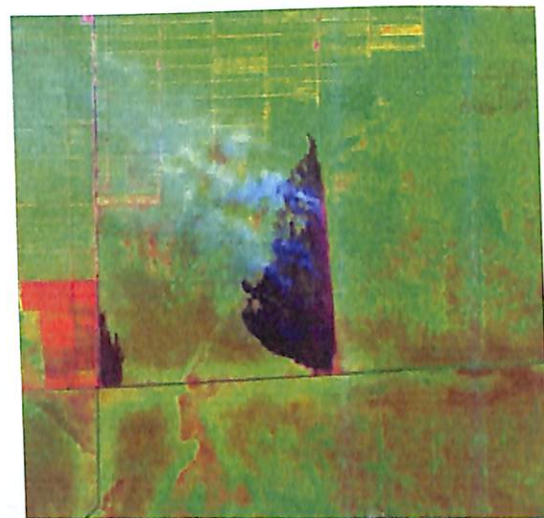
Gambar 5 dan 6 memperlihatkan contoh hasil penerapan deteksi titik api dengan menggunakan kriteria dari suhu kecerahan kanal 10, berturut-turut untuk contoh wilayah di Sumatera Selatan dan Kalimantan Tengah. Hasil penerapan ini secara visual memperlihatkan hasil yang cukup *representative*. Berdasarkan data ini, dapat diketahui bahwa data TIRS kanal 10 dari Landsat-8 dapat dipergunakan untuk mendeteksi titik api dari peristiwa kebakaran hutan dan lahan. Data titik panas dapat dipergunakan untuk memvalidasi produk hotspot dari data resolusi spasial rendah seperti dari AVHRR, MODIS, ATSR, maupun VIIRS.

Tabel 4. Nilai Reflektansi dan Suhu Kecerahan Pixel Titik Api

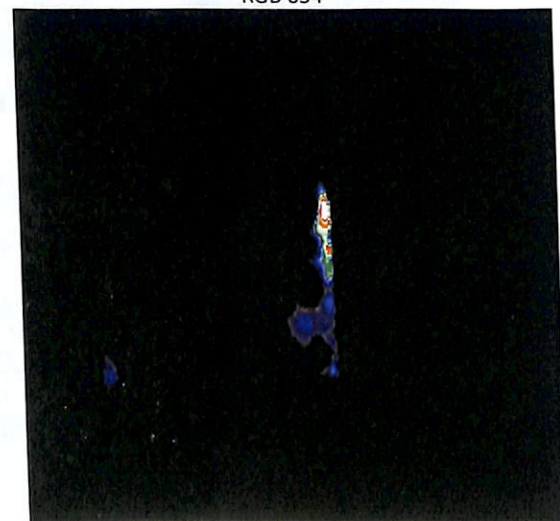
	1	2	3	4	5	6	7	NDVI	NBR	TB10	TB11
Mean	0,249	0,227	0,189	0,169	0,236	0,577	0,927	0,174	-0,589	311,68	303,16
Min	0,193	0,167	0,133	0,120	0,187	0,275	0,499	0,102	-0,683	306,43	299,87
Max	0,348	0,333	0,289	0,258	0,327	1,000	1,000	0,268	-0,431	319,40	309,88
SDev	0,062	0,065	0,060	0,052	0,053	0,209	0,161	0,054	0,087	2,94	2,20



Gambar 4. Karakteristik reflektansi piksel api pada Landsat-8 OLI (band 1 – band 7).



RGB 654



Suhu kecerahan
308,74 320,00 K
Titik Api

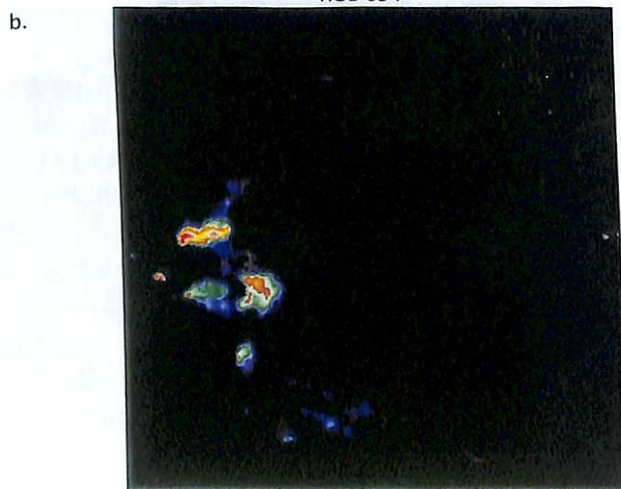
Gambar 6. Contoh hasil penerapan deteksi titik api dengan menggunakan kriteria dari suhu kecerahan kanal 10 di Kalimantan Tengah.

KESIMPULAN

Berdasarkan nilai suhu kecerahan yang terekam pada sensor TIRS kanal 10 (TB10), piksel api memiliki nilai suhu kecerahan rerata untuk kanal sekitar 319 K dengan standar deviasi sekitar 3 K. Selain itu, piksel api memiliki pantulan yang rendah pada spektrum visibel dan inframerah dekat. Nilai reflektansi piksel api bergeser mengalami peningkatan ke arah



RGB 654



Suhu kecerahan
308,74 320,00 K
Titik Api

Gambar 5. Contoh hasil penerapan deteksi titik api dengan menggunakan kriteria dari suhu kecerahan kanal 10 di Sumatera Selatan.

spektrum SWIR dan mencapai nilai tertinggi (hampir mendekati angka 100%) pada spektrum SWIR kanal 7 Landsat-8 (2,100 – 2,300 μm). Piksel api juga memiliki nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang rendah (kurang dari 0,2) dan memiliki nilai *Normalized Burn Ratio* (NBR) yang sangat rendah (kurang dari -0,5). Berdasarkan data ini, dapat diketahui bahwa data TIRS kanal 10 dari Landsat-8 dapat dipergunakan sebagai data utama untuk mendeteksi titik api dari peristiwa kebakaran hutan dan lahan. Data titik panas dapat dipergunakan untuk memvalidasi produk *hotspot* dari data resolusi spasial rendah seperti dari AVHRR, MODIS, ATSR, maupun VIIRS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Mahdi Kartasasmita dan Bapak Taufik Maulana atas segala bentuk diskusi beserta arahan dalam pengembangan riset pemanfaatan data optis untuk kebencanaan kebakaran hutan dan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Lentile, L.B., Holden, Z.A., Smith, A.M.S., Falkowski, M.J., Hudak, A.T., Morgan, P., Lewis, S.A., Gessler, P.E., & Benson, N.C., 2006. *Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects*, *International Journal of Wildland Fire*, 15, 319-345.
- ²Suwarsono, Yulianto, F., Parwati, & Suprpto, T., 2010. *Analisis persebaran titik panas (hotspot) indikasi kebakaran hutan dan lahan di wilayah Kalimantan sepanjang tahun 2001-2009*, *Berita Inderaja*, IX(16), 32-37.
- ³Flannigan, M.D., and Vonder Haar, T.H., 1986. *Forest fire monitoring using NOAA satellite AVHRR*, *Canadian Journal Forest Research*, 16, 975-982.
- ⁴Kaufman, Y.J., Tucker, C.J., & Fung, I., 1990. *Remote sensing of biomass burning in the tropics*, *Journal of Geophysical Research*, 95, 9.927-9.939.
- ⁵Justice, C.O., Kendall, J.D., Dowty, P.R., & Scholes, R.J., 1996. *Satellite remote sensing of fires during the SAFARI campaign using NOAA advanced very high resolution radiometer data*, *Journal of Geophysical Research*, 101, 23.851-23.863.
- ⁶Li, Z., Cihlar, J., Moreau, L., Huang, F., & Lee, B., 1997. *Monitoring fire activities in the boreal ecosystem*, *Journal of Geophysical Research*, 102, 29.611-29.624.
- ⁷Li, Z., Kaufman, Y.J., Ichoku, C., Fraser, R., Trishchenko, A., Giglio, L., Jin, J.Z., & Yu, X., 2001. *A review of AVHRR-based active fire detection algorithms: principles, limitations, and recommendations*, *Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space: Planning a Coordinated International Effort* (Edited by Ahern, F.J., Goldammer, J.G., & Justice, C.O.), 199-225.
- ⁸Suwarsono, Parwati, & Suprpto, T., 2009. *Mendeteksi titik panas (hotspot), kebakaran hutan dan lahan menggunakan satelit*, *Berita Inderaja*, VIII(14), 35-39.
- ⁹Giglio, 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.
- ¹⁰Wang, W., Qu, J.J., Hao, X., Liu, Y., & Sommers, W.T., 2007. *An improved algorithm for small and cool fire detection using MODIS data: A preliminary study in the southeastern United States*, *Remote Sensing of Environment* 108, 163-170.
- ¹¹Barbero, R., Moron, V., Mangeas, M., Despinoy, M., & Hely, C., 2011. *Relationships between MODIS and ATSR fires and atmospheric variability in New Caledonia (SW Pacific)*, *Journal of Geophysical Research*, 116, D21110, doi:10.1029/2011JD015915.
- ¹²Reuter, D.C., Richardson, C.M., Pellerano, F.A., Irons, J.R., Allen, R.G., Anderson, M., Jhabvala, M.D., Lunsford, A.W., Montanaro, M., Smith, R.L., Tesfaye, Z., & Thome, K.J., 2015. *The Thermal Infrared Sensor (TIRS) on Landsat 8: Design Overview and Pre-Launch Characterization*, *Remote Sensing*, 7, 1135-1153.
- ¹³Irons, J.R., Dwyer, J.L., Barsi, J.A., 2012. *The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission*. *Remote Sensing of Environment* 122, 11-21.
- ¹⁴Caselles, V., Rubio, E., Coll, C., & Valor, E., 1998. *Thermal band selection for the PRISM instrument 3. Optimal band configuration*. *Journal of Geophysical Research*, 103, 17.057-17.067.
- ¹⁵Roy, D.P., Wulder, M.A., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., Allen, R.G., Anderson, M.C., Helder, D., Irons, J.R., Johnson, D.M., Kennedy, R., Scambos, T.A., Schaaf, C.B., Schott, J.R., Sheng, Y., Vermote, E.F., Belward, A.S., Bindschadler, R., Cohen,

W.B., Gao, F., Hipple, J.D., Hostert, P., Huntington, J., Justice, C.O., Kilic, A., Kovalsky, V., Lee, Z.P., Lyburner, L., Masek, J.G., McCorkel, J., Shuai, Y., Trezza, R., Vogelmann, J., Wynne, R.H., & Zhu, Z., 2014. *Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research*, Remote Sensing of Environment, 145, 154-172.

¹⁶Justice, C.O., Giglio, L., Korontzi, S., Owens, J., Morisette, J.T., Roy, D., Descloitres, J., Alleaume, S., Petitcolin, F., & Kaufman, Y., 2002. *The MODIS fire products*, Remote Sensing of Environment, 83, 244-262.

¹⁷USGS, 2012. *Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Level 1 (L1) Data Format Control Book (DFCB) Version 6.0*. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

¹⁸Using the USGS Landsat 8 Product. (<http://landsat.usgs.gov>, diakses 16 April 2013).

¹⁹Huete, A., Justice, C., & Leeuwen, V.W., 1999. *Modis Vegetation Index (MOD 13) Algorithm Theoretical Basis Document*, University of Virginia, Department of Environmental Sciences, Charlottesville, Virginia.

²⁰Key, C. H., & Benson, N. C., 1999. *The Normalized Burn Ratio (NBR): A Landsat TM radiometric measure of burn severity*. U.S. Department of the Interior, Northern Rocky Mountain Science Centre. The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, 38(8), 275-280.