

ISSN : 2086-4639

Jurnal
**PENGELOLAAN
SUMBERDAYA ALAM
DAN LINGKUNGAN**

Journal of Natural Resources and Environmental
Management

Volume 3 No. 1

Juli 2013

J P S L
Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
ISSN 2086-4639

Penanggung Jawab
Ketua Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan,SPs-IPB
Kepala Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) - IPB

Dewan Editor

Kebijakan dan Manajemen Lingkungan

Dr. Soeryo Adi Wibowo
Dr. Dodik Rido Nurohmat
Dr. Aceng Hidayat

Mitigasi Bencana

Dr. Euis Sunarti
Dr. Tania June
Dr. Lailan Syaufina

Perencanaan Wilayah

Dr. Ernan Rustiadi
Dr. Setia Hadi

Evaluasi Sumberdaya Lahan

Dr. Widiatmaka

Modelling dan Ilmu Sistem

Prof. Asep Saefuddin
Prof. Marimin
Prof. Bambang Pramudya

Pencemaran Air

Dr. Hefni Effendi
Dr. Etti Riani

Pencemaran Udara

Dr. Mohammad Yani
Dr. Arief Sabdo Yuwono

Teknologi Lingkungan

Prof. Erliza Noor

Ekowisata

Prof. Hadi Susilo Arifin

Keanekaragaman Hayati

Prof. Surjono Hadi Sutjahjo
Prof. Lilik Budi Prasetyo
Prof. Cecep Kusmana
Dr. Mirza Dikari Kusri

Ekonomi Lingkungan

Prof. Dudung Darusman
Prof. Ahmad Fauzi
Dr. Sri Mulatsih
Dr. Yusman Syaukat

Komunikasi Masy., Ilmu Sosial & Antropologi

Prof. Sumardjo
Prof. Ali M. A. Rachman

Hidrologi

Dr. M. Yanuar J. Poerwanto

Kesehatan Lingkungan

Drh. M. Amin
Dr. Ietje Wientarsih

Ketua Editor Pelaksana
Yudi Setiawan, M.Sc, Ph.D

Asisten Editor
Annisa Nurdiana, S.Si
M. Irfansyah Lubis, M.Dev.Prac
Prita Ayu Permatasari, SP

Sekretariat
Nur Sulianti, SP
Herlin Anggreayani, SP
Subur

Alamat Redaksi
Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Lantai 4 Kampus IPB Darmaga Bogor 16680
Telp. / Faks. 0251 - 8629641
Homepage <http://web.ipb.ac.id~psl> / e-mail jpsl-ipb@apps.ipb.ac.id

Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan merupakan berkala ilmiah yang menyajikan artikel ilmiah, pemikiran konseptual, review, dan resensi buku pada bidang pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan yang memiliki karakteristik tropis. Setiap naskah yang dikirimkan ke Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan ditelaah oleh mitra bestari. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan terbit 2 nomor dalam satu tahun.

Pedoman Penulisan. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan merupakan berkala ilmiah yang menyajikan artikel ilmiah, pemikiran konseptual, *review*, dan resensi buku pada bidang pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang memiliki karakteristik tropis. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan menerima dan memuat naskah dalam bentuk hasil penelitian (artikel ilmiah), pemikiran konseptual, *review*, dan resensi buku. Bahasa yang digunakan dalam naskah adalah bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Naskah hasil penelitian maksimum dibuat sebanyak 15 halaman (suntingan akhir) termasuk ilustrasi naskah (gambar dan tabel). Naskah catatan penelitian maksimum dibuat sebanyak 15 halaman (suntingan akhir). Naskah pemikiran konseptual maksimum dibuat sebanyak 10 halaman (suntingan akhir).

Pengiriman Naskah. Naskah dikirimkan dalam bentuk naskah tercetak dan/atau naskah lunak. Naskah tercetak dibuat 3 rangkap. Naskah lunak (terdiri dari badan utama naskah dan ilustrasi) diketik menggunakan program *Microsoft Word, Excel*, atau program pengolah kata lainnya dan dikirimkan melalui fasilitas e-mail atau dalam bentuk CD-ROM. Naskah diketik 1 spasi pada kertas ukuran A4, menggunakan pias 2 cm, dan tipe huruf *Times New Roman* berukuran 12 *point*. Setiap halaman naskah diberi nomor halaman secara berurutan. Ilustrasi naskah berupa gambar dan/atau tabel dikelompokkan pada halaman terpisah di bagian akhir naskah dan ditunjukkan dengan jelas posisi ilustrasi tersebut dalam badan utama naskah. Setiap naskah yang dikirimkan secara langsung, melalui pos surat, dan melalui fasilitas e-mail harus disertai alamat korespondensi lengkap dengan nomor telepon dan kode pos.

Format Naskah. Naskah hasil penelitian disusun dengan urutan:

Judul. Menggambarkan isi pokok tulisan secara ringkas dan jelas (maksimum 20 kata untuk judul berbahasa Indonesia dan 15 kata untuk judul berbahasa Inggris), ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris untuk naskah dalam bahasa Indonesia, dan ditulis dalam bahasa Inggris untuk naskah dalam bahasa Inggris.

Nama lengkap penulis. Ditulis lengkap (tidak disingkat) dan tanpa gelar.

Alamat lengkap penulis. Ditulis lengkap nama instansi, asal penulis, dan alamat surat instansi dilengkapi nomor telepon dan faksimili serta alamat e-mail untuk korespondensi.

Abstrak. Berisi inti naskah yang memuat tujuan, hasil, dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dikerjakan. Maksimum sebanyak 250 kata dan ditulis dalam bahasa Inggris untuk naskah berbahasa Indonesia maupun naskah berbahasa Inggris, serta dicantumkan kata kunci (*keywords*) pada bagian akhir abstrak (maksimum 5 kata kunci). Kata kunci dibuat spesifik dan mencirikan naskah sehingga memudahkan dalam proses penelusuran naskah.

Pendahuluan. Berisi tentang teori, hasil penelitian dan/atau berita-berita terkini yang menjadi latar belakang pentingnya penelitian dilakukan, rumusan permasalahan, dan tujuan penelitian.

Metode. Mendiskripsikan secara singkat dan padat tentang metode penelitian yang digunakan termasuk spesifikasi bahan dan alat, pengambilan contoh (kualifikasi dan cacah), cara pengukuran, desain penelitian, tahapan cara kerja, parameter, dan analisis data.

Hasil dan pembahasan. Menyajikan hasil yang diperoleh secara singkat dan dapat didukung oleh ilustrasi berupa tabel, gambar atau deskripsi kualitatif. Pembahasan dibuat dengan menitikberatkan pada hubungan sebab-akibat, keterkaitan antara teori dan hasil, penelitian terdahulu yang mirip dan sejenis. Penulis diharapkan berani untuk menilai kelebihan dan kekurangan hasil penelitian yang diperoleh dengan cara membandingkan hasil penelitian dengan hipotesis, standar mutu, dan/atau hasil penelitian terdahulu yang sejenis atau mirip melalui pencantuman dan penggunaan pustaka acuan primer dalam pembahasan. Dampak dari penelitian yang dilakukan perlu juga diuraikan pada akhir pembahasan.

Kesimpulan. Kesimpulan menggambarkan atau memberi jawaban atas permasalahan atau tujuan penelitian, dan bukan sebagai rangkuman hasil penelitian. Kesimpulan dibuat singkat, jelas, bersifat kualitatif dan umum, dan ditulis dalam paragraf.

Saran (jika diperlukan). Saran berisi hal-hal penting dalam upaya penelitian lebih lanjut maupun dalam tahap implementasi.

Ucapan terima kasih (jika diperlukan). Ditujuan kepada instansi dan atau orang yang berjasa besar terhadap penelitian yang dilakukan dan ditulis dalam 1 paragraf maksimum 50 kata.

Ilustrasi. Ilustrasi berguna untuk memberikan informasi yang lebih efektif dalam menjelaskan hubungan antarpeubah. Ilustrasi dapat berupa gambar (grafik, diagram alir, bagan, foto atau peta) dan tabel yang merupakan bagian dari naskah serta dapat berdiri sendiri sehingga harus diberi keterangan yang jelas. Setiap ilustrasi yang dibuat harus merujuk dalam naskah utamanya. Tidak diperkenankan mencantumkan garis pinggir pada gambar. Ilustrasi yang tidak dibuat dalam format naskah lunak, harus disertakan secara lepas dengan kualitas gambar yang baik.

Daftar pustaka. Acuan pustaka yang digunakan dalam naskah ditulis dengan format nama keluarga diikuti tahun penerbit yang ditulis dalam tanda kurung (acuan pustaka pada awal kalimat) atau nama keluarga diikuti tahun penerbitan sumber informasinya serta diapit oleh tanda kurung (acuan pustaka pada akhir kalimat). Pada pustaka dengan dua penulis, dituliskan kata hubung dan diantara nama penulis (acuan pustaka dalam alinea) atau dihubungkan tanda & diantara nama penulis (acuan pustaka diapit tanda kurung). Jika terdapat lebih dari dua penulis, maka cukup dituliskan nama penulis pertama diikuti *et al.* diikuti tahun penerbitan sumber informasinya.

Daftar pustaka memuat acuan pustaka yang digunakan dalam naskah dan ditulis dengan format nama keluarga dan tahun terbitnya, yang diurut berdasar huruf depan nama penulis pertama.

Acuan pustaka yang digunakan maksimal berasal dari acuan yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir. Daftar lengkap acuan pustaka disusun menurut abjad, diketik satu spasi dengan tata cara penulisan seperti contoh-contoh berikut:

Jurnal

Arbeeny CM. 2004. Addressing the unmet medical need for safe and effective weight loss therapies. *Obesity Research*. 12:1191-1196.

Jaya INS, Kobayashi S, Saleh MB. 2006. Feasibility of multivariate Landsat-5 data for monitoring forest plantation using principal component algorithm. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 12(1):7-17.

Buku

Harborne JB. 1987. *Phytochemical Methods*. London: Chapman and Hall.

Draper NR, Smit H. 1992. *Analisis Regresi Terapan*. Sumantri B, penerjemah. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: *Applied Regression Analysis*.

[PROSEA] Plant Resources of South-East Asia. 2002. *PROSEA* 12(2): *Medical and Poisonous Plants* 2. Bogor: PROSEA.

Surat Keputusan Menteri Pertanian. 2008. Lampiran Keputusan Menteri Pertanian Nomor 240/Kpts/SR 120/3/2/2008. Tanggal 6 Maret 2008.

Artikel dalam buku

Lancia R, Nichols J, Pollock K. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations. In: TA Bookout, editor. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Fifth edition. Bethesda: The Wildlife Society

Artikel dalam Prosiding

Rahmat M, Sumadi A, Hidayat AB. 2007. Pendugaan serapan karbon hutan tanaman *Acacia crassicarpa* umur 2 dan 3 tahun di HTI PT SBA Wood Industries. Di dalam: *Prosiding Workshop Sintesa Hasil Litbang Hutan Tanaman*; 2007Desember 14; Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. hlm 293-245.

Tesis/Disertasi

Prihadi N. 2010. Kelembagaan kemitraan industri pengolahan kayu bersama rakyat dalam rangka pembangunan hutan di Pulau Jawa [disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Patent

Muchtadi TR, penemu; Institut Pertanian Bogor. 1993Mar 9. Suatu proses untuk mencegah penurunan beta karoten pada minyak sawit. ID 0002569.

Informasi dari internet

Torres MA, Vera. 2005. Detecting areas disturbed by mining activities through landsat images San Luis Potosi City. *Mexico Geophysical Research Abstracts* [Internet]. [diunduh 2009 Feb 22]; 7:54-57. Tersedia pada: <http://www.sciencedirect.com>.

JURNAL PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
Journal of Natural Resources and Environmental Management

Vol. 3 No. 1 Juli 2013

ISSN 2086-4639

Analisis Kebijakan Pemanfaatan Sumberdaya Danau yang Berkelanjutan (Studi Kasus Danau Maninjau Sumatera Barat) (Asnil, Kooswardhono Mudikdjo, Soedodo Hardjoamidjojo, Ahyar Ismail)	1-9
Karakteristik Pertumbuhan Jarak Pagar (<i>Jatropha Curcas</i> L.) yang Ditambahkan Cendawan Endofit pada Lahan Pasca Tambang Timah (Sukmarayu P. Gedoan, Alex Hartana, Hamim, Utut Widyastuti, Nampiah Sukarno)	10-16
Model Kebijakan dan Sistem Hukum Pemberantasan Pembalakan Liar di Indonesia (Studi Kasus di Provinsi Riau) (Marissa Grace Haque, Rinekso Soekmadi, Hasim, Hartrisari Hardjomidjojo, Daud Silalahie)	17-22
Analisis Konflik Pemanfaatan Lahan di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak (Windra Kurniawan, Cecep Kusmana, Sambas Basuni, Aris Munandar, Kholil)	23-30
Valuasi Manfaat Ekologis Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Bogor dengan Aplikasi CITYGreen 5.4 (Indung Sitti Fatimah, Naik Sinukaban, Aris Munandar, Kholil)	31-38
Analisis Hubungan Kode-Kode SPBK (Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran) dan Hotspot dengan Kebakaran Hutan dan Lahan di Kalimantan Tengah (Indah Prasasti, Rizaldi Boer, M. Ardiansyah, Agus Buonod, Lailan Syaufina, Yenni Vetrifa)	39-49

ANALISIS HUBUNGAN KODE-KODE SPBK (SISTEM PERINGKAT BAHAYA KEBAKARAN) DAN HOTSPOT DENGAN KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI KALIMANTAN TENGAH

Analyzis of Relationship Between Hotspot, FDRS and Burned Area in Central Kalimantan

Indah Prasasti^a, Rizaldi Boer^b, M. Ardiansyah^c, Agus Buono^d, Lailan Syaufina^e, Yenni Vetrita^a

^a Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN)
—septian_5990@yahoo.com

^b Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^c Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^d Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

^e Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. Land and forest fire is one of causes of land degradation in Central Kalimantan. Remote sensing data applications, especially READY-ARL NOAA and CMORPH data, are benefit for the available climate observation data. The objectives of this research are: (1) to analyze relationship between hotspots, FDRS and occurrences of land and forest fire, and (2) to develop the estimation model of burned area from hotspot and FDRS codes. The result of this research showed that burned area can not be estimated by using number of hotspots. The drought code (DC) which is one of FDRS codes has correlation with burned area. So, burned area can be estimated using drought code (DC) ($R-sq = 58\%$) by using the following formula: Burned Area (Ha) = $-62.9 + 5.14 (DC - 500)$.

Keywords: land and forest fire, NOAA, CMORPH, hotspot

(Diterima: 10-07-2012; Disetujui: 24-11-2012)

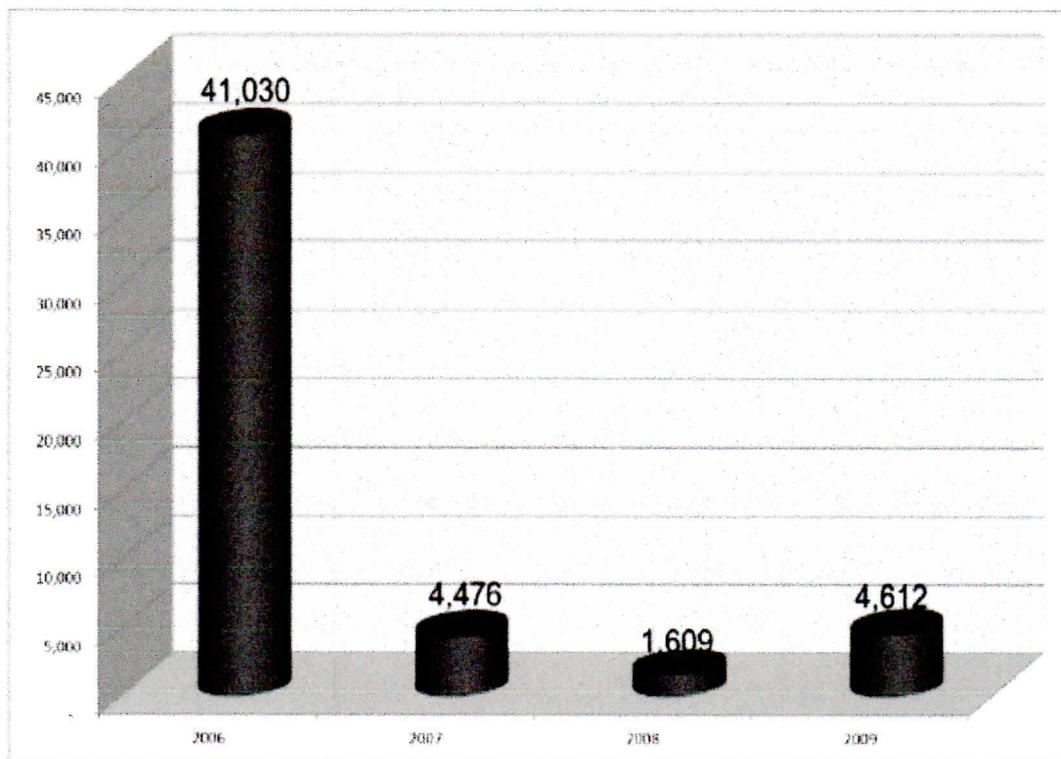
1. Pendahuluan

Kalimantan Tengah merupakan salah satu provinsi yang paling sering mengalami kebakaran hutan dan lahan (Syaufina 2008). Sejak adanya pembukaan lahan sejuta hektar pada tahun 1990 untuk areal persawahan dan pertanian lainnya, telah terjadi penurunan kualitas kawasan lahan gambut di wilayah ini dengan makin menurunnya tinggi permukaan air lahan gambut. Pada musim kemarau tahun 1997/1998 yang bertepatan dengan periode El Nino, banyak dilakukan pembukaan lahan pertanian dengan cara tebang dan bakar. Pada Desember 1997, api akibat pembukaan lahan ini menyebar tidak terkendali membakar kawasan di sekitarnya sehingga menimbulkan kebakaran hebat. Dampak kebakaran ini tidak hanya menyebabkan kerugian terhadap kerusakan biodiversitas hutan gambut di wilayah ini, tetapi juga berdampak pada kondisi lingkungan dan sosial (Simbolon 2003). Walaupun telah terjadi penurunan jumlah hotspot dibandingkan tahun 2006, namun hingga tahun 2009 tampak jumlah hotspot cenderung meningkat dibandingkan tahun 2008 (Gambar 1). Pada tahun 2009 berdasarkan hasil wawancara WWF dengan Balai Taman Nasional Sebangau diperkirakan luasan area yang terbakar adalah 20 ha di Pulang Pisau, 600 ha di Mendawai dan sekitar 20 ha lebih di sekitar Palangkaraya (Vinanda dan Maya 2009). Hingga saat

ini, Kalimantan Tengah masih merupakan salah satu wilayah yang mempunyai risiko tinggi terhadap kebakaran hutan dan lahan.

Sistem peringatan dini sangat penting dalam pengelolaan bencana kebakaran hutan dan lahan. Hal ini dikarenakan upaya penanggulangan bencana akan lebih mahal dibandingkan dengan upaya pencegahan, dan risiko kerugian dari dampak yang terjadi akan lebih kecil. Berbagai upaya dan penelitian telah dikembangkan, seperti pemantauan hotspot, pemetaan wilayah rawan kebakaran berdasarkan Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran (SPBK), dan model-model prediksi lain yang memanfaatkan unsur iklim terutama hujan.

Faktor iklim terutama curah hujan secara tidak langsung berpengaruh terhadap kebakaran hutan dan lahan, meskipun curah hujan bukan penyebab kebakaran. Curah hujan merupakan faktor penting dalam mempengaruhi kondisi kelembaban bahan bakar. Menurut van Wilgen *et al.* (1990), curah hujan menentukan akumulasi bahan bakar rerumputan. Kebakaran yang terjadi di Indonesia umumnya berkaitan dengan berlangsungnya musim kemarau terutama akibat kekeringan, yakni pertengahan hingga akhir musim kemarau. Selain itu, terdapat hubungan yang sangat nyata antara luas kebakaran (Ha) dengan curah hujan (mm) dan frekuensi kebakaran (Syaufina 2008).



Gambar 1. Penurunan Jumlah Hotspot Tahun 2006 – 2009 di Kalimantan Tengah.
(Sumber: Badan Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Tengah 2010)

Hingga saat ini, hotspot masih dipercaya sebagai alat deteksi kebakaran hutan dan lahan. Namun dalam pemanfaatannya, banyaknya jumlah hotspot yang terdeteksi tidak selalu mencerminkan makin luasnya kebakaran yang terjadi. Kondisi ini menyebabkan kesalahan penafsiran di kalangan masyarakat pengguna informasi hotspot ini. Oleh karena itu, kajian seberapa efektif penggunaan informasi hotspot dalam mencerminkan luasan areal terbakar juga perlu untuk dilakukan.

Pengembangan SPBK dimaksudkan untuk memberikan peringatan dini terhadap bahaya kebakaran di suatu wilayah. Namun dalam upaya memberikan informasi berkala tentang wilayah yang mempunyai risiko tinggi terhadap kebakaran seringkali terkendala oleh ketersediaan data yang memadai, khususnya apabila mencakup wilayah yang relatif luas. Dengan demikian, dukungan teknologi satelit penginderaan jauh (inderaja) menjadi solusi yang tepat terlebih dengan makin berkembangnya teknologi inderaja dewasa ini. Selain cakupan wilayah yang dipetakan lebih luas, juga waktu pemantauan lebih *near real-time* dibandingkan apabila menggunakan data observasi permukaan. Selain itu, cakupan wilayah pemetaan dengan data iklim observasi bersifat lokal (titik lokasi), sehingga untuk memantau dan memetakan area bahaya kebakaran yang luas memerlukan banyak data titik lokasi yang digunakan sebagai masukannya (*input*) dan perlu teknik interpolasi yang tepat. Penggunaan teknik interpolasi memungkinkan timbulnya kesalahan

terutama apabila titik estimasi relatif jauh dari stasiun observasi dan tidak mewakili kondisi topografi di wilayah tersebut (Narasimhan dan Srinivasan 2002). Salah satu upaya mengatasi permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (inderaja).

SPBK atau FDRS (*Fire Danger Rating System*) yang saat ini banyak dikembangkan; khususnya di Indonesia, diadopsi dari FDRS yang dikembangkan di Canada. Beberapa indeks atau kode (*code*) yang digunakan sebagai parameter peringkat bahaya kebakaran, yakni: FFMC (*Fine Fuel Moisture Code*), DMC (*Duff Moisture Code*), DC (*Drought code*), ISI (*Initial Spread Index*), BUI (*Build-Up Index*) dan FWI (*Fire Weather Index*). Data masukan (*input*) yang digunakan adalah data harian suhu (T), kelembaban relatif (RH), kecepatan angin pada ketinggian 10-m, dan curah hujan selama 24-jam (hasil review dari Tanskanen dan Venalainen 2008). FFMC dan DMC merupakan indikator kandungan kelembaban bahan bakar permukaan halus dan lapisan organik dengan ketebalan sedang. ISI menentukan pengaruh FFMC dan kecepatan angin terhadap laju penjarangan kebakaran (van Wagner 1987 dalam Tanskanen dan Venalainen 2008). DC mewakili laju kandungan air pada sebuah kedalaman tanah pada lapisan organik padat dan merupakan indikator yang baik dari adanya pengaruh kekeringan musiman terhadap bahan bakar kasar. BUI mengkombinasikan laju DMC dan DC dari kelembaban bahan bakar yang merepresentasikan fraksi bahan bakar yang sangat

kering dan mudah terbakar (van Wagner 1987 dan Stocks *et al.* 1989 dalam Tanskanen dan Venalainen 2008). FWI mengkombinasikan ISI dan BUI yang merupakan ukuran relatif dari intensitas potensi penjarangan api tunggal pada suatu area (Stocks *et al.* 1989 dalam Tanskanen dan Venalainen 2008). Nilai FWI berkisar antara 0 – 50. Kelemahan utama dari model ini adalah hanya dapat memberikan gambaran umum tentang kondisi bahan bakar berdasarkan komponen bahan bakar yang mati dari bahan yang ada saat ini. Tingkat kelembaban bahan bakar halus dikendalikan oleh kondisi cuaca di sekitarnya, antara lain: suhu udara, kelembaban, angin, radiasi matahari, dan jumlah curah hujan, sedangkan kelembaban bahan bakar halus hidup tidak terpengaruhi oleh kondisi cuaca jangka pendek melainkan oleh keragaman iklim jangka panjangnya (hasil review Tanskanen dan Venalainen 2008). Sementara itu, Dimitrakopoulos dan Bemmerzouk (1996) telah mengevaluasi penggunaan FWI dari data harian untuk memprediksi cuaca kebakaran hutan dan lahan. Berdasarkan hasil pengamatan selama 9 bulan pada tahun 1994 dan 1995 terhadap kondisi FWI bulanan menunjukkan adanya korelasi yang erat antara selang FWI, kelas bahaya kebakaran, dengan persentase kejadian kebakaran hutan dan lahan. Korelasi kuat terjadi terutama pada selang FWI tinggi dan ekstrim dengan persentase kejadian kebakaran. Kelemahan data SPBK adalah belum mencakup prediksi dampak anomali iklim terhadap bahaya kebakaran dan masih menggunakan data cuaca harian observasi stasiun meteorologi.

Beberapa peneliti telah mengembangkan model penentu risiko terjadinya kebakaran hutan dan lahan, antara lain menggunakan parameter SDI (*Soil Dryness Index*) dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sebagai indikator kebakaran hutan dan lahan (Anderson *et al.* 1999), menggunakan parameter tunggal NDVI (Hidayat 1997 dan Junaidi 2001), dan Departemen Kehutanan Canada menggunakan FWI sebagai indikator risiko kebakaran hutan dan lahan (Dimitrakopoulos dan Bemmerzouk 1996), menggunakan parameter ENSO dan DMI sebagai prediktor risiko kebakaran (Adiningsih 2005).

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sejak 2005 telah mengembangkan SPBK menggunakan data masukan yang diturunkan dari data satelit. Namun dalam aplikasinya belum mengintegrasikan dengan data pantauan hotspot. Selain itu, parameter luaran yang dihasilkan masih sangat membutuhkan verifikasi dan validasi di lapangan terutama terkait dengan prediksi kejadian dan luas kebakaran. Dengan demikian, kajian yang melibatkan kode-kode luaran SPBK dan data hotspot secara bersama-sama untuk menduga kejadian kebakaran hutan dan lahan masih perlu dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model hubungan kode-kode SPBK dan hotspot dengan kejadian kebakaran. Adapun SPBK digunakan sebagai parameter yang mewakili kondisi kerentanan permukaan terhadap bahaya kebakaran. Hotspot digunakan sebagai alat deteksi kebakaran. Kejadian kebakaran yang dimaksud dalam penelitian ini mencakup tanggal kejadian kebakaran, posisi lokasi kebakaran, dan luas kebakaran.

2. Metode Penelitian

2.1. Data dan Alat

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian suhu (T), kelembaban relatif (RH), dan kecepatan angin (WS) level permukaan dari data READY-ARL NOAA tahun 2009 dan 2011 dan curah hujan harian CMORPH tahun 2009 dan 2011. Selain itu, data yang dimanfaatkan adalah data hotspot MODIS dari FIRMS tahun 2009 dan 2011 dan data kejadian kebakaran yang meliputi: tanggal kejadian atau pemadaman kebakaran, posisi lokasi kebakaran, dan luas kebakaran. Secara lengkap jenis data dan cara perolehannya disajikan pada Tabel 1.

Alat yang digunakan dalam pengolahan dan analisis data adalah komputer PC, perangkat lunak Arc View, microsoft excell, dan Minitab 14.

Tabel 1. Jenis data, periode, dan cara perolehannya yang digunakan dalam penelitian

No.	Jenis Data	Periode	Cara Perolehan
1.	T, RH, dan WS harian	2009 - 2011	Diekstraksi dari data ARL NOAA via http://www.arl.noaa.gov/ready-bin/profile2a.pl untuk data pada level permukaan
2.	Curah hujan harian CMORPH	2009 - 2011	Diekstraksi dari data CMORPH via http://cpc.ncep.noaa.gov
3.	Lokasi dan jumlah hotspot harian	2009 - 2011	Diekstraksi dari data hotspot MODIS yang dipublikasi oleh FIRMS via http://maps.geog.umd.edu/firms/shapes.htm
4.	Lokasi kebakaran	2009	Hasil survei dan pengukuran GPS di lokasi kebakaran di TN Sebangau, Kalimantan Tengah
5.	Lokasi pemadaman kebakaran	2009	Hasil pemadaman kebakaran yang dilakukan oleh Manggala Agni dan diperoleh dari Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA), Palangka Raya.

2.2. Metode

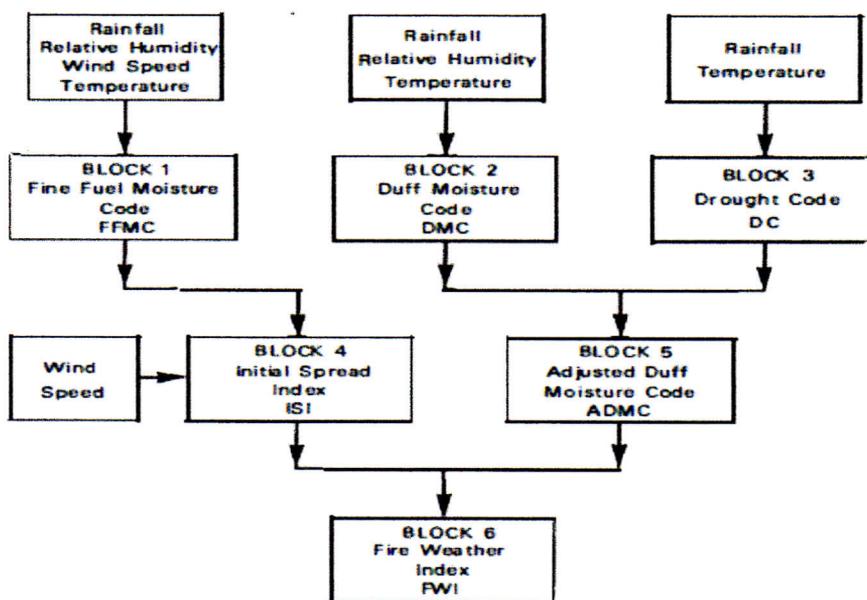
a. Ekstraksi data iklim dari ARL NOAA dan CMORPH

Data iklim non hujan yang diekstraksi adalah data harian suhu (pada level ketinggian tekanan 1200mb), kelembaban relatif (%), dan kecepatan angin (m/det) pada level permukaan. Ekstraksi data ini dilakukan dengan mengkropping data ARL NOAA berdasarkan koordinat lintang bujur Pulau Kalimantan. Resolusi grid dari data ARL NOAA ini adalah 1° x 1°. Data ARL NOAA ini dapat pula diekstraksi berdasarkan lokasi titik yang diinginkan. Selanjutnya, data ini berupa data nilai parameter iklim tiap-tiap grid yang diwakili oleh lintang bujur grid dan dapat dibaca dalam format .text sehingga bisa dibaca dan diolah

dengan perangkat lunak microsoft excell dan Arc View.

Data curah hujan CMORPH setelah diekstraksi dilakukan koreksi geometri untuk menyamakan koordinat sebenarnya di permukaan wilayah yang dikaji. Resolusi grid CMORPH adalah 0.25° lintang/bujur. Selanjutnya data dikonversi ke dalam format .txt agar dapat dibaca dan diolah dengan perangkat lunak microsoft excell dan Arc View.

Untuk menyamakan resolusi kedua data tersebut dilakukan *resize* menjadi berukuran 2.5 Km per grid. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai masing-masing kode SPBK, yakni: FFMC, DMC, DC, ISI, BUI, dan FWI. Unsur iklim dan alur perhitungan SPBK disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Masukan data dan proses perhitungan nilai masing-masing luaran SPBK (Sumber: van Wagner 1974)

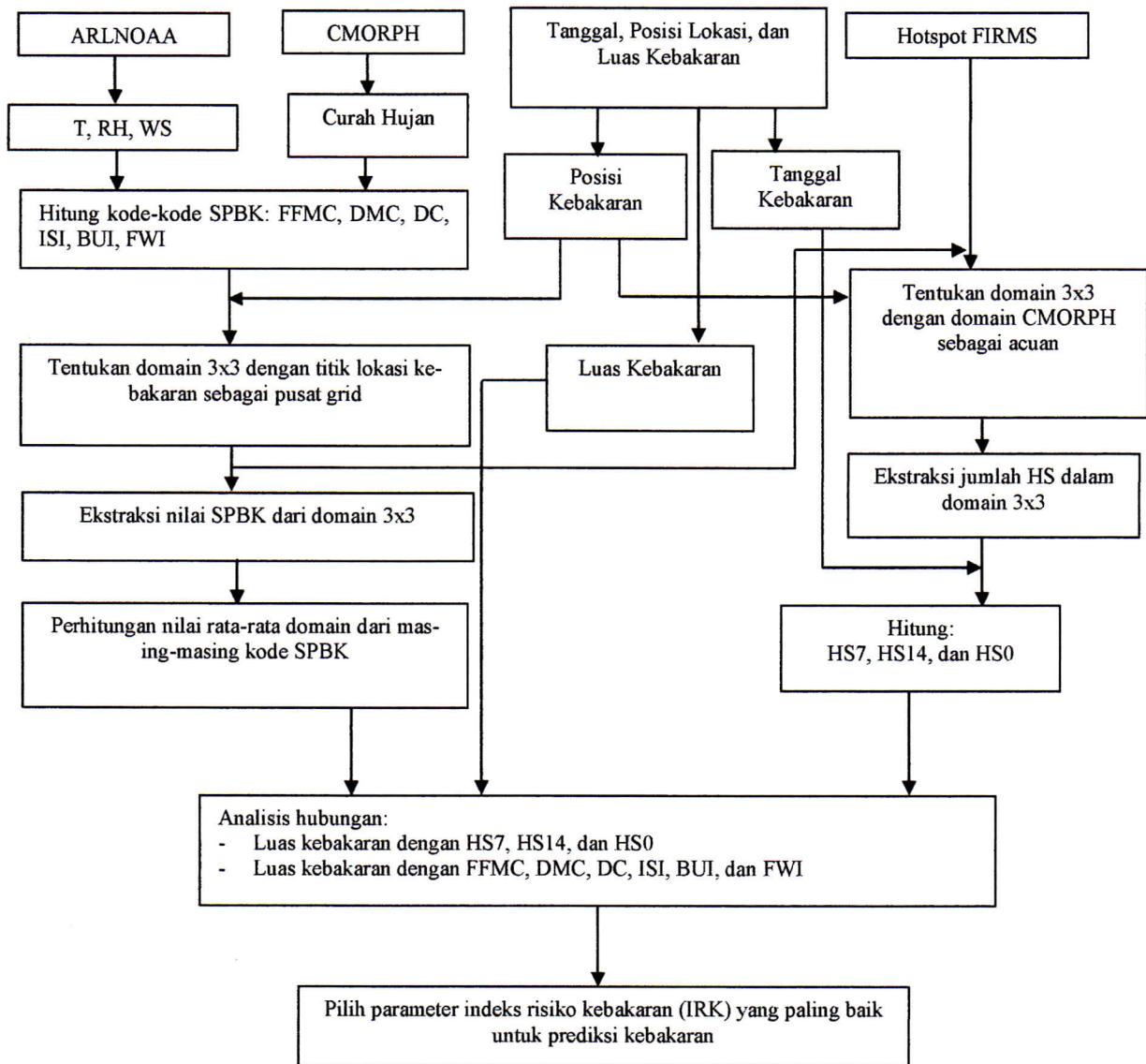
b. Penentuan Kerapatan Jumlah Hotspot

Ekstraksi jumlah hotspot untuk masing-masing lokasi kebakaran atau pemadaman kebakaran dilakukan dengan menumpang-susunkan (*overlay*) layer hotspot dengan layer SPBK dan posisi lokasi kebakaran. Selanjutnya berdasarkan ukuran domain 3 x 3 grid CMORPH dan masing-masing grid berukuran 2.5 x 2.5 Km dengan lokasi kebakaran sebagai pusat grid, maka dilakukan ekstraksi jumlah hotspot dalam luasan grid tersebut. Kemudian, dengan mengacu pada tanggal kejadian/pemadaman kebakaran dilakukan perhitungan jumlah hotspot HS7 (jumlah hotspot pada 6 hari sebelum kebakaran (HS-6) hingga hari kebakaran/pemadaman (HS0)), dan jumlah hotspot HS14 (jumlah hotspot pada 6 hari sebelum kebakaran hingga 7 hari setelah kebakaran), dan jumlah hotspot pada hari kejadian kebakaran (HS0). Dengan demikian,

ada 3 variabel kerapatan hotspot yang akan digunakan sebagai indeks risiko kebakaran (IRK), yakni: HS7, HS14, dan HS0.

c. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menentukan hubungan antara kejadian kebakaran (luas kebakaran) dengan masing-masing variabel hotspot (HS0, HS7, dan HS14) dan kode-kode SPBK (FFMC, DMC, DC, ISI, BUI, dan FWI) untuk memilih IRK yang paling baik digunakan untuk memprediksi kejadian kebakaran dan menduga luas kebakaran. IRK yang paling baik ditentukan berdasarkan nilai korelasi (r) dan keragaman (R²) yang paling tinggi. Analisis dilakukan dengan persamaan regresi sederhana. Secara ringkas keseluruhan tahapan penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hubungan Antara Hotspot dengan Luas Kebakaran dan Kode-kode SPBK

Analisis hubungan antara kejadian kebakaran dengan hotspot dan SPBK dilakukan berdasarkan data kejadian kebakaran tahun 2009 dan 2011. Data kebakaran tahun 2009 diperoleh dari 4 titik lokasi kebakaran di Kalimantan Tengah. Keempat titik tersebut dinamakan Kalteng 1, Kalteng 2, Kalteng 3, dan Kalteng 4. Titik lokasi kebakaran ini diperoleh berdasarkan hasil survei yang diukur di lapangan menggunakan GPS. Sementara itu, data kejadian kebakaran tahun 2011 berasal dari 26 titik lokasi kejadian kebakaran yang diperoleh berdasarkan titik lokasi pemadaman kebakaran yang dilakukan oleh BKSDA Palangka Raya. Lokasi titik-titik kebakaran pada tahun 2009 dan 2011 disajikan pada Gambar 4. Dengan demikian, ada 30 titik lokasi kebakaran yang

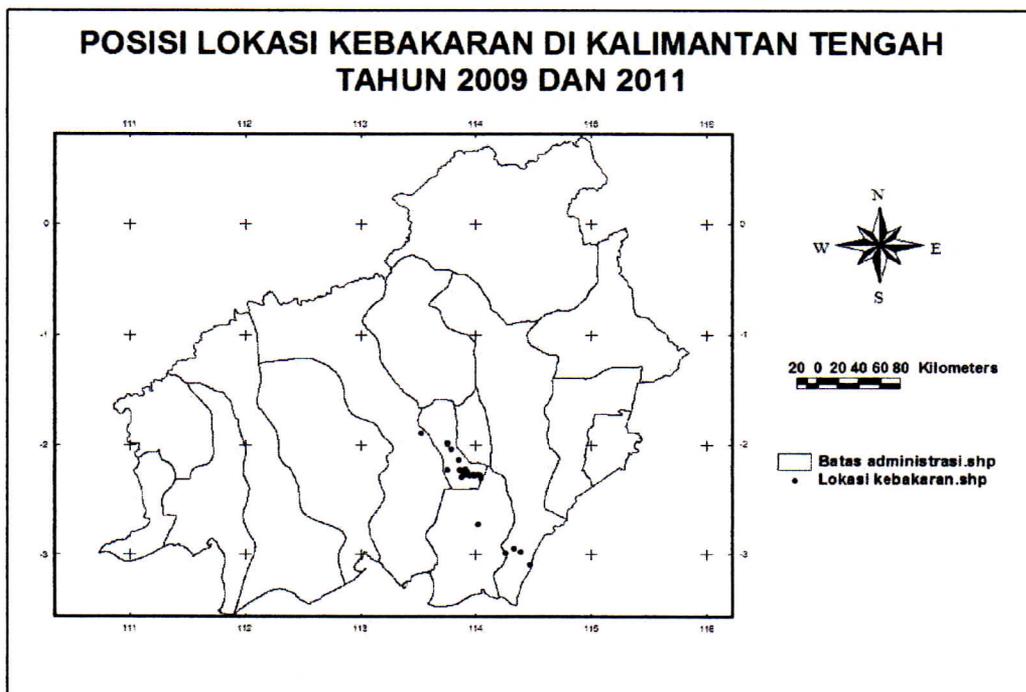
dianalisis hubungannya dengan kode-kode SPBK dan hotspot.

Distribusi hotspot pada tahun 2009 terlihat lebih banyak dibandingkan pada tahun 2011 (Gambar 5 dan Gambar 6). Kondisi ini mungkin disebabkan oleh adanya upaya Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Tengah dalam mengurangi jumlah hotspot dengan melarang masyarakat membakar terutama pada musim kemarau dan sanksi pidana apabila pelanggaran dilakukan oleh masyarakat, adanya sanksi pencabutan izin usaha apabila pembakaran dilakukan oleh Perusahaan, serta pemasangan spanduk dan plang-plang berisi himbauan dan peringatan bahaya kebakaran di beberapa lokasi terutama pada daerah-daerah yang rentan terhadap kebakaran.

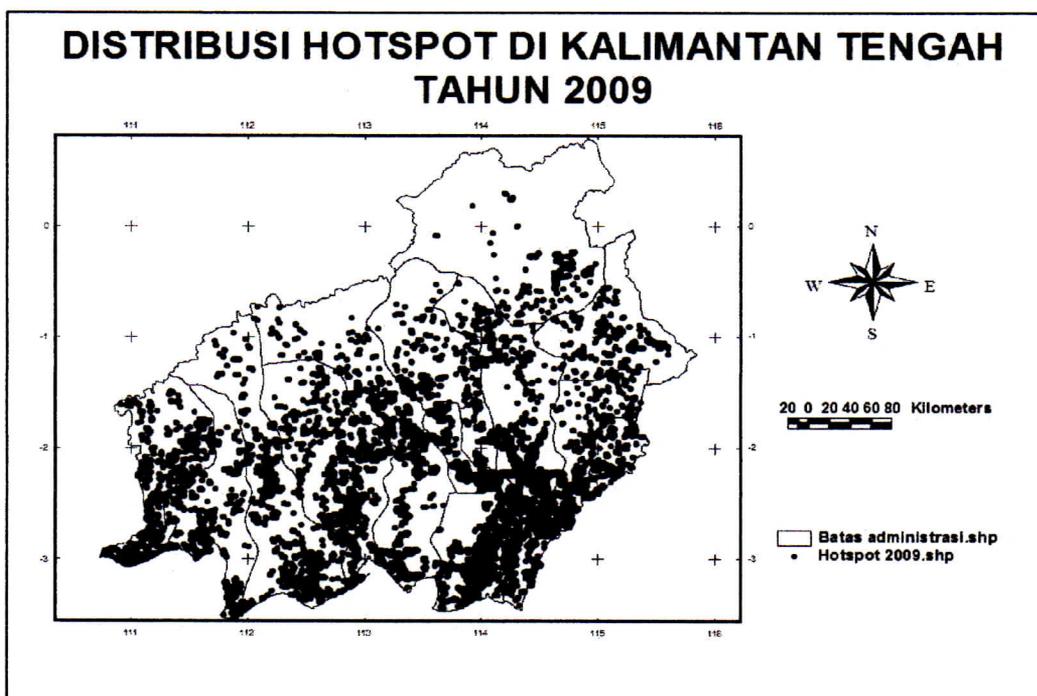
Dari hasil ekstraksi jumlah hotspot pada HS0, HS7, HS14 dan hubungannya dengan luas kebakaran menunjukkan bahwa jumlah hotspot yang banyak tidak menggambarkan makin luasnya kebakaran. Bahkan pada terjadinya kebakaran yang sangat luas tidak terdapat hotspot. Hal ini menunjukkan bahwa

banyaknya jumlah hotspot yang terpantau oleh satelit tidak selalu menggambarkan makin luasnya area yang terbakar (Gambar 7). Ini pula yang menyebabkan tidak adanya korelasi antara jumlah hotspot dengan luas kebakaran (Gambar 8). Kondisi ini dapat disebabkan antara lain: oleh tidak sesuainya waktu kejadian kebakaran regional dengan waktu lintas satelit yang relatif tetap (Eva and Lambin 2000), juga masalah penutupan awan yang menjadi hambatan

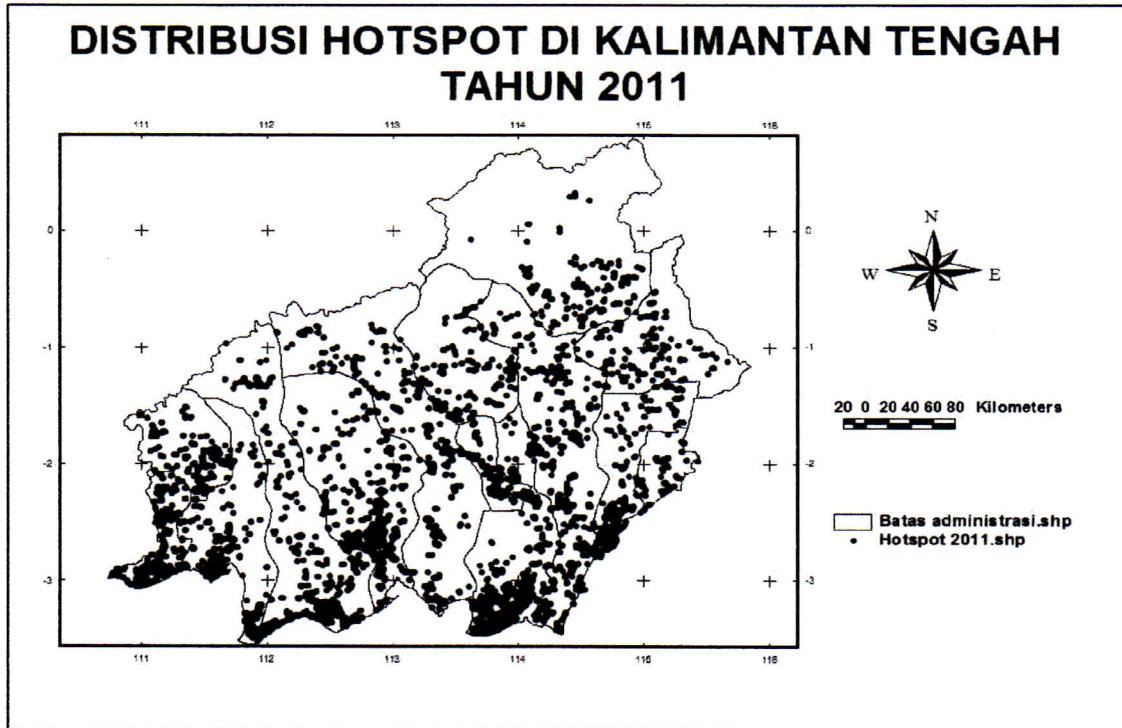
pada area tropis lembab. Selain itu, berdasarkan hasil wawancara dengan staf di BKSDA dan Dinas Perkebunan diperoleh keterangan bahwa permukaan atap seng dan lahan bekas galian pasir juga bisa terpantau oleh satelit sebagai hotspot. Namun demikian, deteksi hotspot harian masih merupakan cara yang sangat cocok dan efektif untuk menentukan keragaman kebakaran antar musim, waktu dan tahun (Eva and Lambin 1998a).



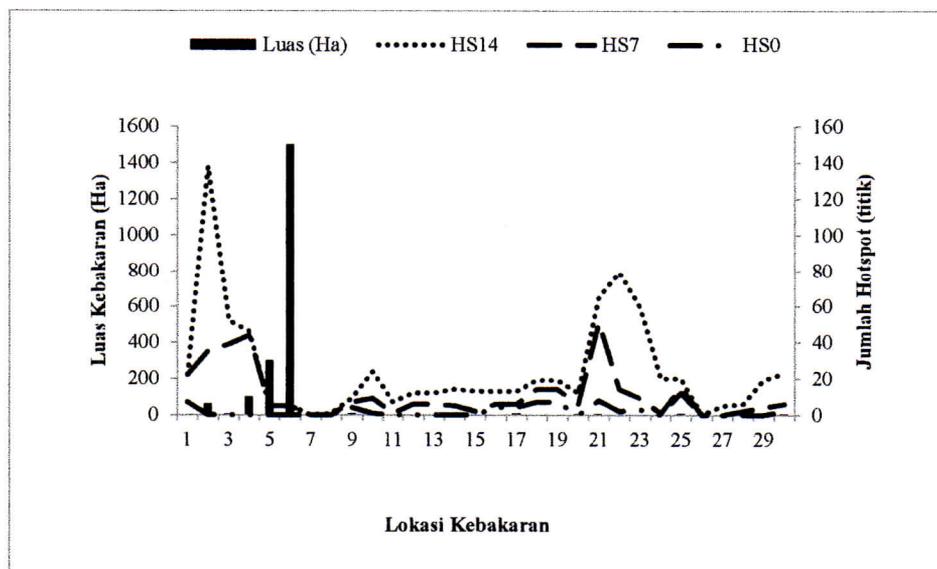
Gambar 4. Lokasi titik kejadian dan pemadaman kebakaran tahun 2009 dan 2011 di Kalimantan Tengah



Gambar 5. Distribusi hotspot di Kalimantan Tengah pada tahun 2009
(Sumber data diolah dari FIRMS melalui situs: <http://maps.geog.umd.edu/firms/shapes.htm>)



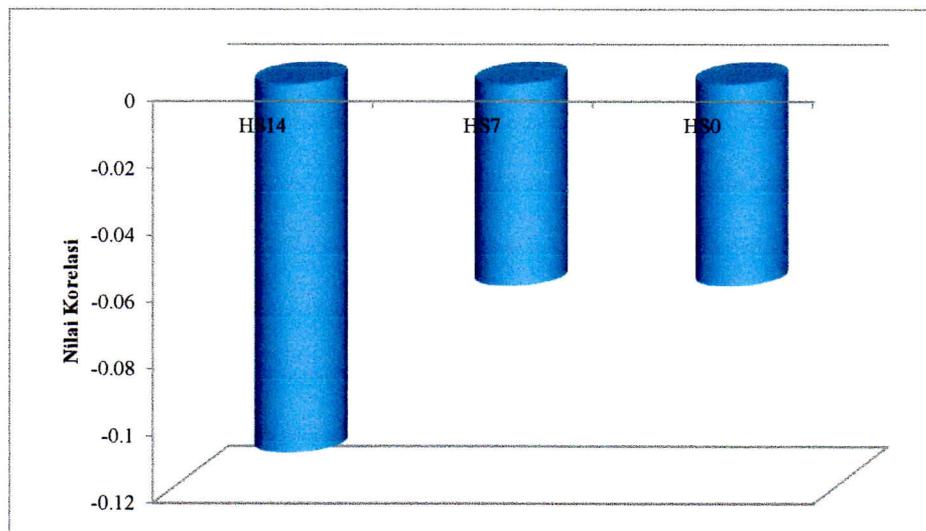
Gambar 6. Distribusi hotspot di Kalimantan Tengah pada tahun 2011
(Sumber data diolah dari FIRMS melalui situs: <http://maps.geog.umd.edu/firms/shapes.htm>)



Gambar 7. Hubungan luas kebakaran dengan jumlah hotspot

Menurut Miettinen (2007), deteksi hotspot tidak mampu untuk digunakan sebagai alat estimasi luas kebakaran. Hal ini dikarenakan deteksi hotspot tidak dirancang untuk mengukur/menghitung luasan area permukaan yang terbakar. Sebuah piksel berukuran 1 Km² dapat dijenuhi oleh sebuah kebakaran yang tidak lebih besar dari 0.001 Km². Namun dikarenakan perlunya informasi tentang dampak dari kebakaran vegetasi dan ketiadaan data yang lebih baik, maka

hotspot digunakan pula untuk mengestimasi area terbakar secara luas, baik global (Giglio *et al.* 2006) maupun regional (Eva and Lambin 1998a) dengan berbagai tingkat keberhasilan. Boer *et al.* (2010) mendapatkan bahwa jumlah hotspot mulai 7 hari sebelum kebakaran hingga hari terjadinya kebakaran dalam domain 10 Km dapat digunakan sebagai pendugaan luas kebakaran dengan tingkat keragaman 69%.



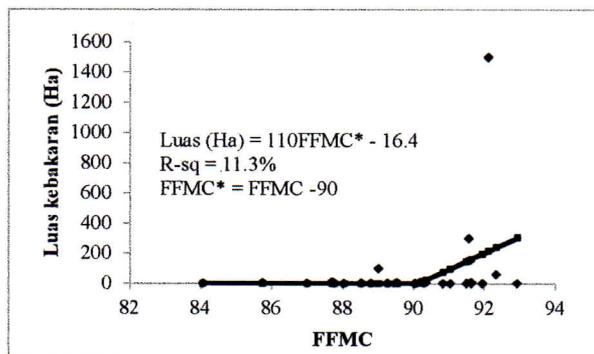
Gambar 8. Korelasi antara jumlah hotspot dengan luas kebakaran

3.2. Hubungan Luaran SPBK dengan Kejadian Kebakaran Hutan dan Lahan

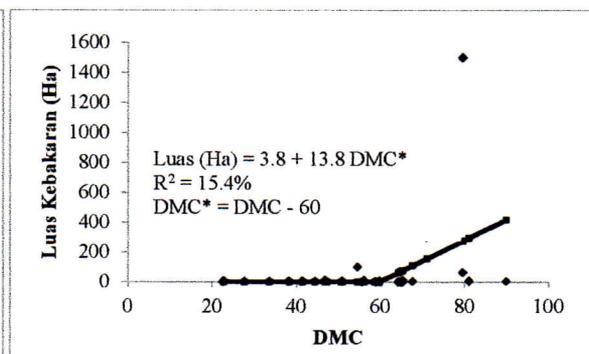
Kode-kode SPBK (FFMC, DMC, DC, ISI, BUI, dan FWI) digunakan sebagai peringatan bahaya kebakaran dan menggambarkan potensi suatu hutan dan lahan untuk terbakar jika kondisi cuaca mengindikasikan ekstrim. Dalam penelitian ini, analisis hubungan kejadian kebakaran dengan masing-masing kode SPBK dibangkitkan dari luas kebakaran (Ha) yang terjadi di 30 lokasi kebakaran pada tahun 2009 dan 2011 dengan nilai rata-rata masing-masing kode SPBK pada ukuran luas domain 3 x 3.

Hasil analisis menunjukkan bahwa korelasi yang erat diperoleh dari korelasi antara luas kebakaran dengan DC ($r = 0.76$) yang dapat mewakili keragaman (R^2) sekitar 58% dari kejadian kebakaran (Gambar 9). DC menunjukkan kondisi kekeringan. Dari hubungan ini memperlihatkan bahwa jika nilai DC lebih dari 500 maka luas area yang terbakar diestimasi akan meningkat.

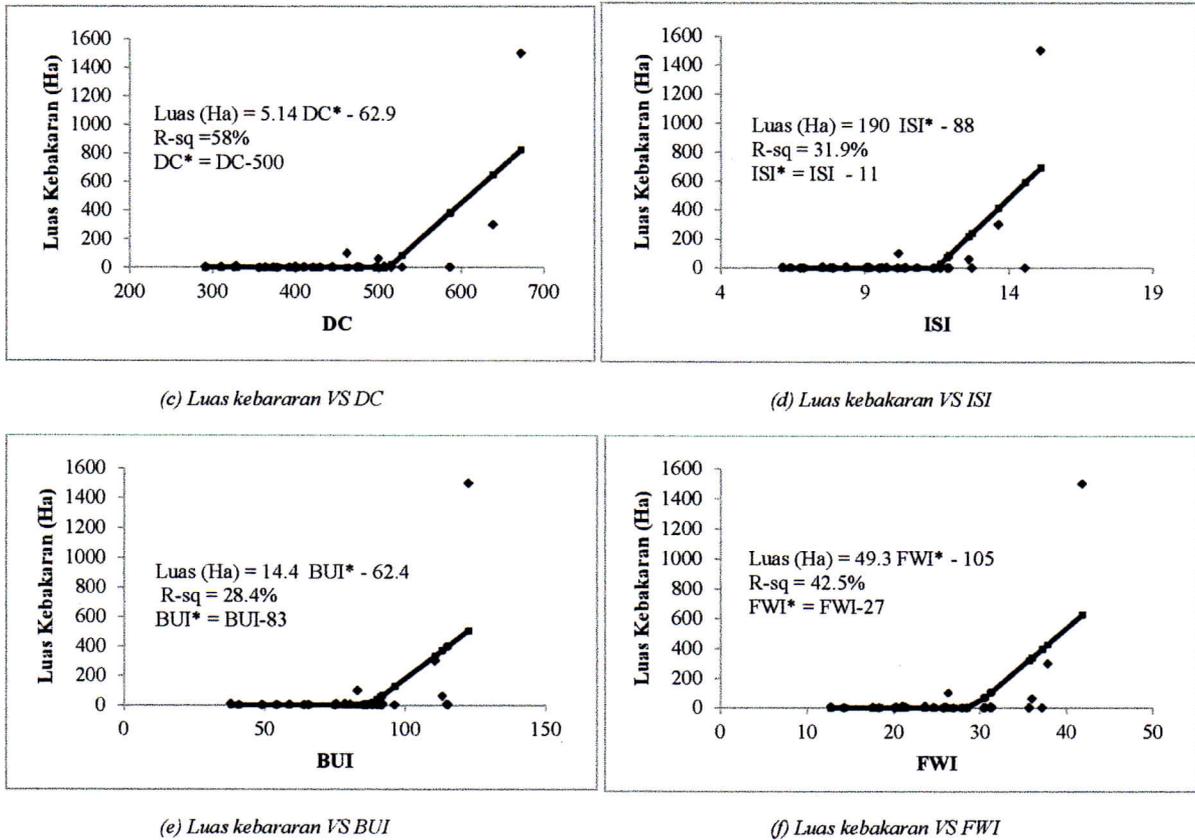
Hubungan yang baik dengan korelasi > 0.5 juga terjadi antara luas kebakaran dengan ISI ($r = 0.68$) yang dapat mewakili 46.6% keragaman luas kebakaran, BUI ($r = 0.58$) mewakili sekitar 33.3% keragaman luas kebakaran, dan FWI ($r = 0.65$) mewakili sekitar 42.5% luas kebakaran, sedangkan FFMC dan DMC kurang baik digunakan sebagai peubah penduga luas kebakaran (Gambar 9). FFMC dan DMC menggambarkan kondisi kelembaban bahan bakar halus dan kasar sebagai potensi kemudahan penyulutan api. Oleh sebab itu, meskipun kondisi FFMC dan DMC sangat ekstrim apabila tidak ada pemicu berupa kegiatan membakar maka tidak akan terbakar. Hal ini dikarenakan kebakaran yang terjadi di Indonesia lebih dikarenakan faktor kesengajaan manusia. Kondisi ini yang menyebabkan peranan FFMC dan DMC sebagai pemicu kebakaran hanya sekitar 11.3% dan 15.5% saja. Hubungan yang erat antara FWI dengan kejadian kebakaran juga diperoleh oleh Cloppet dan Regimbeau (2011).



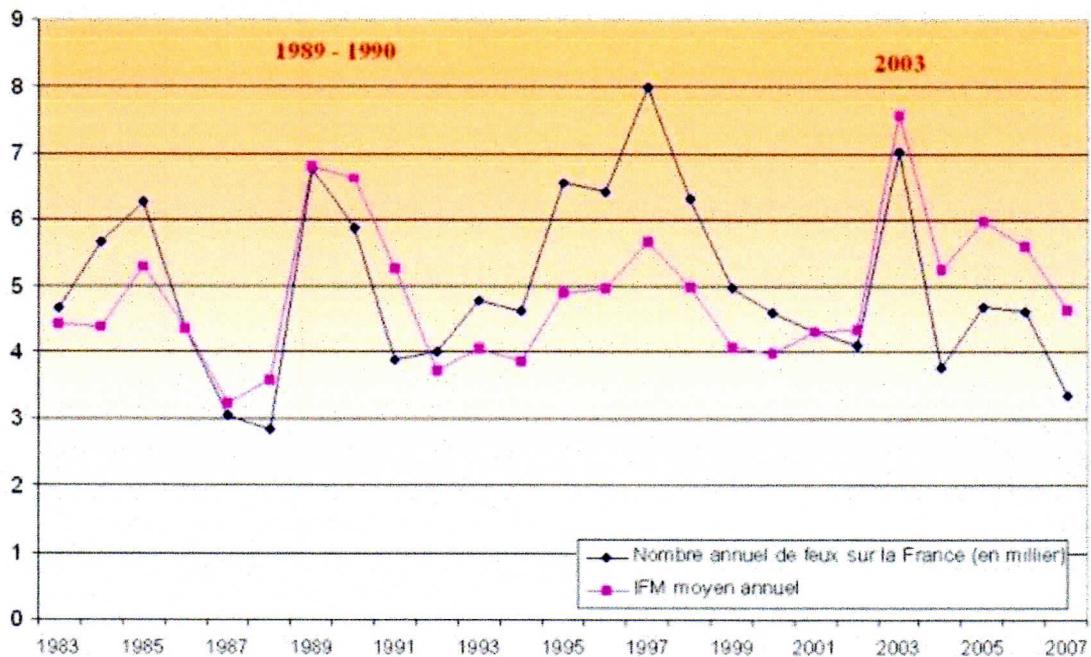
(a) Luas kebakaran VS FFMC



(b) Luas kebakaran VS DMC



Gambar 9. Hubungan masing-masing indeks SPBK dengan Luas Kebakarandi Kalimantan Tengah



Gambar 10. Hubungan antara jumlah kejadian kebakaran dengan FWI rata-rata tahunan (Sumber: Cloppet dan Regimbeau 2011)

Cloppet dan Regimbeau (2011) mendapatkan bahwa terdapat kecenderungan yang linier antara FWI dengan kejadian kebakaran periode 1958 – 2008 di Perancis. Selain itu, keduanya menjelaskan terdapat

hubungan yang sangat signifikan antara FWI rata-rata tahunan dengan kejadian kebakaran (total jumlah kebakaran) pada level nasional (Gambar 10). Hasil yang agak berbeda diperoleh oleh Rainha dan

Fernandes (2002) yang mendapatkan korelasi yang relatif kecil antara kejadian kebakaran dengan FWI dan BUI ($r = 0.41$ dengan p-value lebih kecil dari 0.0001).

DC merefleksikan potensi kekeringan dan asap, ISI menggambarkan kondisi kesulitan pengendalian kebakaran, dan FWI merupakan indeks cuaca kebakaran. Kategori tingkat kerentanan kebakaran berdasarkan potensi kekeringan dan asap (DC) adalah: < 140 (rendah), 140 – 260 (sedang), 260 – 350 (tinggi), dan > 350 (ekstrim). Kategori tingkat kesulitan pengendalian kebakaran (ISI) adalah: 0 – 1 (rendah), 2 – 3 (sedang), 4 – 5 (tinggi), dan > 6 (ekstrim). Kategori indeks cuaca kebakaran (FWI) adalah: 0 – 1 (rendah), 2 – 6 (sedang), 7 – 12 (tinggi), dan > 13 (ekstrim).

Dari hasil analisis hubungan SPBK dengan luas kebakaran di Kalimantan Tengah dapat dijelaskan bahwa kecenderungan meluasnya kebakaran di Kalimantan Tengah terjadi apabila kondisi DC (potensi kekeringan dan asap), ISI (kondisi kesulitan pengendalian kebakaran), dan FWI (Indeks Cuaca Kebakaran) berada pada level sangat ekstrim, yakni: DC > 500, ISI > 11, dan FWI > 27. Menurut McAlpine (1991 dalam de Groot *et al.* 2006), nilai DC dapat mencapai 800 di Amerika Utara. Nilai DC > 300 menunjukkan kondisi yang semakin kering pada lapisan organik lebih dalam; seperti gambut, yang akan meningkatkan potensi terjadinya kebakaran dalam (*smouldering*) dan kabut asap (de Groot *et al.* 2006). Sementara itu Rainha dan Fernandes (2002) mendapatkan bahwa nilai minimum masing-masing kode SPBK pada kejadian kebakaran dengan luas lebih dari 100 Ha di wilayah Natural Park of Montesinho, bagian Timur Laut Portugal adalah: FFMC = 84, DMC = 73, DC = 496, ISI = 3, BUI = 115, dan FWI = 15.

Dari hasil analisis diatas ditunjukkan bahwa luas kebakaran dapat diduga berdasarkan hubungannya dengan parameter DC dengan menggunakan persamaan berikut:

Luas (Ha) = $5.14 * (DC - 500) - 62.9$ ($R^2 = 58\%$) dengan DC adalah nilai *drought code*.

4. Kesimpulan

Keberadaan hotspot tidak selalu menggambarkan kejadian kebakaran di suatu wilayah dan banyaknya jumlah hotspot pada suatu wilayah tertentu tidak selalu menggambarkan makin luasnya wilayah kebakaran. Pemanfaatan informasi jumlah hotspot dalam pendugaan luas areal yang terbakar sebaiknya menggunakan data jumlah hotspot dalam suatu luasan domain tertentu yang terdeteksi minimal 3 – 7 hari periode kebakaran.

Ada korelasi yang baik kejadian kebakaran dengan DC, sehingga luas area terbakar dapat diestimasi menggunakan informasi nilai kekeringan DC dengan persamaan berikut: Luas (Ha) = $5.14 * (DC - 500) - 62.9$ dengan R^2 sebesar 58%.

Daftar Pustaka

- [1] Adiningsih, E. S., 2005. Penyimpangan Iklim dan Risiko Kebakaran Hutan dan Lahan di Sumatera. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- [2] Anderson, I. P., I. D. Imanda, Muhndar, 1999. Vegetation Fires in Sumatera, Indonesia: A First Look At Vegetation Indices and Soil Dryness Indices In Relation to Fire Occurrence. Balai Inventarisasi dan Perpetaan Hutan Wilayah II dan Kanwil Kehutanan dan Perkebunan, Palembang.
- [3] Badan Lingkungan Hidup Provinsi Kalimantan Tengah, 2010. Kebijakan Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah dalam Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan. Bahan presentasi pada Seminar Sehari "TMC untuk Energi dan Lingkungan yang lebih Baik".
- [4] Boer, R., M. Ardiansyah, I. Prasasti, L. Syaufina, R. Siddiki, 2010. Analisis hubungan antara jumlah titik-titik panas (hotspot) dengan luas kebakaran hutan dan curah hujan. Paper dalam Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XVII dan Kongres Mapin V: Teknologi Geospasial untuk Ketahanan Pangan dan Pembangunan Berkelanjutan, IPB International Convention Centre 8 – 9 Agustus 2010, Bogor.
- [5] Cloppet, E., M. Regimbeau, 2011. Fire Weather Index: from high resolution climatology to climate change impact study. International Conference on current knowledge of Climate Change Impacts on Agriculture and Forestry in Europe, 3 – 6 May 2011. COST-WMO, Topolcianky.
- [6] de Groot, W. J., R. C. Field, M. A. Brady, O. Roswintarti, M. Mohammad, 2006. Development of the Indonesian and Malaysian fire danger rating systems. Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change, 12, pp. 165 – 180. doi: 10.1007/s11027-006-9043-8.
- [7] Dimitrakopoulos, A. P., A. M. Bemmerzouk, 1996. Evaluation of the Canadian forest fire danger rating system in the Mediterranean-type environment of Greece. Proceedings of International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology, 24 – 26 April 1996. Volos, Greece.
- [8] Eva, H., E. F. Lambin, 1998a. Remote sensing of biomass burning in tropical regions: sampling issues and multisensor approach. Remote Sensing of the Environment 64, pp. 292 - 315.
- [9] Eva, H., E. F. Lambin, 1998b. Burnt area mapping in Central Africa using ATSR data. International Journal of Remote Sensing 19, pp. 3473–3497.
- [10] Eva, H., E. F. Lambin, 2000. Fires and land-cover change in the tropics: A remote sensing analysis at the landscape scale. Journal of Biogeography 27, pp. 765-776.
- [11] Giglio, L., G. R. van der Werf, J. T. Randerson, G. J. Collatz, P. S. Kasibhatla, 2006. Global estimation of burned area using MODIS active fire observations. Atmospheric Chemistry and Physics 6, pp. 957–974.
- [12] Hidayat, A., 1997. Membangun Sistem Pemantauan Kekeringan Vegetasi untuk Peringatan Dini Kebakaran Hutan Menggunakan Data Penginderaan Jauh. Laporan Riset. Riset Unggulan Terpadu III Bidang Teknologi Perlindungan Lingkungan. Dewan Riset Nasional, Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi, Jakarta.
- [13] Junaidi, 2001. Hubungan Indeks Vegetasi dengan Kadar Air pada Lahan Terbakar di Jambi. Skripsi. Departemen Geofisika dan Meteorologi Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [14] Miettinen, J., 2007. Burnt area mapping in insular Southeast Asia using medium resolution satellite imagery. Dissertation. Department of Forest Resource Management. Faculty of Agriculture and Forestry. Univ. of Helsinki, Helsinki.
- [15] Narasimhan, B., R. Srinivasan, 2002. Determination of Regional Scale Evapotranspiration of Texas from NOAA-AVHRR Satellite. Texas Water Resources Institute, Texas.
- [16] Rainha, M., P. M. Fernandes, 2002. Using the Canadian Fire Weather Index (FWI) in the Natural Park of Montesinho, N.E. Portugal: calibration and application to fire management. Forest Fire Research & Wildland Fire Safety, Viegas (ed.). Millpress, Rotterdam. ISBN 90-77017-72-0.

- [17] Simbolon, H., 2003. Proses Awal Pemulihan Hutan Gambut Kelampangan - Kalimantan Tengah Pasca Kebakaran Hutan Desember 1997 dan September 2002. *Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia*, Jakarta, pp. 281 – 290.
- [18] Syaufina, L., 2008. *Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia*. PT. Bayu Media Publishing, Malang.
- [19] Tanskanen, H., A. Venalaenen, 2008. The relationship between fire activity and fire weather indices at difference stages of the growing season in Finland. *Boreal Environment Research* 13, pp. 285 – 302. ISSN: 1797 – 2469 (online).
- [20] van Wagner, C. E., 1974. *Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index*, Publication No. 1333. Department of the Environment, Canadian Forestry Service, Ottawa.
- [21] van Wilgen, B. W., C. S. Everson, W. S. W. Trollope, 1990. Fire Management in Southern Africa: Some Examples of Current Objectives, Practices and Problems. Dalam J. G. Goldammer (Ed.), *Fire in the Tropical Biota. Ecosystem Processes and Global Challenges Ecological Studies* 84, pp. 179-215. Springer-Verlag, Berlin.
- [22] Vinanda, M. Y., T. Maya, 2009. *Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Kalimantan Tengah Butuh Penanganan Serius*. <http://www.wwf.or.id/?11040/> [5 April 2012].
- [23] Moore, A. B., L. H. Hill, 2000. Models of community development practice. *Journal Models of Community Development Practice*.
- [24] UNESCO, 2004. *Report of The Inter-Agency Working Group on Life Skills in EFA*. UNESCO, Paris.
- [25] <http://ahmadasen.wordpress.com/2009/01/26/life-skill-education-for-civil-society/> [15 Maret 2010]