

SEBARAN SPASIAL DAN TEMPORAL TITIK PANAS (*HOTSPOT*) DI INDONESIA DARI SATELIT MODIS DENGAN METODE GRIDDING

(*Spatial and Temporal Hotspots Distribution in Indonesia from MODIS Satellites by using Gridding Method*)

I Dewa Gede Arya Putra, Eko Heryanto, Ardhasena Sopaheluwakan, Radyan Putra Pradana, dan Urip Haryoko

Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG
Jalan Angkasa 1 No.2, Gunung Sahari Selatan, Kemayoran, Jakarta Pusat, DKI Jakarta 10610
E-mail: dewa.putra@bmkgo.id

ABSTRAK

Pemantauan "titik panas" (*hotspot*) merupakan salah satu upaya pengendalian kejadian bencana kebakaran hutan dan lahan (karhutla) dengan melakukan deteksi panas melalui bantuan satelit penginderaan jarak jauh dan sistem informasi geografis. *Hotspot* memiliki ragam variasi yang tinggi baik secara temporal maupun spasial sebagai sebuah indikator terjadinya kebakaran disuatu tempat dengan tingkat kepercayaan tertentu. Data *hotspot* diperoleh dari satelit MODIS yang berisi informasi lintang, bujur, dengan klasifikasi tingkat kepercayaan 1% hingga 100%. Metode yang digunakan dalam analisis ini adalah dengan menjumlahkan titik *hotspot* harian dengan tingkat kepercayaan *hotspot* diatas 80% dalam bidang grid dengan resolusi spasial 25 km² bulanan, kemudian dibuat *time series* dari tahun 2006 hingga 2015 dengan domain seluruh wilayah Indonesia. Secara klimatologis, dari gridding data yang dianalisis secara spasial terlihat jumlah populasi *hotspot* yang dominan terdapat di daerah Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur. Berdasarkan analisis pola temporal, terlihat bahwa jumlah populasi *hotspot* banyak terjadi pada bulan-bulan saat puncak musim kemarau (Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober).

Kata kunci: titik panas, satelit MODIS, gridding

ABSTRACT

Hotspot monitoring is one of the activities to control the occurrences of forest and land fires disaster by conducting heat detection through remote sensing satellite and geographic information systems. Hotspots have a wide variation both spatially and temporally, which is one of an indicator of fires occurring at somewhere place with a certain of confidence level. Hotspot data is obtained from MODIS satellites, which is contains some information about latitude, longitude, and confidence levels from 1% to 100%. The method used in this analysis is by counting the total number of daily hotspots with a confidence level above 80% in the grid area with a spatial resolution of 25 km² monthly, then create a time series from 2006 to 2015 for all over Indonesia regions (as a domain). Based on the climatology, from the gridding data that spatially analyzed, the dominant population of hotspots was clearly seen in Jambi, South Sumatra, West Kalimantan, Central Kalimantan, South Kalimantan, and East Kalimantan. Based on the temporal analysis, it was clearly seen that a large number of hotspot populations occur in the months during the peak of the dry season (June, July, August, September and October).

Keywords: hotspot, MODIS satellite, gridding

PENDAHULUAN

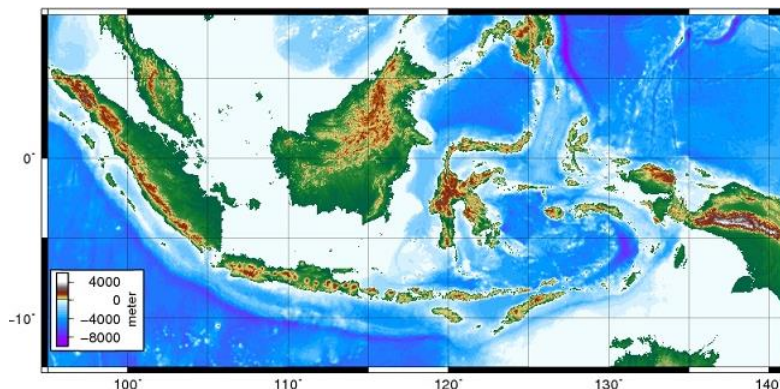
Titik panas (*Hotspot*) merupakan indikator terjadinya kebakaran lahan di suatu lokasi yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu disekitarnya. Kebakaran lahan ini dapat diidentifikasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh (Handayani dkk, 2014). Salah satu dari teknologi penginderaan jauh adalah menggunakan sensor MODIS (*Moderate resolution imaging spectroradiometer*) dari satelit TERRA dan AQUA. Menurut Prasasti dkk (2007), Satelit Terra yang membawa sensor MODIS merupakan satelit pengamatan lingkungan yang dapat digunakan untuk ekstraksi data suhu permukaan yang bersifat regional. Titik-titik api didefinisikan sebagai titik-titik pada citra (pixel atau sub-pixel) yang mempunyai suhu sangat tinggi dan berhubungan dengan active fire (Kobaran Api) di permukaan bumi. Menurut Tjahjansih dkk (2005), suhu titik api tersebut dapat dihasilkan berdasarkan nilai suhu kecerahannya (*Brightness temperature = Tb*). Giglio dkk (2003)

menggunakan data MODIS dengan memanfaatkan data suhu kecerahan kanal 21 panjang gelombang 3,96 μm, kanal 22 panjang gelombang 3,96 μm dan kanal 31 panjang gelombang 11 μm untuk mendeteksi lokasi dan distribusi titik api.

Suatu areal dapat terbakar sebagian atau seluruhnya namun sebuah *hotspot* tidak dapat menunjukkan secara pasti seberapa besar areal yang terbakar (Januarisky, 2012). Menurut Thoha (2006) waktu lintasan satelit sangat berpengaruh terhadap pendeteksian kebakaran karena terkait dengan adanya perilaku pembakaran lahan di beberapa tempat di Indonesia atau dengan adanya perubahan penyebaran awan yang bergerak dalam hitungan beberapa menit, sehingga mempengaruhi kemampuan satelit dalam pemantauan *hotspot*. Menurut Suwarsono (2012) berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa analisis areal kebakaran hutan dan lahan dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu secara digital maupun interpretasi visual. Karakteristik data satelit penginderaan jauh yang memiliki cakupan luas, perolehan data yang konsisten, near-real time dan biaya yang relatif murah sangat mudah diimplementasikan di Indonesia. Giglio dkk, (2009) telah mengembangkan data *hotspot* untuk mengestimasi estimasi area bekas kebakaran. Menurut Csiszar dkk (2006) *hotspot* dapat divalidasi dengan pengamatan langsung dan tidak langsung. Pengamatan langsung dapat dilakukan dengan pengecekan lapangan/survei sedangkan pengamatan tidak langsung dapat dilakukan dengan cara interpretasi visual *hotspot* dan membandingkannya dengan referensi data lain.

Data *hotspot* yang di dapatkan dari satelit MODIS berisi informasi lokasi titik koordinat dalam satuan jumlah perhari. Gridding data *hotspot* dalam penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi format data hospot agar lebih universal dengan data kebumihan lainnya yang sebagian besar sudah dalam format grid matriks sehingga selanjutnya dapat lebih mudah untuk dikomparasi dengan unsur-unsur cuaca iklim lainnya dan memudahkan dalam mengolah seperti membuat prediksi serta untuk keperluan analisis secara spasial dan temporal lainnya.

METODE



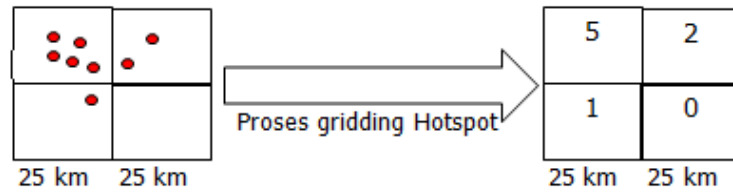
Gambar 1. Wilayah area penelitian (6°LU – 11°LS dan 95°BT – 141° BT).

Penelitian ini menggunakan data historis titik api selama 10 Tahun dimulai dari Januari 2006 Sampai Desember 2015 di seluruh wilayah Indonesia dari lintang 6°LU – 11°LS dan 95°BT – 141°BT dalam format .csv yang diperoleh dari BMKG dari sensor MODIS Satelit Terra & Aqua dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) di atas 80%. Wilayah area penelitian diilustrasikan dengan **Gambar 1**. Menurut Prayoga dkk (2017) Pemilihan tingkat selang kepercayaan di atas 80% didasarkan pada metode perekaman titik api oleh Satelit Terra & Aqua, mempunyai arti bahwa suatu titik yang diidentifikasi sebagai titik api telah dilalui dan direkam secara bergantian oleh Satelit Terra maupun Satelit Aqua, sehingga membatasi data yang digunakan merupakan data titik api yang akurat dengan tingkat kepercayaan yang tinggi seperti dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Makna selang kepercayaan dalam informasi hotspot (Giglio, 2015).

Tingkat kepercayaan (C)	Kelas
0% ≤ C < 30%	Rendah
30% ≤ C < 80%	Nominal
80% ≤ C ≤ 100%	Tinggi

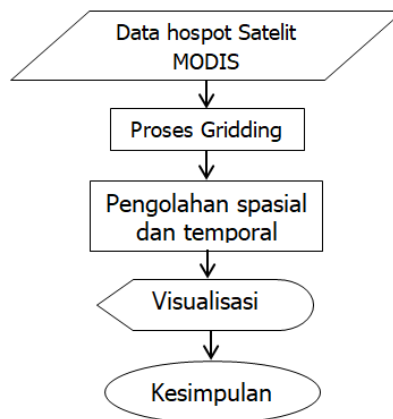
Data *hotspot* harian dalam format .csv (*Comma Separated Values*) diolah menggunakan Program R dengan teknik penjumlahan bidang (resolusi) 25 km² dalam bentuk grid bulanan dan disimpan dalam bentuk matrik dalam format .nc (Netcdf) seperti **Gambar 2** dibawah.



Gambar 2. Ilustrasi Proses *gridding Hotspot*.

Program R adalah OSS (*Open Source Software*) untuk pengolahan data dan analisis statistik berbasis bahasa program dan merupakan perangkat lunak yang menggunakan GUI (*grafik user interface*) (Sarvina, 2017). Chamber (2008) menggunakan Program R untuk mengekstrak atau pengambilan data, manajemen data (*organizing*), penampilan data (*visualizing*), pemodelan data (*modeling*), dan aplikasi data untuk berbagai analisis (*performing*).

Setelah disimpan dalam format grid netcdf, aplikasi CDO (*climate data operator*) digunakan untuk mengolah data netcdf bulanan sepanjang series 10 tahun menjadi bentuk netcdf jumlah *hotspot* bulanan selama 12 bulan untuk melihat sebaran *hotspot* secara spasial dan temporal. Aplikasi QGIS digunakan untuk menampilkan grid *hotspot* dalam bentuk peta spasial dan menggunakan MS Excel untuk memplot grafik temporal *hotspot* pada titik tertentu. Alur penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3** dibawah.



Gambar 3. Alur kerja proses.

Berikut adalah penjelasan diagram alir pengolahan data :

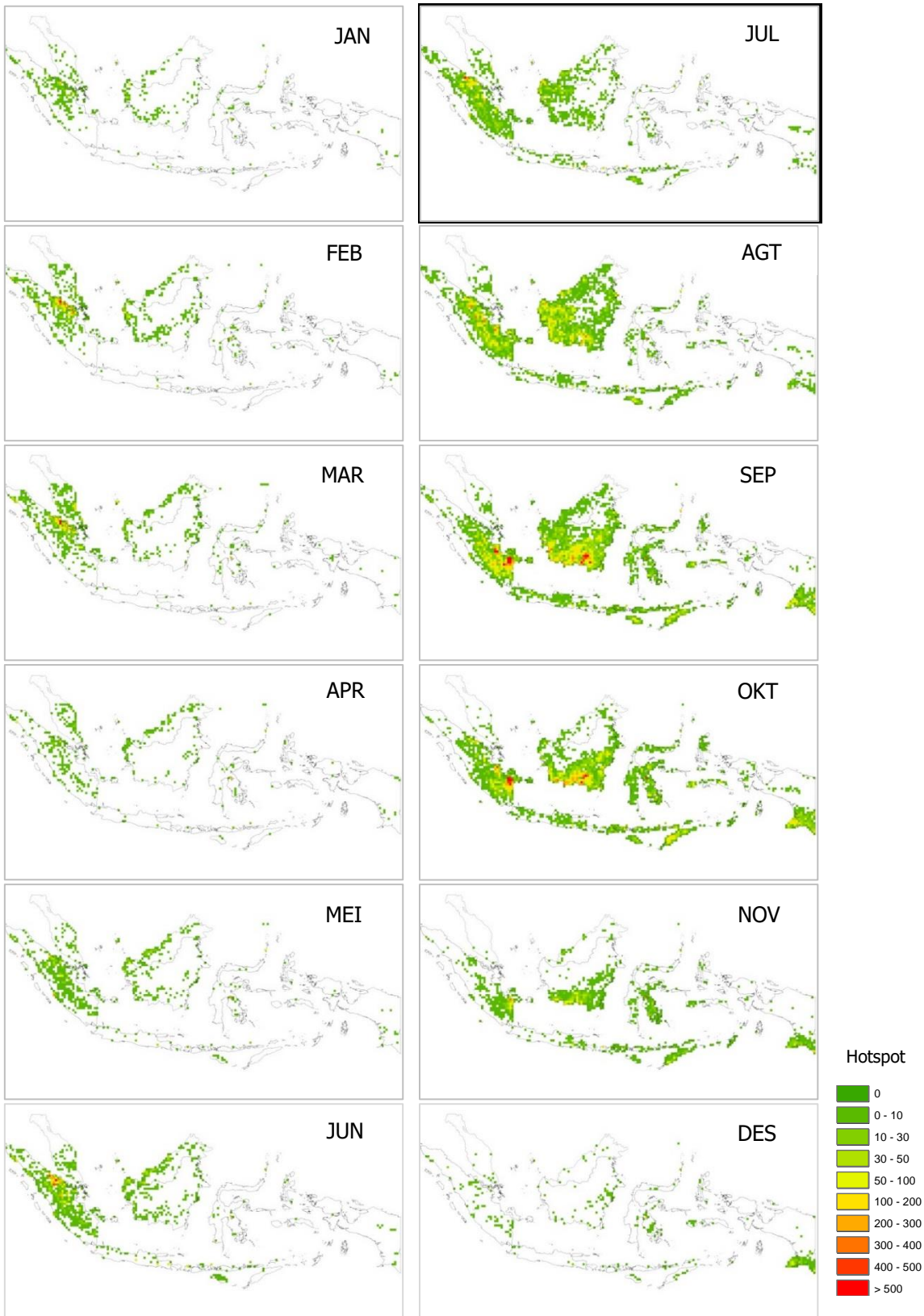
1. Input data historical hospot dari satelit MODIS harian dalam bentuk .csv dari tanggal 1 Januari 2006 sampai 31 Desember 2015 diolah dengan program R titik *hotspot* di dalam bidang luasan 25 km x 25 km dijumlahkan kedalam 1 grid sehingga menghasilkan output informasi *hotspot* dalam bentuk grid seluruh wilayah Indonesia.
2. Hasil keluaran program R dalam bentuk 1 file Netcdf kemudian diolah menggunakan CDO sehingga menghasilkan keluaran rata-rata bulanan dalam 10 tahun.
3. Hasil keluaran olahan CDO dalam bentuk rata-rata bulanan dipetakan secara spasial menggunakan QGIS
4. Hasil Keluaran netcdf diplot grafik menggunakan Ms Excel sehingga menghasilkan informasi temporal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dihasilkan format data *hotspot* dalam grid matrik 3D yang memuat informasi koordinat (lintang dan bujur) resolusi 25 km² serta informasi waktu dalam resolusi bulanan yang disimpan dalam format netcdf. Dengan domain wilayah penelitian yaitu 6°LU – 11°LS dan

95°BT – 141°BT dari tahun 2006 sampai 2015 maka grid matrik yang dihasilkan sebesar 184 x 68 x 120 (Bujur x Lintang x Waktu). Berikut adalah hasil pemetaan spasial dengan kumulatif *hotspot* tiap bulan selama 10 tahun serta ekstraksi informasi temporal dengan metode gridding yang disajikan berdasarkan pembahasan sub bab dibawah.

Gridding Hospot Spasial



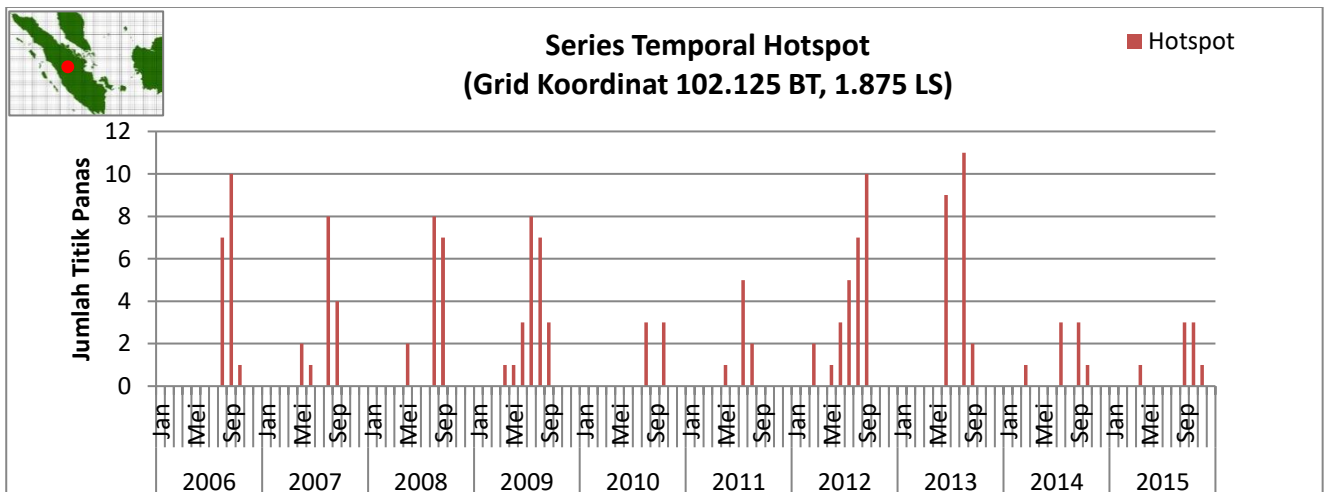
Gambar 4. *Hotspot* spasial bulanan kumulatif 2006 - 2015.

Hasil metode grid *hotspot* dengan resolusi 25 km dan dipetakan secara spasial mampu menjelaskan distribusi sebaran wilayah dengan intensitas dan tingkatan kebakaran suatu wilayah dan sangat membantu dalam hal interpretasi berdasarkan warna legend. Berdasarkan **Gambar 4** diatas *hotspot* dipetakan secara spasial bulanan komulatif selama 10 tahun menghasilkan pola sebaran yang cukup bervariasi. Hasil pengolahan data satelit MODIS dengan *confident level* diatas 80% dengan metode gridding secara umum *hotspot* dapat muncul setiap bulan dengan intensitas jumlah dan luasan wilayah kemunculan *hotspot* yang berbeda-beda. Jumlah *hotspot* selama 10 tahun bulanan berkisar 0 hingga lebih dari 500 titik panas. Hal ini berkaitan dengan fenomena iklim yang juga bervariasi disetiap wilayah.

Pada bulan Febuari dan Maret wilayah Sumatera dan Kalimantan mulai muncul *hotspot* hingga diatas 50 titik dalam beberapa grid yang diwarnai dengan warna kuning pada legend, sedangkan pada bulan April dan bulan Mei cenderung mengalami penurunan dengan jumlah selama 10 tahun dengan jumlah tidak melebihi 50 titik yang diwarnai dengan warna hijau kemudian mengalami peningkatan dari bulan Juni, Juli, Agustus dan mencapai puncaknya pada bulan September dan Oktober dengan semakin luasnya wilayah grid dengan jumlah *hotspot* diatas 500 titik. Selanjutnya pada Bulan November *hotspot* mulai berkurang dan Bulan Desember jumlah *hotspot* tersebut menurun signifikan.

Secara spesifik konsentrasi hospot pada bulan Januari hingga Juli sebagian besar terdapat di wilayah Sumatera khususnya di Provinsi Riau. Konsentrasi titik api di wilayah Riau tersebut relatif rendah pada bulan Januari, pada bulan Febuari dan Maret konsentrasi titik api di Provinsi Riau tersebut relatif meningkat dan menurun kembali pada Bulan April dan Bulan Mei. Akan tetapi pada bulan Juni dan Bulan Juli konsentrasi titik api di Wilayah Sumatera khususnya di Provinsi Riau relatif meningkat kembali. Sedangkan di wilayah Kalimantan, konsentrasi titik api mulai mengalami peningkatan pada bulan Juli khususnya di Provinsi Kalimantan Tengah dan Kalimantan Barat. Pada **Gambar 4** juga menunjukkan bahwa kemunculan *hotspot* juga dapat terjadi di pulau Jawa, Sumatra, Sulawesi, Kepulauan Maluku Nusa Tenggara hingga Pulau Papua dengan puncaknya terjadi pada bulan Agustus, September dan Oktober namun tidak lebih dari 50 titik selama 10 tahunan.

Gridding Hospot Temporal



Gambar 5. Grafik time series hotspot bulanan 2006 - 2015

Besaran matrik penelitian ini adalah 184 x 68 x 120 grid. Setiap grid memiliki nilai temporal *time series hotspot* yang berbeda-beda berdasarkan karakteristik wilayahnya. Banyak faktor baik alam (kondisi klimatologis) maupun (kondisi lingkungan) yang mempengaruhi nilai-nilai *hotspot* disetiap wilayah grid ini berbeda-beda. Ditinjau dari kondisi klimatologis, ketika musim hujan maka *hotspot* akan berkurang dan menghilang dikarenakan lahan dan serasah akan sulit terbakar bila dalam kondisi basah, sebaliknya ketika musim kemarau maka lahan akan sangat mudah terbakar. Ditinjau dari kondisi lingkungan, wilayah dengan karakteristik tutupan lahan gambut akan lebih mudah terbakar pada musim kemarau hal ini dikarenakan lahan gambut akan mengalami kering sampai kedalaman tertentu. **Gambar 5** diatas merupakan salah satu sampel yang diambil secara acak di koordinat 102.125 BT,

1.875 LS di wilayah Sumatra yang bertujuan untuk mengekstrak informasi temporal yang terkandung didalamnya.

Berdasarkan **Gambar 5** diatas wilayah dengan koordinat 102.125 memiliki karakteristik tidak setiap bulan sepanjang tahun terdapat *hotspot*. Jumlah *hotspot* di wilayah ini selama 10 tahun berkisar antara 0 hingga 11 titik, puncak tertingginya terjadi pada tahun 2013 pada bulan agustus. Tahun 2009 merupakan tahun dengan kondisi *hotspot* muncul sepanjang 6 bulan berturut-turut dari bulan april hingga bulan september dengan kisaran 1 hingga 8 titik. Sedangkan tahun 2010 merupakan jumlah bulan paling sedikit munculnya *hotspot*. Berdasarkan analisis secara keseluruhan maka kemunculan *hotspot* membentuk sebuah pola musiman yaitu kemunculan *hotspot* cenderung terjadi pada bulan agustus, september dan oktober setiap tahunnya. Jumlah titik panas relatif meningkat ketika memasuki musim kemarau yang secara klimatologis terjadi pada bulan Juli dan bulan Agustus di beberapa wilayah Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis berdasarkan metode data gridding selama 10 tahun menghasilkan sebaran secara spasial jumlah *hotspot* dominan terdapat di daerah Jambi, Sumatra Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, dan Kalimantan Timur. Berdasarkan pola temporal bulanan yang menyatakan frekuensi *hotspot* terbanyak terhadap waktu, bulan Juni, Juli, Agustus, September dan Oktober merupakan bulan dengan jumlah *hotspot* terbanyak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada BMKG atas fasilitas yang disediakan dalam mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Csiszar, I. A. , J.T. Morisette, and L. Giglio. (2006). *Validation of Active Fire Detection From Moderate-Resolution Satellite Sensors: The MODIS Example in Northern Eurasia. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, No. 7, July.
- Chamber, J. 2008. *Software for Data Analysis. Springer statistical and computing*. New Yorl : Springer-Verlag New York. 1-10.
- Giglio, L. (2015). *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide Revision A. Department of Geographical Sciences. University of Maryland*.
- Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O. & Kaufman, Y.J, (2003), *An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS, Remote Sensing of Environment*, 87, 272-282
- 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. Remote Sensing of Environment* 113, 408–420.
- Handayani, T., Santoso, A. J., Dwiandiyanta, Y. (2014). Pemanfaatan Data Terra Modis Untuk Identifikasi Titik Api Pada Kebakaran Hutan Gambut (Studi Kasus Kota Dumai Provinsi Riau). Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi 2014 (Sentika 2014).
- Januarisky, H. A. (2012). Pola Sebaran Titik Panas (*Hotspot*) Dan Keterkaitannya Dengan Perubahan Penggunaan Lahan (Studi Kasus : Provinsi Kalimantan Barat). Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Lahan Departemen Ilmu Tanah Dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sarvina, Y., (2017). Pemanfaatan *Software Open Source "R"* Untuk Penelitian Agroklimat. *Jurnal Informatika Pertanian*, Vol. 26 No.1, Juni 2017 : 23 - 30
- Suwarsono. (2012). Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (*Burned Area*) di Kalimantan. Tesis. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Program Studi Magister Ilmu Geografi. Universitas Indonesia Depok.
- Tjahjaningsih, A., Sambodo, K,A., & Prasasti I. (2005). Analisis Sensitivitas Kanal-Kanal Modis Untuk Deteksi Titik Api dan Asap Kebakaran, *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*.
- Prasasti, I., Sambodo, K.A., Carolita, I. (2007). Pengkajian Pemanfaatan Data Terra-Modis untuk Ekstraksi Data Suhu Permukaan Lahan (SPL) Berdasarkan Beberapa Algoritma, *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital*, Vol 4, No.1.
- Prayoga, M. B. R., Yananto, A., Kusumo, D. A. (2017). Analisis Korelasi Kerapatan Titik Api Dengan Curah Hujan di Pulau Sumatera Dan Kalimantan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol.18 No.1, 2017: 17 – 24.
- Thoha, A.S, (2006). *Application of Remote Sensing On Peat Fire Detection In Bengkalis District Riau Province, Peronema Forestry Science Journal*, Vol.2, No.2, ISSN. 1829 6343