

# **ANALISIS KARAKTERISTIK TEMPERATUR AREA TERBAKAR (BURNED AREA) MENGGUNAKAN DATA LANDSAT-8 TIRS DI KALIMANTAN (ANALYZING THE TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF BURNED AREA USING LANDSAT-8 TIRS IN KALIMANTAN)**

**Suwarsono<sup>1</sup>, Any Zubaldah, Parwati, dan M. Rokhis Khomarudin**

**Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh**

**Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional**

**Jl. Kalisari Lapan No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710, Indonesia**

**<sup>1</sup>e-mail: suwarsono@lapan.go.id/landsono@yahoo.com**

**Diterima 27 Januari 2016; Direvisi 4 April 2016; Disetujui 27 Juni 2016**

## **ABSTRACT**

Biomass burning in an area will leave traces of fire such as charcoal, ash, and outcrop of land in the area known as the burned area. The burnt area is thought to have a relatively higher temperature than the surrounding area were not burned. This study aims to determine the characteristics of the temperature of the burned area using remote sensing data of Landsat-8 TIRS (Thermal Infra Red Sensor). The selected research locations are parts of Central Kalimantan and South Kalimantan incoming Landsat scene-8 path / row 118/062. The research method is a data processing Landsat-8 TIRS (channels 10 and 11) to produce an image of the brightness temperature as well as data analysis includes a statistical analysis of central tendency of the values of the brightness temperature of the sample (calculation of mean and standard deviation) as well as distance calculation (D-value). The results showed that the brightness temperature data either channel 10 or channel 11 Landsat-8 TIRS has good ability in separating the burned area and bare soil, but has a low ability to separate the burned areas and settlements. Thus, the brightness temperature parameter cannot be used as a single variable for the extraction of burned areas in a scene image of a single acquisition.

**Keywords:** *Burned area, Temperatur, Landsat-8 TIRS*

## ABSTRAK

Peristiwa kebakaran biomassa pada suatu daerah akan menyisakan bekas-bekas kebakaran seperti arang, abu, serta singkapan tanah pada daerah tersebut yang dikenal dengan *burned area*. Daerah bekas kebakaran tersebut diduga memiliki temperatur yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang tidak terbakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik temperatur *burned area* menggunakan data penginderaan jauh Landsat-8 *Thermal Infra Red Sensor* (TIRS). Lokasi penelitian yang dipilih adalah sebagian wilayah Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan yang masuk *scene* Landsat-8 path/row 118/062. Metode penelitian yang dilakukan adalah pengolahan data Landsat-8 TIRS (kanal 10 dan 11) untuk menghasilkan citra suhu kecerahan serta analisis data yang meliputi analisis statistik tendensi sentral dari nilai-nilai suhu kecerahan dari sampel (perhitungan rerata dan standar deviasi) serta perhitungan jarak (*D-value*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa data suhu kecerahan baik kanal 10 maupun kanal 11 Landsat-8 TIRS memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan *burned area* dan lahan terbuka, namun memiliki kemampuan yang rendah untuk memisahkan *burned area* dan permukiman. Dengan demikian, parameter suhu kecerahan belum bisa dipergunakan sebagai variabel tunggal untuk ekstraksi *burned area* pada suatu *scene* citra perekaman tunggal.

Kata kunci: *Burned area, Temperatur, Landsat-8 TIRS*

### 1 PENDAHULUAN

Kebakaran biomassa diakui sebagai satu dari faktor-faktor kritis yang mempengaruhi perubahan tutupan vegetasi dan emisi karbon di seluruh dunia (Chuvieco, 2008; Thonicke *et al.*, 2010). Peristiwa ini juga berdampak pada aspek-aspek sosial-ekonomi, khususnya di negara-negara berkembang dimana pertumbuhan arus urbanisasi yang “menelan” wilayah-wilayah hutan cenderung meningkatkan terjadinya pembukaan hutan yang lebih-lebih apabila bersamaan dengan terjadinya even kebakaran yang ekstrim (Bastarika *et al.*, 2011). Kebakaran hutan dan lahan adalah salah permasalahan bangsa Indonesia yang pada dekade 20 tahun terakhir telah menjadi bencana tahunan. Sejumlah penelitian terkait pengembangan kerawanan kebakaran hutan dan lahan serta dampaknya dapat ditemukan pada sejumlah penelitian (Samsuri *et al.*, 2012; Purnama dan Jaya 2006; Aryanti *et al.*, 2007; Jaya 2000; dan Jaya *et al.*, 2000).

Peristiwa kebakaran biomassa pada suatu daerah akan menyisakan bekas-bekas kebakaran seperti arang, abu, serta singkapan tanah pada daerah tersebut yang dikenal dengan *burned area*. *Burned area* merupakan daerah di

permukaan bumi yang menunjukkan ciri-ciri telah mengalami peristiwa terbakar akibat proses-proses alami atau terbakar oleh manusia baik disengaja atau tidak disengaja dimana pada daerah tersebut sebelumnya merupakan lahan yang didominasi oleh tutupan vegetasi hutan maupun vegetasi non hutan (seperti: semak, belukar, perkebunan, ladang atau tegalan) (Suwarsono *et al.*, 2013). Informasi *burned area* sangat dibutuhkan untuk mengukur tingkat kerusakan kebakaran yang terjadi, untuk menghitung seberapa besar kerugian yang ditimbulkannya, mengetahui dampak kebakaran terhadap lingkungan hidup, penyusunan program pasca kebakaran serta salah satu data masukan untuk pengukuran emisi karbon (IPCC, 2006). Penerapan teknik penginderaan jauh sudah diakui sebagai sumber informasi yang efektif dan berbiaya murah dalam pemetaan *burned area* dari skala nasional, regional, hingga global (Stroppiana *et al.*, 2012). Data citra penginderaan jauh yang sering dipergunakan dalam beberapa tahun terakhir ini adalah *Terra/Aqua Moderate Resolution Imaging Spectrometer* (MODIS), *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA)/*Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), *Satellite Pour l’Observation de la Terre* (SPOT)

VEGETATION (VGT), dan *Along Track Scanning Radiometer* (ATSR)/*Advanced ATSR* (AATSR). Data satelit dengan orbit geostationer juga sudah dipergunakan untuk deteksi *burned area* seperti *Meteosat Visible* dan *InfraRed Imager* (MVIRI)/*Spinning Enhanced Visible* dan *InfraRed Imager* (SEVIRI) dan *Geostationary Operational Environmental Satellites* (GOES) (Stroppiana et al., 2012). Pada skala lokal dan regional, data Landsat (TM dan ETM+) telah banyak dipergunakan dalam pemetaan *burned area* (Bastarika et al., 2011).

Pada saat ini telah tersedia data Landsat-8 sebagai generasi terbaru dari Landsat. Landsat-8 membawa sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dan sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) yang dirancang untuk menyempurnakan sensor pada satelit Landsat-7 ETM+ (Irons et al., 2012). Sejauh ini, implementasi deteksi *burned area* berbasiskan data citra penginderaan jauh optis sebagian besar mengandalkan variabel indeks vegetasi, indeks kebakaran, dan nilai pantulan (Suwarsono, 2014). Padahal, kebakaran hutan/lahan sangat terkait dengan termal, karena proses kebakaran akan menghasilkan panas yang dapat direkam oleh sensor termal pada satelit. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa band thermal pada sensor Landsat-8 OLI telah terbukti memberikan informasi tentang suhu permukaan secara efektif (Kurnia et al. 2016). Dengan demikian perlu juga dilakukan suatu kajian penggunaan data hasil perekaman sensor termal untuk deteksi *burned area*.

Penelitian ini berfokus pada kajian pemanfaatan data termal pada sensor termal yang dimiliki oleh Landsat-8 (sensor TIRS) untuk deteksi daerah-daerah bekas terbakar. Sebagai langkah awal dalam memahami arti penting data termal dari sensor TIRS Landsat-8 untuk deteksi *burned area* adalah dengan memahami karakteristik termal dari *burned area* yang terekam pada sensor tersebut.

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Landsat-8 TIRS

Data yang dipergunakan adalah Landsat-8 TIRS dan OLI level 1T (L1T), kanal 10 dan 11, tanggal perekaman 19 Agustus 2015, path/row 118/062 yang merekam sebagian Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Data diperoleh dari Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN.

Menurut Irons et al. (2012), 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 kanal yang dipilih tersebut untuk mengaktifkan koreksi atmosfer data termal menggunakan algoritma *split-window* (Caselles et al., 1998) dan merepresentasikan keunggulan atas data termal kanal tunggal yang direkam oleh satelit Landsat sebelumnya.

Batas *noise* TIRS ditentukan dalam hal *Noise-Equivalent-Chance-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) (Irons et al., 2012). Tabel 2-1 menyajikan karakteristik spektral sensor TIRS, sedangkan Tabel 2-2 menyajikan saturasi radiansi TIRS dan spesifikasi *Noise-Equivalent-Chance-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).

Tabel 2-1: KARAKTERISTIK SPEKTRAL SENSOR TIRS (IRON *et al.*, 2012)

Kanal	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 2-2: SATURASI RADIANSI TIRS DAN SPESIFIKASI NOISE-EQUIVALENT-CHANGE-IN-TEMPERATURE (NEAT) (IRON *et al.*, 2012)

Kanal	Saturasi temperature	Saturasi radians	NEAT pada 240 K	NEAT pada 300 K	NEAT pada 360 K
10	360 K	20,5 W/m <sup>2</sup> sr µm	0,80 K	0,4 K	0,27 K
11	360 K	17,8 W/m <sup>2</sup> sr µm	0,71 K	0,4 K	0,29 K

**2.2 Metode**

Metode yang dibangun meliputi metode pengolahan data dan analisis data. Metode pengolahan yang dilakukan 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 *burned area*.

**2.2.1 Konversi dari nilai *brightness values* (bv) ke *radiance values***

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 berikut (USGS, 2015):

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \tag{2-1}$$

dimana  $L_{\lambda}$  adalah TOA *spectral radiance* (Watts/( m<sup>2</sup> \* srad \* µm)),  $M_L$  *Band-specific multiplicative rescaling factor* yang diperoleh dari file metadata (*RADIANCE\_MULT\_BAND\_x*, dimana  $x$  adalah nomor kanal),  $A_L$  *Band-specific additive rescaling factor* yang diperoleh dari file metadata (*RADIANCE\_ADD\_BAND\_x*, dimana  $x$  adalah nomor kanal),

dan  $Q_{cal}$  *Quantized and calibrated standard product pixel values* (DN).

**2.2.2 Konversi dari nilai *brightness values* ke *reflectance***

Data OLI 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 berikut (USGS, 2015):

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

Keterangan:

$\rho_{\lambda}'$  = TOA *planetary reflectance* (tanpa koreksi *solar angle*).

$M_{\rho}$  = *Band-specific multiplicative rescaling factor* diambil dari metadata

(*REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x*,

Keterangan:

$x$  = *band number*),

$A_{\rho}$  = *band-specific additive rescaling factor* diambil dari metadata

(*REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x*,

Keterangan:

$x$  = nomor kanal, dan

$Q_{cal}$  = *quantized and calibrated standard product pixel values* (DN).

Kemudian, *sun angle correction of TOA reflectance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (USGS, 2015):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2-3)$$

Keterangan:

$\rho_{\lambda}$  = TOA planetary reflectance,

$\theta_{SE}$  = local sun elevation angle. Sun elevation angle (dalam derajat) untuk pusat scene tersedia dalam file metadata (*SUN\_ELEVATION*).  $\theta_{SZ}$  adalah local solar zenith angle,  $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$ .

### 3 KONVERSI KE SUHU (KECERAHAN BRIGHTNESS TEMPERATURES)

Konversi menjadi nilai *brightness temperature* dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (USGS, 2015):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3-1)$$

dimana T *brightness temperature* pada satelit (K),  $L_{\lambda}$  TOA spectral radiance (Watts/( $m^2 * srad * \mu m$ )),  $K_1$  Band-specific thermal conversion constant yang diperoleh dari file metadata ( $K1\_CONSTANT\_BAND\_x$ , dimana x adalah nomor band, 10 or 11), dan  $K_2$  Band-specific thermal conversion constant yang diperoleh dari file metadata ( $K2\_CONSTANT\_BAND\_x$ , dimana x adalah nomor band, 10 or 11).

Analisis data meliputi analisis statistik tendensi sentral dari nilai-nilai suhu kecerahan dari sampel (perhitungan *mean*, *median*, *modus*, standar deviasi, dan varians), analisis distribusi normal, serta perhitungan jarak (*D-value*).

### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4-1 merupakan potongan citra Landsat-8 yang memperlihatkan adanya daerah-daerah terbakar di Pulangpisau Kalimantan Tengah dan

sekitarnya. Gambar atas citra *natural color* RGB 654 (SWIR, NIR, RED) sedangkan gambar bawah merupakan citra suhu kecerahan (*brightness temperature*) Landsat-8 TIRS band 10 atau BT10 (gambar kiri bawah) dan band 11 atau BT11 (gambar kanan bawah). Pada citra *natural color* RGB 654, daerah terbakar memperlihatkan warna merah ungu (*red violet*), lahan terbuka non *burned area* berwarna merah muda, permukiman berwarna merah agak gelap, lahan bervegetasi berwarna kehijauan, serta obyek air berwarna kebiruan. Tanggal perekaman citra adalah 19 Agustus 2015, path/row 118/062 yang merekam sebagian Kalimantan Tengah dan Kalimantan Selatan. Waktu perekaman tersebut masih berada pada periode kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di sebagian besar wilayah Indonesia 2015, khususnya melanda Kalimantan dan Sumatera.

Gambar 3-2 merupakan citra tiga dimensi suhu kecerahan kanal 10 dan 11 yang lebih memperjelas lagi secara visual pola suhu daerah bekas terbakar dan daerah sekitarnya yang memperlihatkan dengan lebih jelas lagi kenampakan daerah bekas terbakar. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa secara visual, secara umum daerah bekas terbakar memiliki suhu kecerahan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya.

Namun jika diamati secara lebih cermat secara lebih secara visual, dapat diketahui bahwa *obyek burned area* memiliki warna yang mirip dengan permukiman dibandingkan dengan lahan terbuka. Sehingga dalam hal ini, dapat diduga bahwa piksel-piksel *burned area* akan memiliki kemiripan nilai dengan piksel-piksel pada obyek permukiman tersebut. Pengukuran secara kuantitatif dilakukan dengan mengambil beberapa sampel yang mewakili piksel *burned area*, permukiman dan lahan terbuka (*non burned area*) kemudian

dilakukan pengukuran secara statistik yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Berdasarkan hasil pengukuran pada Tabel 4-1 dapat diketahui bahwa piksel *burned area* memiliki rerata suhu kecerahan *Brightness Temperature* (BT) 10 dan BT 11 berturut-turut sebesar 308,44 K dan 304,39 K (standar deviasi 1,57 K dan 1,18 K), permukiman kota sebesar 307,05 dan 303,65 K (standar deviasi 0,84 K dan 0,69 K). Sedangkan lahan terbuka sebesar 303,61 K dan 300,68 K (standar deviasi 1,97 K dan 1,95 K). Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa obyek *burned area* memiliki suhu kecerahan (baik BT 10 dan BT 11) yang relatif lebih tinggi dibandingkan obyek permukiman kota dan lahan terbuka.

Tabel 4-1: NILAI SUHU KECERAHAN OBYEK *BURNED AREA* DIBANDINGKAN DENGAN OBYEK PERMUKIMAN KOTA DAN LAHAN TERBUKA

OBYEK	SUHU KECERAHAN (K)		
		Band 10	Band 11
<i>BURNED AREA</i>	Rerata	308,44	304,39
	St.Dev	1,57	1,18
PERMUKIMAN KOTA	Rerata	307,05	303,65
	St.Dev	0,84	0,69
LAHAN TERBUKA	Rerata	303,61	300,68
	St.Dev	1,97	1,95

Secara kuantitatif, untuk mengetahui seberapa besar kemampuan data BT 10 dan BT 11 dalam memisahkan

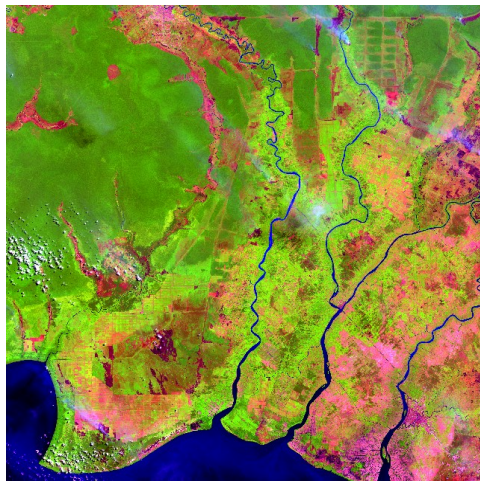
antara *burned area* dan lahan terbuka serta *burned area* dan permukiman kota, maka dilakukan perhitungan nilai separabilitas dengan menggunakan formula sebagai berikut (dikembangkan dari Kaufman and Remer, 1994):

$$D = \frac{|\mu_2 - \mu_1|}{\sigma_2 + \sigma_1} \tag{3-1}$$

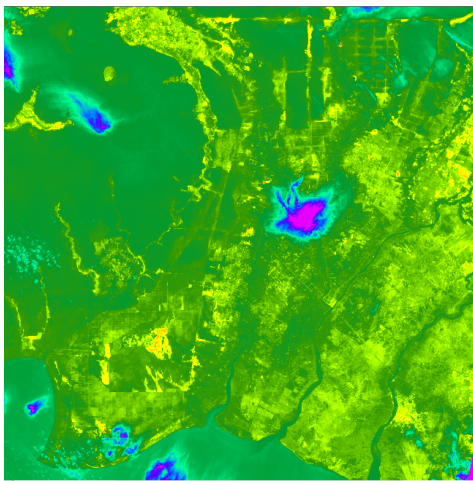
Nilai *D-value* > 1 menunjukkan bahwa kanal tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan kedua obyek. Dimana *D-value* adalah nilai Normalized Distance,  $\mu_1$  dan  $\mu_2$  berturut-turut adalah nilai rerata piksel obyek 1 dan obyek 2. Sedangkan  $\sigma_1$  dan  $\sigma_2$  berturut-turut adalah nilai standar deviasi piksel obyek 1 dan obyek 2. Hasil perhitungan *D-value* disajikan pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2: NILAI D-VALUE ANTARA OBYEK *BURNED AREA* DAN PERMUKIMAN SERTA LAHAN TERBUKA

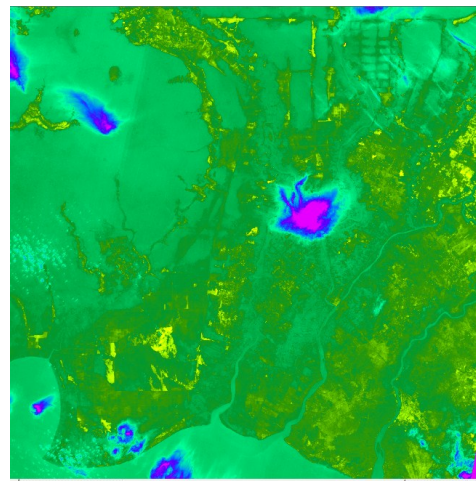
OBYEK	<i>D-value</i>	
	BT10	BT11
<i>Burned area</i> vs Permukiman	0,577	0,392
<i>Burned area</i> vs Lahan terbuka	1,367	1,186



RGB 654



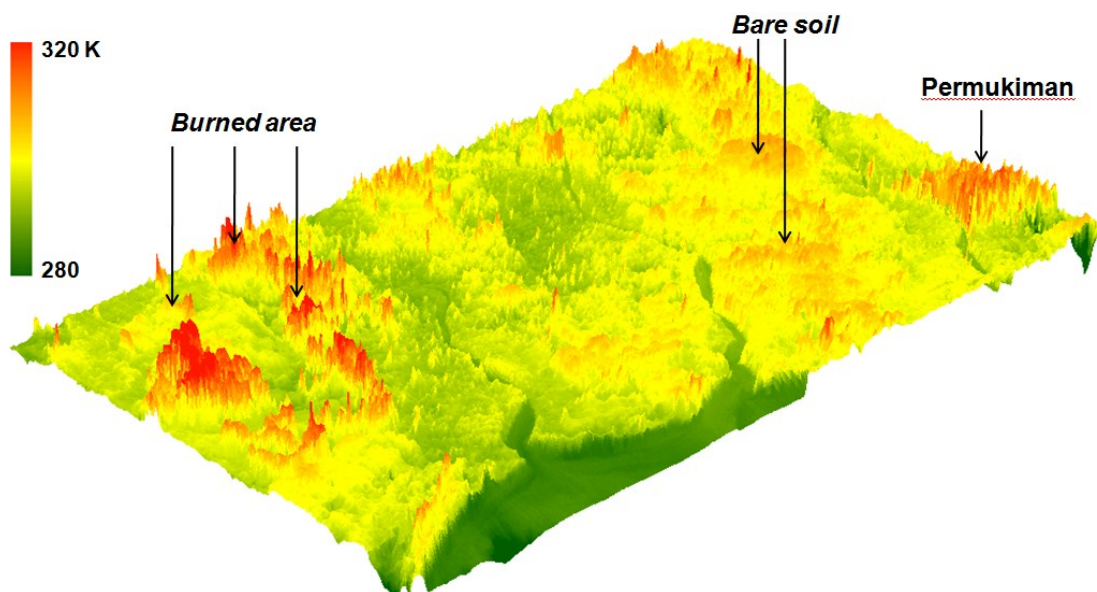
TB 10

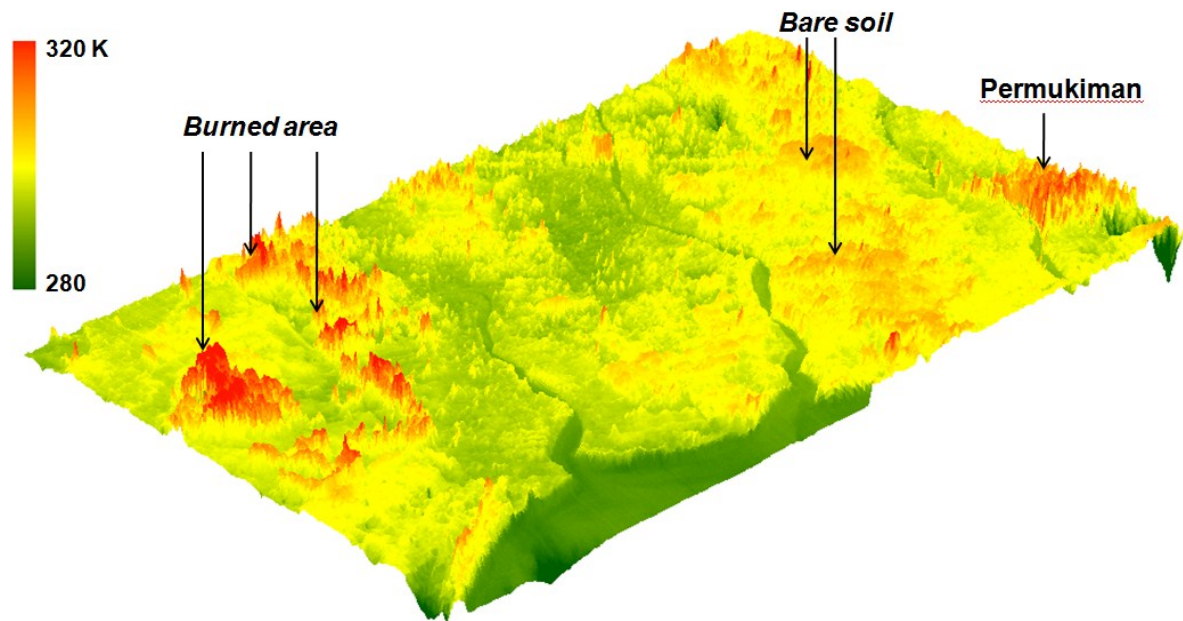


TB 11



Gambar 3-1: Citra suhu kecerahan Landsat-8 kanal 10 (BT 10) dan kanal 11 (BT10) pada wilayah terbakar (Lokasi: Pulangpisau Kalimantan Tengah, path/row 118/062, 19 Agustus 2015)





Gambar 3-2: Citra 3-D suhu kecerahan Landsat-8 kanal 10 (atas) dan kanal 11 (bawah) yang memperlihatkan karakteristik suhu kecerahan daerah *burned area*, *bare soil* (tanah terbuka *non burned area*), dan permukiman. Pada citra terlihat bahwa obyek *burned area* memiliki suhu kecerahan (baik BT 10 dan BT 11) yang relatif lebih tinggi dibandingkan obyek permukiman kota dan lahan terbuka. (Lokasi: Pulangpisau Kalimantan Tengah, path/row 118/062, 19 Agustus 2015)

Hasil perhitungan *D-value* menunjukkan bahwa parameter BT 10 dan BT 11 meskipun memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan *burned area* dan lahan terbuka ( $D > 1$ ), namun memiliki kemampuan yang rendah untuk memisahkan *burned area* dan permukiman ( $D < 1$ ).

Dibandingkan dengan permukiman, lahan terbuka masih bisa dibedakan dari *burned area* menggunakan variabel *brightness temperature*. Kondisi ini menjelaskan bahwa jenis-jenis lahan terbuka yang umumnya berupa hamparan dari singkapan pasir atau batuan, baik yang sudah ditambang atau masih alami, memiliki selisih nilai rerata BT (BT *burned area* - BT lahan terbuka) yang relatif lebih lebar bila dibandingkan dengan permukiman (BT *burned area* - BT permukiman).

Dengan demikian, oleh karena parameter suhu kecerahan masih memiliki kemampuan yang rendah dalam memisahkan *burned area* dan permukiman ( $D < 1$ ), maka parameter ini belum bisa dipergunakan sebagai variabel tunggal untuk ekstraksi *burned area* pada suatu *scene* citra perekaman tunggal dimana di dalamnya terdapat

piksel-piksel permukiman. Berdasarkan hasil kajian ini, maka penelitian lebih lanjut yang perlu dilakukan adalah deteksi *burned area* yang dikaji tidak hanya dengan menggunakan parameter suhu kecerahan saja, tetapi juga perlu digabungkan dengan parameter penting lainnya, baik reflektansi maupun indeks vegetasi (seperti NDVI) atau indeks kebakaran (seperti NBR).

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan uji separabilitas (*D-value*), variabel BT10 dan BT11 meskipun memiliki kemampuan yang baik dalam memisahkan *burned area* dan lahan terbuka, namun memiliki kemampuan yang rendah untuk memisahkan *burned area* dan permukiman. Jadi, parameter suhu kecerahan belum bisa dipergunakan sebagai variabel tunggal untuk ekstraksi *burned area* pada suatu *scene* citra perekaman tunggal. Penelitian ini menyarankan perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut yang mengkaji pendeteksian *burned area* tidak hanya didasarkan atas parameter suhu kecerahan saja, tetapi digabungkan dengan parameter penting lainnya, baik



reflektansi maupun indeks vegetasi (seperti NVDI) atau indeks kebakaran (seperti NBR).

### UCAPAN TERMA KASIH

Makalah ini adalah pengembangan dari hasil kegiatan riset "Pengembangan Model Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana Kekeringan dan Kebakaran Hutan/Lahan" yang dilakukan di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. Makalah ini sebelumnya telah dipresentasikan dalam Simposium Nasional Penginderaan Jauh 2014. Dengan beberapa perbaikan, makalah ini kemudian diajukan untuk dipublikasikan pada Jurnal ini. Terima kasih kami sampaikan kepada pihak Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN yang telah menyediakan data citra Landsat-8 yang dipergunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada Bapak Drs. Taufik Maulana, MBA yang telah bersedia memberikan saran dan masukan dalam pemanfaatan data Landsat-8 untuk deteksi piksel *burned area*.

### DAFTAR RUJUKAN

- Aryanti, I, N. Sinukaban dan I N S Jaya, 2007. *Forest Fire Vulnerability index in West Kalimantan Province*, Tropical Forest Management Journal, Bastarrika A, Chuvieco E, Martin, M.P (2011). Mapping burned areas from Landsat TM/ETM+ data with a two-phase algorithm: Balancing omission and commission errors. Remote Sensing of Environment 115:1003–1012.
- Caselles 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.
- Chuvieco E., Englefield P., Trishchenko A. P, dan Luo Y., 2008. *Generation of Long Time Series of Burn Area Maps of the Boreal Forest from NOAA–AVHRR Composite Data*, Remote Sensing of Environment 112: 2381–2396.
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., and Tanabe, 2006. 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. K. (Eds), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC, Hayama, Japan.
- Irons 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. Jaya, I N.S., 2000. Detecting Burnt Forest Damage Using Digital Spot Imagery. Tropical Forest Management Journal. Vol. 6 (1): 7-23.
- Jaya, I N. S. M. Ikhwan dan Nurhendra, 2000. *Teknik Mendeteksi Kebakaran Hutan Melalui Citra Satelit Multi Waktu: Studi kasus di Propinsi Sumatera Selatan dan Riau*, Tropical Forest Management Journal. Vol VI(2):25-37.
- Kaufman Y.J, Remer L.A., 1994. *Detection of Forest Fire using Mid-IR Reflectance: and Application Fro Aerosols Study*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 32: 672-683.
- Kurnia, E, I N S Jaya, Widiatmaka, 2016. *Satellite-based Land Surface Temperature Estimation of Bogor Municipality, Indonesia*, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. Volume 2 No 1. Pp 221-228
- Purnama, E.S dan I N S Jaya, 2006. *Forest Fire Vulnerability index in Riau Province*, Tropical Forest Management Journal.
- Roy 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.
- Samsuri, Jaya INS, Syaufina L., 2012. *Model Spasial Tingkat Kerawanan Kebakaran Hutan dan Lahan (Studi Kasus Propinsi Kalimantan Tengah*, Foresta, Vol No (1) 2012. Spatial model of forest and land fire risk (A case study in Central Kalimantan Province, Foresta, Vol No (1) 2012 (in Indonesian). Faperta USU - Persatuan Peneliti Kehutanan Sumut; No.ISSN: 2089-9890; Vol.1; No.1; Maret;2012;12-18, <http://kehutanan.usu.ac.id>
- Stroppiana D, Bordogna G, Carrara P, Boschetti M, Bosschetti L, Brivio P.A.,

2012. *A Method for Extracting Burned Areas from Landsat TM/ETM+ Images by Soft Aggregation of Multiple Spectral Indices and a Region Growing Algorithm*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 69:88–102.
- Suwarsono, 2014. *Deteksi Daerah Bekas Kebakaran Hutan/Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra Penginderaan Jauh*, Crestpent Press.
- Suwarsono, Rokhmatuloh, dan Waryono T., 2013. *Pengembangan Model Identifikasi Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (Burned Area) Menggunakan Citra MODIS di Kalimantan*, Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital 10(2): 93-112.
- Thonicke K, Spessa A, Prentice I. C, Harrison S. P, Dong L, Carmona-Moreno C., 2010. *The Influence of Vegetation, Fire Spread and Fire Behaviour on Biomass Burning and Trace Gas Emissions: Results from a Process-Based Model*, Biogeosciences (7): 697 –743.
- USGS, 2015. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 1.0*. EROS Sioux Falls, South Dakota.