

DETEKSI AREA BEKAS KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN MENGUNAKAN DATA CITRA RESOLUSI MENENGAH MODIS DENGAN PENDEKATAN INDEKS KEBAKARAN

The detection of burnt area using medium resolution satellite imagery of MODIS based on fire index approach

Mirzha Hanifah^a, Lailan Syaufina^b, Indah Prasasti^c

^a Program Studi Silviculture, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Fakultas Kehutanan, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680— mirzhanifah22@gmail.com

^b Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan Institut pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^c Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN

Abstract. This research examined the use of fire index algorithms to detect and recognize the burnt area in West Kalimantan by applying the pre-fire and post-fire image comparison technique. The main data used were derived from remotely sensed data MODIS acquired from Januari to April 2014. The examined algorithms utilized the near-infrared (NIR) and short-infrared (SWIR) wavelength spectrums. In the case of forest and land fires, the value of NIR decreases as the amount of chlorophyll decreases, while the pixel values and the increasing value of SWIR will increase due to the rising temperature. The research objective was to the capability of the algorithms in detecting burnt forest and land areas in several selected areas in West Kalimantan, using few indices generated from MODIS data. The examined indices were NDFI (Normalized Difference Fire Index) and MNDFI (Modified Normalized Difference Fire Index), which utilize the reflectance values of band 2 (NIR) and band 7 (SWIR) from MODIS. The study results show that both the NDFI and MNDFI were applicable in detecting burnt area having good performance with the Normalized Distance (D) values larger than 1. Based on D-Value and accuracy assessment, MNDFI algorithm gave better index than the NDFI in detecting both forest and land areas.

Keywords: burnt area, MNDFI, NDFI, MODIS

(Diterima: 25-01-2016; Disetujui: 10-03-2016)

1. Pendahuluan

Kebakaran hebat pertama di Indonesia merupakan akibat gabungan antara pengelolaan hutan dan fenomena iklim El Nino yang menghancurkan sebagian besar wilayah hutan di Kalimantan Timur selama tahun 1982/83 dan menjadi perhatian internasional sebagai isu lingkungan dan ekonomi, khususnya setelah bencana El Nino 1997/98 yang menghanguskan lahan hutan seluas 25 juta hektar di seluruh dunia (Gol-dammer dan Seibert 1990; Tacconi 2003). Lebih lanjut Tacconi (2003) menjelaskan bahwa kebakaran hutan dan lahan dianggap sebagai ancaman potensial bagi pembangunan berkelanjutan karena dampaknya secara langsung pada ekosistem, keanekaragaman hayati, hingga kontribusi emisi karbon. Oleh karena itu, berbagai upaya dilakukan oleh Pemerintah untuk mengantisipasi dan menanggulangi bencana tersebut seperti deteksi dini kejadian kebakaran hutan dan lahan memanfaatkan data hotspot maupun Sistem Peringatan Bahaya Kebakaran (SPBK), penyuluhan pada masyarakat sekitar hutan maupun lembaga terkait lainnya, pengadaan atau penambahan alat pemadam

kebakaran, serta pemasangan rambu-rambu larangan pembakaran hutan dan lahan. Di Indonesia, terdapat delapan provinsi rawan kejadian kebakaran hutan dan lahan, terutama wilayah Sumatera dan Kalimantan (KLH 2014). Berdasarkan laporan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada tahun 2014, wilayah Kalimantan tercatat memiliki jumlah titik panas yang tinggi, salah satunya Provinsi Kalimantan Barat. Oleh karena itu, upaya pencegahan dan tindakan penanganan pasca kebakaran hutan dan lahan di Indonesia terutama pada daerah rawan perlu mendapat perhatian khusus, guna mencegah kerugian yang lebih besar lagi.

Penelitian terkait identifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan menggunakan data penginderaan jauh saat ini makin berkembang, karena adanya peningkatan kebutuhan data luas kebakaran hutan dan lahan yang cepat dan akurat dalam skala regional hingga global (Giglio *et al.* 2009). Selain itu, Peraturan Pemerintah (PP) No 45 Tahun 2004 Tentang Perlindungan Hutan telah mensyaratkan bahwa salah satu kegiatan penanganan pasca kebakaran adalah pengukuran dan sketsa lokasi kebakaran. Namun upaya yang disyarat-

kan oleh PP tersebut terhambat oleh beberapa kendala teknis lapangan seperti sulitnya lokasi kejadian kebakaran yang sulit terjangkau. Kondisi ini menyebabkan perhitungan luas dilakukan dengan perkiraan, sehingga akurasi sangat dipertanyakan. Dengan demikian, upaya untuk mendapatkan data yang akurat dan mengatasi beberapa kendala yang dihadapi di lapangan diperlukan teknologi yang memadai, salah satunya dengan memanfaatkan data penginderaan jauh seperti citra resolusi sedang MODIS. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menjadi solusi yang tepat untuk pemantauan dan pengukuran dampak kebakaran hutan dan lahan dalam cakupan wilayah yang luas (Miettinen 2007; Prasati *et al.* 2012). Selain cakupan wilayah yang dipetakan lebih luas, penginderaan jauh juga memberikan waktu pemantauan yang lebih *near real-time* dibandingkan menggunakan data observasi lapangan (Prasasti *et al.* 2012).

Data luas area bekas kebakaran hutan dan lahan sangat penting dan dapat digunakan sebagai acuan kegiatan rehabilitasi, estimasi emisi karbon, hingga penegakan hukum bagi pemerintah setempat dan instansi-instansi terkait lainnya. Selama ini untuk mendeteksi dan memantau kejadian kebakaran hutan dan lahan dari data penginderaan jauh digunakan titik panas (*hotspots*). Namun dari hasil penelitian Boer *et al.* (2011) menunjukkan bahwa tidak semua *hotspot* yang terdeteksi dan tersebar di suatu wilayah merupakan wilayah kebakaran dan banyaknya jumlah *hotspot* tidak selalu berkorelasi dengan semakin luasnya areal yang terbakar. Dengan demikian, untuk mendeteksi hingga mengestimasi luas area bekas kebakaran menggunakan data *hotspot* perlu dievaluasi dan dicari alternatif lain seperti penggunaan metode atau model algoritma yang lebih spesifik untuk digunakan dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan.

Beberapa penelitian terkait dengan identifikasi dan estimasi luas area bekas kebakaran khususnya di Indonesia telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Suwarsono (2012) menggunakan beberapa variabel yang diturunkan dari nilai pantulan atau reflektansi sebuah kanal spektral maupun indeks yang merupakan kombinasi dari beberapa nilai pantulan kanal spektral. Peneliti lain menduga luas area bekas kebakaran hutan dan lahan menggunakan nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Kasischke *et al.* 1995, Fraser *et al.* 2000, Chuvieco *et al.* 2005, Suwarsono *et al.* 2009, Suwarsono 2012), dan NBR (*Normalized Burn Ratio*) (Brewer *et al.* 2005, Eidensink *et al.* 2005, Suwarsono 2012, Nunohiro *et al.* 2007), juga NDFI (*Normalized Difference Fire Index*) (Nunohiro *et al.* 2007). Beberapa indeks tersebut telah dicoba di Indonesia, walaupun masih perlu pengembangan lebih lanjut untuk mendapatkan model identifikasi serta estimasi luas area bekas kebakaran hutan dan lahan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi (Suwarsono 2012), khususnya untuk wilayah Kalimantan Barat.

Penelitian ini mengkaji pemanfaatan data MODIS untuk identifikasi area kebakaran menggunakan model yang telah dikembangkan sebelumnya, khususnya oleh Nunohiro *et al.* (2007) untuk mendeteksi kejadian ke-

bakaran hutan dan lahan menggunakan metode perbandingan citra sebelum kebakaran (*pre fire*) dengan citra setelah kebakaran (*post fire*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model yang lebih baik dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran. Dengan demikian, hasilnya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh pemerintah setempat dan instansi terkait lainnya dalam membuat kebijakan pengendalian kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Kalimantan Barat.

2. Metode Penelitian

2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: data citra MODIS (reflektansi kanal 2 dengan resolusi spasial 250 m, dan kanal 7 dengan resolusi spasial 500 m), citra Landsat 8 dengan nomor path/row 122/060 (21 Maret 2014), serta hotspots periode 2014. Data citra diperoleh dari Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, sedangkan data *hotspot* didapatkan dari NASA (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>) untuk wilayah Kalimantan Barat. Perangkat lunak pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolah data sistem informasi geografis yang terdapat di LAPAN.

2.2. Metode

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap kegiatan sebagai berikut: 1. Pengumpulan dan pengolahan awal data, 2. Pengolahan data *hotspot* bulanan, 3. Ekstraksi variabel indeks dari citra MODIS, 4. Pembuatan dan pengambilan data contoh (*training sample data*), 5. Penghitungan tingkat kemampuan model indeks dalam penentuan area bekas kebakaran hutan dan lahan. Masing-masing tahapan kegiatan dijelaskan lebih rinci dalam sub bab berikut ini.

a. Pengumpulan dan Pengolahan Awal Data

Data *hotspot* dikumpulkan dan diunduh dari FIRMS NASA (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>) periode Januari-Desember 2014 untuk wilayah Kalimantan Barat. Data citra MODIS yang digunakan dikumpulkan dari Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN periode Januari-April 2014. Data citra diakuisi dan diproses awal sebelum diturunkan menjadi nilai reflektansi dan indeks. Proses awal yang dimaksud adalah koreksi geometrik.

b. Pengolahan Data *Hotspot* Bulanan

Data *hotspot* bulanan dihitung berdasarkan akumulasi data *hotspot* harian pada bulan tersebut. Data ini digunakan untuk mengetahui pola intensitas *hotspot* secara temporal yang akan menjadi acuan dasar dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan di Kalimantan Barat. Dari pola intensitas *hotspot* secara temporal ini akan diperoleh informasi mengenai periode

terjadinya peningkatan, puncak, penurunan intensitas kebakaran hutan di Kalimantan Barat. Informasi ini penting untuk menentukan rentang waktu dari citra MODIS yang dipilih untuk identifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan.

c. *Perhitungan Indeks Indikator Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan*

Perhitungan indeks indikator luas kebakaran hutan dan lahan dikembangkan dari model yang digunakan oleh Nunohiro *et al.* (2007). Model tersebut memanfaatkan nilai reflektansi kanal 2 dan 7 MODIS. Berdasarkan sifat kedua kanal tersebut diturunkan model deteksi kebakaran hutan NDFI (*Normalized Difference Fire Index*) dan MNDFI (*Modified Normalized Difference Fire Index*). Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai NDFI, MNDFI berdasarkan metode Nunohiro *et al.* (2007):

$$NDFI = \frac{B7 - B2}{B7 + B2}$$

$$MNDFI = \frac{B7 - B2 - 5\%}{B7 + B2 + 5\%}$$

dimana:

- NDFI = *Normalized Difference Fire Index*
- MNDFI = *Modified NDFI*
- B2 = Reflektansi kanal 2 MODIS
- B7 = Reflektansi kanal 7 MODIS
- 5% = Nilai NDFI dikalikan 5%

d. *Pembuatan dan Pengambilan Data Contoh (Training Sample Data)*

Training sampel data dibuat berdasarkan hasil pengamatan secara visual citra satelit MODIS daerah-daerah yang diduga merupakan area bekas kebakaran hutan dan lahan. Pengambilan training sampel data dilakukan dengan perbandingan citra sebelum kebakaran dengan setelah kebakaran. Daerah contoh yang diambil pada citra sebelum kebakaran adalah daerah yang memiliki warna piksel kehijauan sedangkan pada citra setelah kebakaran adalah daerah yang memiliki warna piksel coklat kemerahan. Ukuran piksel minimum yang diambil berukuran 2x2 piksel. Penentuan training sampel data menjadi acuan dasar dalam penentuan model manakah yang dengan baik mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan.

e. *Penentuan Ambang Batas (Threshold) Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan*

Nilai ambang batas sangat menentukan tingkat akurasi area bekas kebakaran hutan dan lahan yang dihasilkan (Suwarsono 2012). Perhitungan nilai ambang batas dilakukan dengan menghitung rata-rata (μ) dan standar deviasi (σ) yang diperoleh dari *training sample data* citra MODIS. Penghitungan *threshold* ini dilakukan pada masing-masing nilai paska kebakaran dan selisih antara nilai sebelum dan paska kebakaran

untuk masing-masing model identifikasi. Mengacu pada Fraser *et al.* (2000) *threshold* yang akan digunakan untuk menentukan area bekas kebakaran adalah $\mu - 3\sigma$.

f. *Pembuatan Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan Sebagai Data Referensi*

Tingkat akurasi area bekas kebakaran hutan yang dihasilkan dari citra MODIS diperlukan data area bekas kebakaran hutan pembanding atau data referensi (Suwarsono 2012). Penentuan area pembanding dalam penelitian ini menggunakan hasil interpretasi visual terhadap lokasi area terbakar yang diolah dari data citra Landsat 8 yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi. Area yang dipilih untuk dijadikan pembanding juga berdasarkan dari persebaran hotspot (MODIS) dalam jumlah yang tinggi.

g. *Identifikasi Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan dari Citra MODIS*

Identifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan menggunakan syarat yang didasari *threshold* sebelumnya. Sebuah piksel akan teridentifikasi sebagai area terbakar jika memenuhi syarat sebagai berikut:

$$BA \geq t_{(\text{indeks post})} \text{ dan } BA \geq t_{(\Delta \text{indeks})}$$

$$\Delta \text{indeks} = \text{Indeks}_{\text{post}} - \text{Indeks}_{\text{pre}}$$

dimana :

$$BA = \text{Piksel area terbakar masing-masing indeks}$$

$$t_{(\text{indeks post})} = \text{Threshold berdasarkan nilai reflektansi paska kebakaran}$$

$$t_{(\Delta \text{indeks})} = \text{Threshold berdasarkan } \Delta \text{ indeks}$$

$$\text{Indeks}_{\text{post}} = \text{Nilai reflektansi paska kebakaran}$$

$$\text{Indeks}_{\text{pre}} = \text{Nilai reflektansi sebelum kebakaran}$$

h. *Penghitungan Tingkat Kemampuan Model Indeks dalam Penentuan Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan*

Kaufman dan Remer (1994) menyatakan bahwa penghitungan tingkat kemampuan model berbasis nilai reflektansi dan indeks dalam penentuan area bekas kebakaran hutan (*Discrimination ability*) dapat dilakukan dengan menghitung nilai *Normalized Distance* (D). *Discrimination ability* dalam istilah lain disebut dengan separabilitas. Nilai D diperoleh dengan menghitung nilai selisih antara rata-rata nilai sampel setelah dan sebelum terbakar dibagi dengan jumlah standar deviasi keduanya. Semakin tinggi nilai D maka semakin tinggi kemampuan nilai reflektansi atau indeks dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan. Nilai $D > 1$ menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan yang baik dalam membedakan area terbakar dengan tidak terbakar, sedangkan jika $D < 1$ maka indeks tersebut mempunyai kemampuan yang rendah dalam membedakan area terbakar atau tidak. Penghitungan nilai D ini juga dapat digunakan sebagai alat untuk verifikasi model. Berdasarkan hasil uji akurasi dan perhitungan

maka dapat diketahui indeks identikasi mana yang paling sesuai digunakan untuk daerah Kalimantan Barat. Persamaan yang digunakan dalam menghitung nilai D adalah (Kaufman dan Remer 1994):

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

dengan :

- D = *Normalize distance*
- μ_1 = Rata-rata sampel sebelum kebakaran
- μ_2 = Rata-rata sampel setelah kebakaran
- σ_1 = Standar deviasi sampel sebelum kebakaran
- σ_2 = Standar deviasi sampel setelah kebakaran

i. *Penghitungan Tingkat Akurasi Hasil Area Bekas Kebakaran Hutan dari Citra MODIS*

Tingkat akurasi area bekas kebakaran hutan yang dihasilkan dari citra MODIS dilakukan dengan membandingkannya dengan hasil penafsiran citra Landsat 8. Berdasarkan data area bekas kebakaran hutan hasil identifikasi dari citra MODIS dan data referensi maka tingkat akurasi area bekas kebakaran hutan dapat diketahui dengan menghitung nilai ICSI (*Individual Classification Succses Index*) yaitu dengan menggunakan persamaan yang diadopsi dari Koukoulas dan Blachburn (2001) sebagai berikut:

$$ICSI = 1 - \text{Error of Omm}\% + \text{Error of Comm}\%$$

dimana:

- ICSI = *Individual Classification Succses Index*
- Omm = *Burned area* yang masuk ke kelas lain
- Comm = *Burned area* tambahan dari kelas lain

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Intensitas Hotspot Bulanan

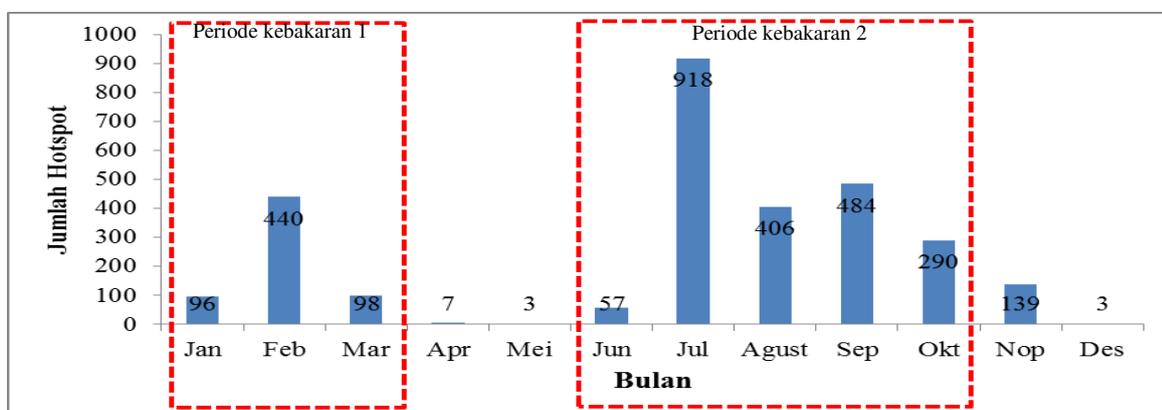
Berdasarkan hasil perhitungan akumulasi hotspot bulanan menunjukkan bahwa jumlah hotspot di Kalimantan Barat sepanjang tahun 2014 mencapai 2025 hotspot. Jumlah hotspot mengalami peningkatan

mulai bulan Januari 2014 dan mencapai puncaknya di bulan Februari 2014 sebanyak 440 hotspot dan menurun kembali di bulan Maret 2014 hingga Mei 2014, kemudian jumlah hotspot mengalami peningkatan kembali pada tahun yang sama di bulan Juni dan mencapai puncak keduanya di bulan Juli sebanyak 918 hotspot dan kembali menurun di bulan Agustus 2014 (Gambar 1). Dengan demikian, dapat diduga bahwa periode kebakaran pada tahun 2014 di Kalimantan Barat terjadi sekitar bulan Februari dan Juli karena intensitas hotspot tertinggi terjadi pada bulan tersebut.

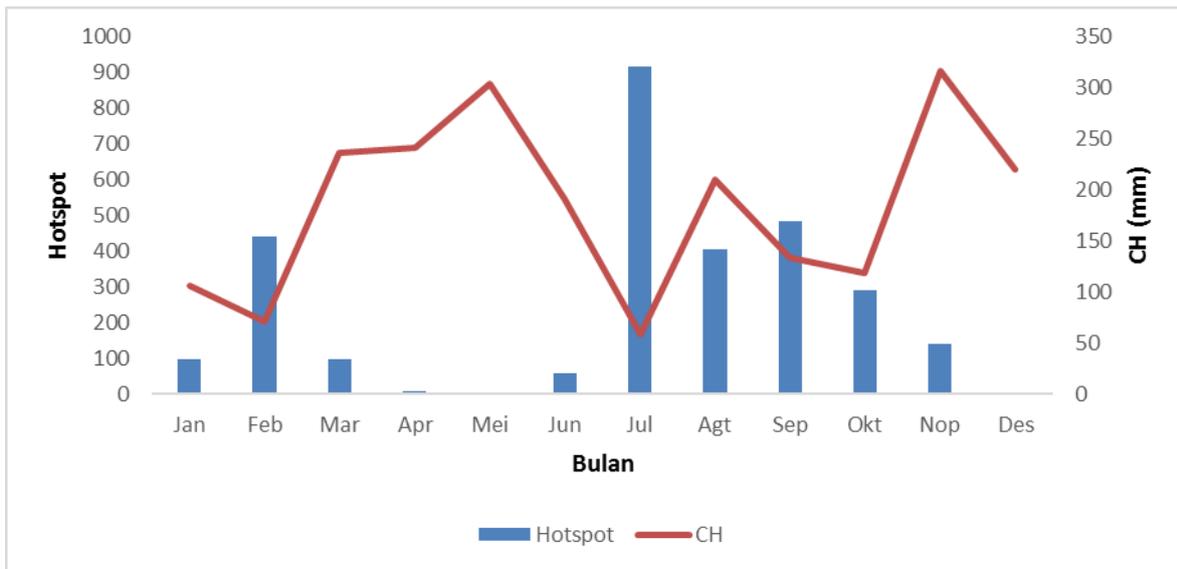
Kenaikan jumlah hotspot pada bulan-bulan tersebut umumnya terjadi pada saat adanya penurunan curah hujan di Provinsi Kalimantan Barat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pola curah hujan di provinsi ini memiliki pola ekuatorial dan monsunal (Juaeni *et al.* 2010), yang berarti wilayah ini memiliki dua puncak musim penghujan maupun kemarau. Bulan terbasah pertama terjadi pada bulan April sedangkan bulan basah kedua terjadi pada bulan Desember. Bulan dengan curah hujan terendah adalah bulan Februari dan sekitar bulan Agustus (Aldrian 2001; Juaneni *et al.* 2010). Berdasarkan intensitas hotspot bulanan di atas, perekaman citra MODIS untuk analisis indeks NDFI dan MNDFI dapat diambil dari salah satu periode kebakaran di bulan Februari atau Juli. Dengan mempertimbangkan ketersediaan data, maka penelitian ini menggunakan periode kebakaran bulan Februari.

Namun perlu diperhatikan pula data pada periode kedua yang dapat lebih memastikan kondisi area terbakar secara lebih menyeluruh. Hal ini merupakan keterbatasan penelitian yang dilakukan.

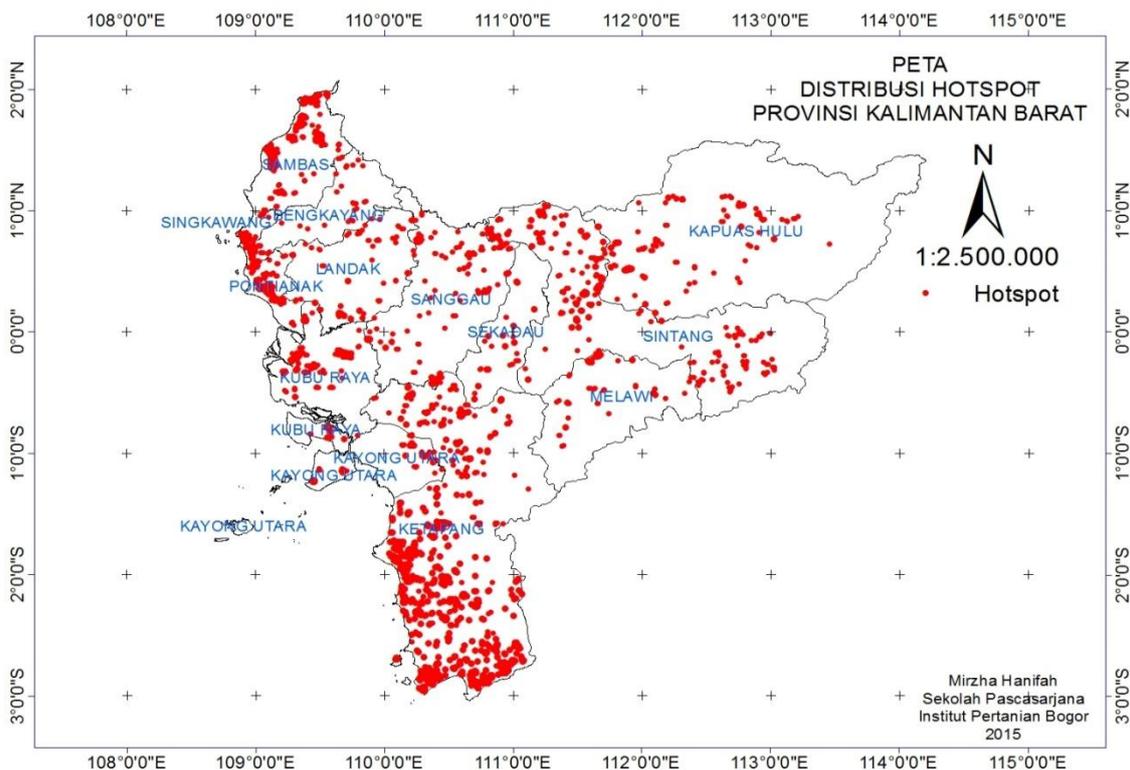
Secara spasial, sepanjang tahun 2014, hotspot mengalami distribusi di hampir seluruh wilayah Kalimantan Barat. Dari 2025 hotspot, sebagian besar terdistribusi di Kabupaten Ketapang sebanyak 977 hotspot. Daerah lainnya yang terpantau memiliki jumlah hotspot yang tinggi adalah Kabupaten Sambas sebanyak 435 hotspot, Kabupaten Sintang sebanyak 321 hotspot, Kabupaten Kubu Raya sebanyak 290 hotspot, serta Kabupaten Pontianak sebanyak 245 hotspot (Gambar 3).



Gambar 1. Intensitas hotspot bulanan di Provinsi Kalimantan Barat tahun 2014 (Sumber: FIRMS NASA <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>)



Gambar 2. Intensitas curah hujan bulanan dengan titik panas di Provinsi Kalimantan Barat tahun 2014 (Sumber: CMORPH <http://iridl.ldeo.colombia.edu/expert/Sources/IRI/Analyses/Loust/CMORPH/dekadsum>)



Gambar 3. Peta distribusi spasial hotspot di Provinsi Kalimantan Barat tahun 2014 (Sumber hotspot: FIRMS NASA <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>)

3.2. Nilai NDFI dari Ekstraksi Citra MODIS

Berdasarkan hasil analisis distribusi temporal hotspot bulanan periode 2014 maka dapat ditentukan periode kebakaran yang akan digunakan sebagai tanggal perekaman citra satelit yang akan dianalisis. Periode yang dipilih adalah bulan Januari hingga April. Hal ini bertujuan untuk membangun *training sample*

data dalam mengesktraksi citra MODIS. Kedua citra MODIS akan dibandingkan secara visual. Citra MODIS sebelumnya diakuisi dan diproses awal kemudian dipisahkan citra yang benar-benar bersih dari tutupan awan, atau yang memiliki tutupan awan sangat sedikit. Hal ini bertujuan untuk memudahkan memastikan daerah-daerah mana saja yang diduga sebagai daerah bekas kebakaran hutan dan lahan dalam membangun *training sample* data. Gambar 4

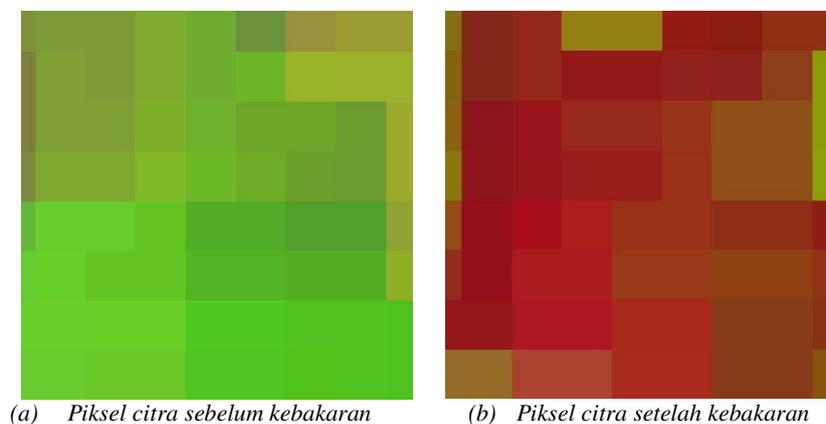
menunjukkan contoh citra sebelum dan sesudah kebakaran yang dibandingkan secara visual.

Berdasarkan perbandingan secara visual tersebut, didapatkan 24 sampel area bekas kebakaran hutan dan lahan di wilayah Kalimantan Barat. Selanjutnya dari sampel-sampel tersebut dilakukan proses perhitungan indeks NDFI (Gambar 5). Sampel-sampel tersebut memiliki karakteristik nilai NDFI yang bervariasi. Tabel 1 menunjukkan hasil analisis nilai NDFI pada periode sebelum dan setelah kebakaran. NDFI memiliki nilai rata-rata -0.652 saat sebelum kebakaran sedangkan saat setelah kebakaran menjadi -0.232. Saat periode sebelum kebakaran NDFI memiliki selang nilai rata-rata antara -0.761 hingga -0.495, sedangkan saat setelah kebakaran memiliki selang antara -0.605 hingga 0.006. Hasil analisis menunjukkan nilai NDFI mengalami peningkatan 42% setelah kebakaran. Hal ini sesuai yang dinyatakan oleh Nunohiro *et al.* (2007) bahwa nilai NDFI akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan menurunnya jumlah klorofil vegetasi akibat kebakaran.

NDFI merupakan indeks hasil ekstraksi dari citra MODIS yang memanfaatkan kanal 2 (NIR) dan 7 (SWIR). Terkait dengan kebakaran hutan dan lahan, nilai kanal 2 (spektrum panjang gelombang inframerah dekat/*Near Infra Red*; 0.841-0.876 μm) berkorelasi tinggi dengan jumlah klorofil sedangkan kanal 7 (spektrum panjang gelombang inframerah pendek/*Short Wave Infra Red*; 2.105-2.155 μm) berkorelasi dengan peningkatan suhu (Nunohiro *et al.* 2007).

Seperti yang dinyatakan oleh Cocke *et al.* (2005) bahwa metode yang menggunakan spektrum panjang gelombang inframerah pendek/*Short Wave Infra Red* akan memberikan hasil yang lebih baik karena spektrum ini lebih tidak mudah terpengaruh gangguan atmosfer seperti asap jika dibandingkan menggunakan spektrum *visible*. Demikian dengan hasil penelitian Miettinen (2007) yang memanfaatkan kanal 2 MODIS mampu dengan baik memetakan daerah bekas kebakaran hutan dan lahan di daerah tropis. Selanjutnya, X Cao *et al.* (2009) juga menyimpulkan karakteristik spektral dari piksel area bekas kebakaran bahwa spektrum NIR dan SWIR mampu membedakan area bekas kebakaran dengan area yang tidak terbakar serta mampu membedakan dengan badan air dan tutupan awan tipis.

Saat *pre fire* kondisi vegetasi lebih dominan dibandingkan saat *post fire* dimana keadaan vegetasi jarang atau bahkan hilang yang diduga disebabkan kejadian kebakaran hutan dan lahan. Hal ini terlihat dari pengamatan visual warna piksel citra yang berubah secara drastis, dari warna kehijauan menjadi coklat kemerahan. Oleh karena adanya kondisi vegetasi yang lebih dominan saat *pre fire*, nilai kanal 2 yang berkorelasi tinggi dengan jumlah klorofil akan lebih tinggi dibandingkan kanal 7, sedangkan keadaan sebaliknya saat *post fire* nilai kanal 7 lebih tinggi yang diakibatkan suhu permukaan yang tinggi. Oleh sebab itu, nilai NDFI dari periode *pre fire* hingga *post fire* akan meningkat.



Gambar 5. Contoh sampel piksel sebelum dan setelah komposit RGB 621

Tabel 1. Nilai minimum, maksimum, rata-rata dan standar deviasi NDFI pada area bekas ke-bakaran hutan dan lahan saat sebelum dan sesudah kebakaran

Nilai NDFI	Periode	
	Sebelum Kebakaran	Paska Kebakaran
Min	-0.761	-0.605
Max	-0.495	0.006
Mean	-0.653	-0.232
Stdev	0.023	0.068

3.3. Nilai MNDFI dari Ekstraksi Citra MODIS

Dari 24 sampel yang diduga merupakan area bekas kebakaran selanjutnya diproses untuk menghitung nilai MNDFI. Tabel 2 menunjukkan hasil analisis nilai MNDFI pada periode sebelum dan setelah kebakaran. MNDFI memiliki nilai rata-rata -0.614 saat sebelum kebakaran sedangkan saat setelah kebakaran menjadi -0.204. Saat periode sebelum kebakaran MNDFI memiliki selang nilai rata-rata antara -0.737 hingga -0.461,

sedangkan saat setelah kebakaran memiliki selang antara -0.555 hingga 0.004.

Seperti halnya NDFI, nilai MNDFI juga mengalami peningkatan sebesar 41% setelah periode paska kebakaran. MNDFI merupakan sebuah model yang dikembangkan Nunohiro *et al.* (2007) sebagai modifikasi dari NDFI. Nilai kanal 7 dalam NDFI akan semakin tinggi akibat pengaruh peningkatan suhu serta dampak penghamburan awan, oleh karena itu kanal 7 masih dapat dipengaruhi keberadaan awan. Dengan penambahan nilai 5% dari NDFI dalam algoritma sebelumnya, dikembangkan MNDFI sebagai indeks untuk mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan yang akan lebih tegas terhadap pengaruh dari awan dan badan air (Nunohiro *et al.* 2007).

Tabel 2. Nilai minimum, maksimum, rata-rata dan standar deviasi MNDFI pada area bekas kebakaran hutan dan lahan saat sebelum dan sesudah kebakaran

Nilai MNDFI	Periode	
	Sebelum Kebakaran	Paska Kebakaran
Min	-0.737	-0.555
Max	-0.461	0.004
Mean	-0.614	-0.204
Stdev	0.021	0.064

3.4. Nilai Distance (D)

Hasil pengujian 24 sampel area bekas kebakaran hutan dan lahan sebelumnya menghasilkan *D-Value* untuk NDFI sebesar 7.289 sedangkan MNDFI memiliki nilai sebesar 7.792. Berdasarkan hal ini dapat dikatakan bahwa kedua variabel indeks tersebut akan dapat dengan baik membedakan area terbakar dengan tidak terbakar sehingga dapat diaplikasikan dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan. Miettinen (2007) menyatakan bahwa separabilitas spektral antara area terbakar dengan tidak terbakar terkuat adalah dalam lingkup kombinasi reflektansi spektrum NIR-SWIR.

3.5. Nilai Ambang Batas (Threshold) NDFI dan dari Citra Modis

Berdasarkan hasil analisis *D-Value*, telah diketahui bahwa NDFI dan MNDFI merupakan variabel yang mampu mengidentifikasi area bekas kebakaran. Selanjutnya dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan menggunakan masing-masing variabel tunggal tersebut maka dibutuhkan suatu nilai ambang batas (*threshold*). *Threshold* ditentukan berdasarkan hasil perhitungan nilai rata-rata (μ) dan standar deviasi (σ) yang diperoleh dari training sampel data citra MODIS. Tabel 3 menunjukkan *threshold* untuk kedua indeks. *Threshold* sangat menentukan tingkat akurasi area bekas kebakaran hutan dan lahan yang dihasilkan (Suwarsono 2012). Selanjutnya, *threshold* ini akan digunakan dalam mengidentifikasi daerah bekas keba-

karan hutan menggunakan metode perbandingan citra pre fire dengan post fire.

Tabel 3. Threshold NDFI dan MNDFI untuk mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan

Indeks	Threshold	
	Nilai reflektansi paska kebakaran	Beda perubahan
NDFI	-4372	2834
MNDFI	-3957	2809

3.6. Identifikasi Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan NDFI dan MNDFI

Metode identifikasi yang digunakan adalah perbandingan citra *pre fire* dan *post fire*. Sebagai citra tunggal dalam mengidentifikasi maka digunakan *threshold* yang telah ditentukan sebelumnya sebagai kondisi untuk memisahkan area bekas kebakaran dengan tidak terbakar. Gambar 6 menunjukkan hasil identifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan masing-masing variabel NDFI dan MNDFI dari citra MODIS.

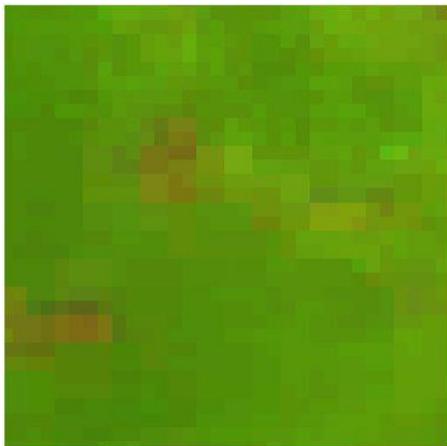
3.7. Tingkat Akurasi Identifikasi Area Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan

Penghitungan tingkat akurasi pada masing-masing indeks menunjukkan bahwa MNDFI memiliki tingkat akurasi yang sedikit lebih tinggi yaitu sebesar 37.2%, sedangkan untuk NDFI memiliki tingkat akurasi sebesar 36.5%. Tingkat akurasi ini masih terbilang rendah karena dijumpai adanya komisi (*commision*) dan omisi (*ommision*), yaitu daerah lain yang tidak terbakar yang ikut terdeteksi sebagai area terbakar atau daerah yang sebenarnya terbakar namun tidak terdeteksi sebagai area terbakar. Adanya eror tersebut terkait dengan resolusi spasial kanal 2 dan 7 citra MODIS yang digunakan pada algoritma NDFI dan MNDFI. Kanal 2 memiliki resolusi spasial 250 meter sedangkan kanal 7 memiliki resolusi spasial 500 meter. Miettinen (2007) menjelaskan bahwa luasan terkecil area terbakar yang masih dapat terdeteksi dengan model dari kedua kanal citra MODIS tersebut berkisar 6.25 hingga 25 ha. Area terbakar yang terdeteksi pada resolusi spasial 500 meter (luasan 25 ha) tidak berarti bahwa seluruh piksel merupakan area terbakar, kemungkinan hanya merupakan area terbakar kecil atau fraksi-fraksi kecil area terbakar yang berukuran kurang dari 25 ha. Demikian pula area terbakar yang terdeteksi pada resolusi spasial 250 meter (luasan 6.25 ha). Selanjutnya karena perbedaan nilai yang kuat antara area terbakar dengan tidak terbakar, meskipun hanya memiliki luasan 40% atau kurang dari ukuran satu piksel, daerah tersebut dapat terdeteksi sebagai area terbakar (Eva dan Lambin 1998). Daerah tropis Asia Tenggara banyak dijumpai adanya kebakaran-kebakaran kecil berukuran kurang dari 25 ha yang dilakukan oleh masyarakat atau pengusaha kecil (Suwarsono 2012). Selain itu karena

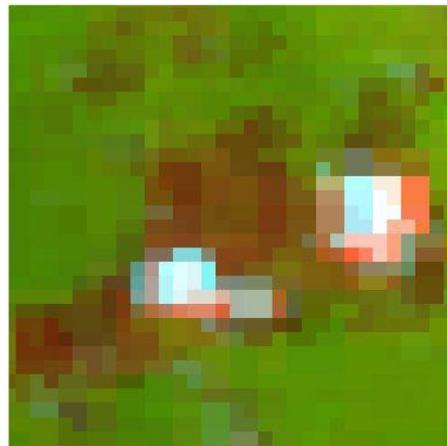
keterbatasan data sehingga tanggal perekaman citra MODIS dengan Landsat yang digunakan dalam penelitian ini tidak sama namun masih berdekatan, sehingga memungkinkan adanya penambahan area kebakaran di antara selang waktu antara citra tersebut.

Walaupun hanya memiliki perbedaan sekitar 0.7% namun hal ini menunjukkan bahwa modifikasi dari NDFI dapat dijadikan indikator dalam mendeteksi area

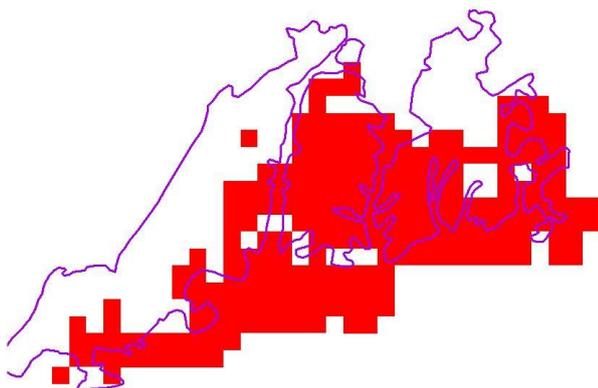
bekas kebakaran hutan dan lahan dan dapat dikembangkan lebih lanjut. Modifikasi NDFI bertujuan untuk memperbaiki nilai kanal 7 dalam NDFI yang mudah terpengaruh oleh suhu dan awan. Berdasarkan hasil perhitungan ini, maka dapat dijadikan acuan awal dalam pengembangan algoritma tersebut untuk deteksi kejadian kebakaran hutan dan lahan selanjutnya di daerah Indonesia yang lain.



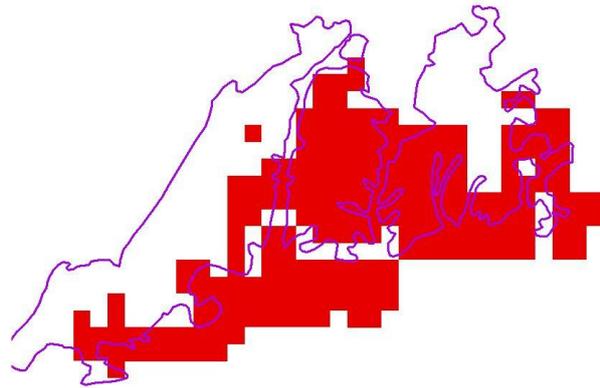
(a) Citra MODIS komposit RGB 621 sebelum kebakaran tanggal 28 Januari 2014



(b) Citra MODIS komposit RGB 621 setelah kebakaran tanggal 2 April 2014



(c) Model NDFI (threshold $\mu-3\sigma$)



(d) Model MNDFI (threshold $\mu-3\sigma$)

Gambar 6. Perbesaran hasil identifikasi area terbakar. Area terbakar dari citra MODIS (warna merah) dan area terbakar dari citra Landsat 8 (garis ungu)

4. Kesimpulan

Indeks NDFI dan MNDFI memiliki kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Barat untuk kasus kebakaran di Kalimantan Barat pada periode Januari-April 2014. Indeks MNDFI mempunyai akurasi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan akurasi NDFI.

Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti menyarankan perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut terhadap indeks MNDFI dan NDFI di beberapa wilayah Indonesia lain yang termasuk wilayah rawan kejadian kebakaran hutan dan lahan. Penambahan parameter iklim, dan topografi dalam mengidentifikasi area bekas kebakaran hutan dan lahan juga dipertimbangkan agar

mendapatkan hasil yang lebih baik dan representatif terhadap karakteristik kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di beberapa wilayah Indonesia serta menggunakan selang waktu tanggal perekaman citra yang lebih jauh.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih dan apresiasi tertinggi kepada pihak Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang telah memfasilitasi penulis utama dalam melakukan penelitian, terutama kepada Suwarsono M.Si yang telah membantu dalam pengumpulan dan pengolahan data.

Daftar Pustaka

- [1] Aldrian, E., 2001. Pembagian iklim Indonesia berdasarkan pola curah hujan dengan metode double correlation. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca* 2(1), pp. 11-18.
- [2] Boer R., M. Ardiyansyah, I. Prasasti, L. Syaufina, R. Shiddik, 2011. Analisis hubungan antara jumlah titik-titik panas (hotspots) dengan luas kebakaran hutan dan curah hujan. In. *Teknologi Geospasial untuk Ketahanan Pangan dan Pembangunan Berkelanjutan. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII dan Kongres MAPIN V*. ISBN: 978-602-97569-0-6. 2011 Feb 12, Bogor, Indonesia, pp. 250 – 254.
- [3] Brewer, M. R., J.C. Winne, R.L. Redmond, D.W. Opitz, M.V. Mangrich, 2005. Classifying and mapping wildfire severity: a comparison of methods. *J Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 71 (11), pp. 1311-1320.
- [4] Chuvieco, E., G. Ventura, M.P. Martin, I. Gomez, 2005. Assessment of multitemporal compositing techniques of MODIS and AVHRR images for burned land mapping. *J Remote sensing of Environment* 94, pp. 450-462.
- [5] Cocke, A. E., Fulé P. Z., J. E. Crouse, 2005. Comparison of burn severity assessment using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data. *Journal Wildland Fire* 14, pp. 189-198.
- [6] Eidensink, J., B. Schwind, K. Brewer, Z.L. Zhu, B. Quayle, S. Howard, 2007. A project for monitoring trends in burn severity. *Journal Fire Ecology Special Issue* 3 (1), pp. 3-21.
- [7] Eva, H., E.F. Lambin, 1998. Remote sensing of biomass burning in tropical regions: sampling issues and multisensor approach. *Journal Remote Sensing of Environment* 64, pp. 292-315.
- [8] Fraser, R.H., Z. Li, J. Cihlar, 2000. Hotspot and NDVI differencing synergy (HANDS): A new technique for burned area mapping over boreal forest. *Journal Remote Sensing of Environment* 72, pp. 362-376.
- [9] Giglio, L., T. Loboda, D.P. Roy, B. Quayle, C.O. Justice, 2009. An active-fire based burned area mapping algorithm for the MODIS sensor. *Journal Remote Sensing of Environment* 113, pp. 408-420.
- [10] Goldammer, J.G., B. Seibert. 1990. The impact of droughts and forest fires on tropical lowland rain forest of Eastern Borneo. Dalam: J. G. Goldammer, editor. *Fire in the tropical biota. Ecosystem processes and global challenges*. Springer Berlin Heidelberg.
- [11] Juani, I., D. Yuliani, R. Ayahbi, Noersomadi. 2010. Pengelompokan wilayah curah hujan Kalimantan Barat berbasis metode ward dan fuzzy clustering. *Jurnal Sains Dirgantara* 7 (2), pp. 82-89.
- [12] Kasischke, E.S, N.H. French, 1995. Locating and Estimating the extent of wildfires in Alaskan boreal forest using multiple-season AVHRR NDVI. *Journal Remote Sensing of Environment* 51, pp. 263-275.
- [13] Kaufman, Y. J., dan L.A. Remer, 1994. Detection of forest fire using mid-IR reflectance: an application for aerosol studies. *Journal IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 32, pp. 672-683.
- [14] [KLH RI] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. Lokakarya pencegahan kebakaran hutan dan lahan menuju masyarakat peduli api. [terhubung berkala]. <http://www.menlh.go.id/lokakarya-pencegahan-kebakaran-hutan-dan-lahan-menuju-masyarakat-peduli-api-mpa/> [29 Mei 2015].
- [15] Nunohiro, E., K. Katayama, K.J. Mackin, dan J.G. Park. 2007. Forest and field fire search system using MODIS data. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics* 11 (8), pp. 1043-1048.
- [16] Miettinen, J. 2007. Burnt area mapping in insular Southeast Asia using medium resolution satellite imagery. Disertasi. University of Helsinki, Finland.
- [17] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2004. Perlin-dungan Hutan. Tanggal 18 Oktober 2004.
- [18] Prasasti, I., R. Boer, M. Ardiyansyah, A. Buono, L. Syaufina, Y. Vetrira, 2012. Analisis hubungan kode-kode SPBK (Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran) dan hotspot dengan kebakaran hutan dan lahan di Kalimantan Tengah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 2 (2), pp. 91-101.
- [19] Suwarsono, F. Yulianto, Parwati, T. Suprpto, 2009. Pemanfaatan data MODIS untuk identifikasi daerah bekas terbakar (burned area) berdasarkan perubahan nilai NDVI di Provinsi Kalimantan Tengah tahun 2009. *Jurnal Penginderaan Jauh* 6, pp. 54-64.
- [20] Suwarsono, 2012. Daerah bekas kebakaran hutan dan lahan (burned area) di Kalimantan. Tesis. Universitas Indonesia, Bogor.
- [21] Tacconi, L., 2003. *Kebakaran Hutan di Indonesia: Penyebab, Biaya, dan Implikasi Kebijakan*. CIFOR Occasional Paper No 28.
- [22] X. Cao, J. Chen, B. Matsushita, H. Imura, L. Wang. 2009. An automatic method for burn scar mapping using support vector machines. *International Journal of Remote Sensing* 30(3), pp. 577-594.