

Pemanfaatan Data Sebaran Prediksi Titik Panas dan MODIS Terra/Aqua untuk Mendukung Informasi Tanggap Darurat Bencana Kebakaran Hutan/Lahan dan Sebaran Asap di Wilayah Indonesia

M Priyatna, Suwarsono, Any Zubaidah, Yenni Vetrira, Kusumaningayu Dyah S

¹ Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN. Jl. Kalisari No.8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur, 13710. E-mail: mpriyatna@lapan.go.id; mpriyatna@yahoo.com

Abstrak – Pemanfaatan data dalam mendukung informasi spasial tanggap darurat pemantauan kebakaran hutan/lahan dan sebaran asap di wilayah Indonesia diperlukan bagi para pengambil keputusan, oleh karena itu diperlukan system infrastruktur yang baik, khususnya untuk perangkat keras dan perangkat lunak. Dengan memanfaatkan data sebaran prediksi titik panas kebakaran hutan/lahan dan data raster atau image MODIS Terra/Aqua dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) akan diperoleh informasi tanggap darurat kebencanaan kebakaran hutan/lahan di wilayah wilayah Indonesia (Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi). Dalam tulisan ini digunakan metode penggabungan (*overlay*) data sebaran prediksi titik panas kebakaran hutan/lahan dan data raster MODIS Terra/Aqua. Dari penelitian ini diketahui bahwa data raster MODIS Terra/Aqua dengan ukuran piksel 1 km dan dengan menggunakan *band true color* dapat dilakukan identifikasi lokasi lintang dan bujur kejadian kebakaran dari data sebaran titik panas dan juga arah sebaran asap kebakaran hutan/lahan. Informasi spasial tanggap darurat kebakaran hutan/lahan ini juga memberikan informasi yang cukup akurat dan relatif cepat proses penyajiannya guna mendukung tanggap darurat bencana kebakaran hutan/lahan bagi stakeholder terkait baik Kementerian atau Lembaga maupun pengguna lainnya, seperti pengiriman ke Badan Nasional dan Penanggulangan Bencana (BNPB). Informasi spasial ini dapat digunakan untuk menentukan kebijakan dalam mengantisipasi dampak bahaya sebaran asap dari kebakaran hutan/lahan yang terjadi baik untuk di dalam dan luar wilayah Indonesia. Untuk analisis lebih mendalam perlu dilakukan analisis penggunaan parameter arah angin per wilayah atau Kabupaten sehingga dihasilkan sebaran asap yang lebih akurat.

Kata kunci: Tanggap Darurat, Titik Panas, Asap, MODIS, true color

PENDAHULUAN

Terkait dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2013 [inderaja.lapan.go.id,2014], Tentang Keantariksaan, yang telah disahkan pada tanggal 6 Agustus 2013, di Jakarta oleh Presiden Republik Indonesia, Bapak DR. H. Susilo Bambang Yudhoyono, bagian Ketiga tentang Penginderaan Jauh, paragraph 1, Bagian Umum, Pasal 15, yang memuat tugas LAPAN, yakni melakukan perolehan data, pengolahan data, penyimpanan dan pendistribusian data, dan pemanfaatan data dan diseminasi informasi kepada pengguna/stakeholder lain selama 7x 24 jam, maka dibutuhkan sistem teknologi informasi yang dapat membantu, mempermudah, dan mempercepat pendistribusian data/informasi kepada pengguna/stakeholder lain.

Terkait dengan informasi yang diberikan kepada pengguna salah satunya adalah produk informasi tanggap darurat (*Quick Response*) spasial yang dihasilkan oleh LAPAN, khususnya Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh adalah informasi spasial titik panas (*Hotspot*) kebakaran hutan/lahan untuk wilayah Indonesia. Informasi spasial ini sangat dibutuhkan bagi pengguna, apalagi kejadian ini sedang menjadi bahan pembicaraan di banyak media massa dan elektronik, seperti berita liputan6 yang dirilis pada tanggal 25 September 2014 [Liputan6, 2014], bahwa dampak kebakaran hutan/lahan dan sebaran asap yang terjadi mempengaruhi jarak pandang, yakni di wilayah Pekanbaru 4 kilometer, Kota Rengat 3 kilometer, Dumai 5 kilometer, dan Kabupaten Pelalawan 1 kilometer. Penggunaan data modis dan monitoring melalui *Google Earth Image* di kepulauan Borneo secara time series tahun 2000 sampai dengan 2009 merupakan platform terbaru dalam tanggap darurat [Alexis Dorais, et all, 2011]. Pemanfaatan Data MODIS Dalam Mendukung Informasi Spasial Pemantauan Kabut Asap (Haze) di Propinsi Riau Dengan Menggunakan Google Earth, yakni melalui penggabungan informasi spasial titik panas yang telah dikonversi dalam file KML (*Keyhole Markup Language*) dapat dikombinasikan dengan data MODIS *Red Green Blue* sesuai dengan tanggal kejadian kabut asap [M. Priyatna, et all, 2014]. Penggabungan data imagery penginderaan jauh dan informasi titik kejadian bencana di lapangan dapat memberikan nilai efektif,

efisien, dan meningkatkan volume informasi yang dihasilkan setelah kejadian bencana yang terjadi [L. Gusella, et al, 2012]. Penggunaan data *remote-sensing* (RS), *Geographic Information System* (GIS), dan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) diperlukan sekali untuk dapat mempelajari perbandingan manajemen resiko bencana alam yang terjadi secara cepat dan tepat, terlebih lagi dengan teknologi sharing data dan informasi [Luiz A. Manfré, et all, 2012]. Penggunaan teknologi RS dan GIS secara maksimal dalam mengumpulkan kombinasi, analisis, dan visualisasi kejadian bencana dapat memberikan hasil yang sangat cepat dari segi waktu [E. Baltasvias, et all, 2013]. Penggunaan teknologi RS dapat digunakan untuk mengelola kejadian bencana tsunami dan gempa bumi secara efisien dan efektif di wilayah Marmara tahun 1999, Turki, Iran, dan Samudera India tahun 2004 [Ronald T. Eguchi, et all, 2008]. Ketersediaan data produk MODIS untuk pemantauan smoke, haze, dan tutupan lahan sangat penting, khususnya bebas smoke [Vivarad Phonekeo, 2008]. Distribusi penyebaran aerosol dipengaruhi oleh topographi dan aktifitas ekonomi lokal setempat [DONG ZiPeng, 2013]. Noam Levin, penggunaan data satelit MODIS untuk kebakaran hutan skala nasional mencapai keakuratan 80 % diatas km² [Aliza Heimowitz, 2012]. Data MODIS 500 meter merupakan standar untuk mendapatkan wilayah bekas terbakar dan penentuan kebakaran hutan pada wilayah dengana skala regional [Leonardo A. Hardtkea, Et all, 2015]. Karakteristik data MODIS dapat dignakan sebagai indikasi tingkat kehijauan di wilayah Para, Brazil dengan tingkat keakuratan sebesar 98 % selama tahun 2000-2005) [Dan Hammer, Et all, 2014]. Penggunaan data MODIS untuk mendeteksi kebakaran hutan dan wilayah kebakaran sangat memungkinkan sehingga menghasilkan hubungan linear anatara kebakaran hutan dengan wialayh bekas terbakar [Stijn Hantson, Et all, 2013]. Guna memberikan pelayanan informasi spasial tanggap darurat bencana kebakaran hutan/lahan yang lebih akurat dan cepat kepada stakeholder baik Kementerian/Lembaga maupun pengguna lainnya, LAPAN perlu meningkatkan system penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak [Lapan.go.id, 2013]. Diharapkan dengan ter-*upgrade*-nya kedua system ini akan memberikan pelayan yang handal dan prima kepada stakeholder.

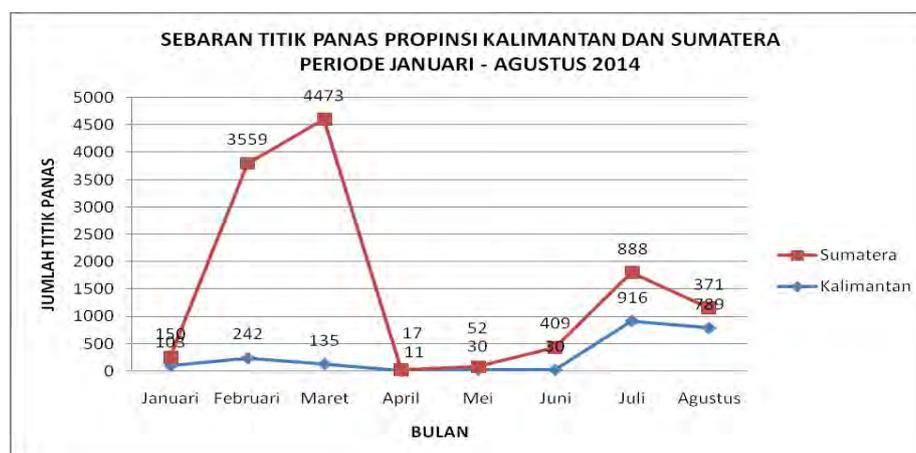
Dalam tulisan ini, dilakukan analisis pemanfaatan data sebaran titik panas dan data MODIS Terra/Aqua untuk mendukung informasi tanggap darurat bencana kebakaran hutan/lahan dan sebaran asap di wilayah Indonesia, sehingga akan diperoleh ketersediaan informasi spasial tanggap darurat kebencanaan terkait kebakaran hutan/lahan secara cepat dan akurat kepada stakeholder (misalnya, BNPB dan pemerintah daerah setempat). Tulisan ini juga diharapkan menjadi bahan untuk meningkatkan penyediaan informasi spasial dalam menentukan dampak dari sebaran asap yang terjadi akibat kebakaran hutan/lahan terhadap wilayah Indonesia maupun bagi negara tetangga nantinya.

METODE

Data

Penelitian ini menggunakan data MODIS Terra/Aqua dan disesuaikan dengan tanggal kejadian kebakaran hutan/lahan di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Data MODIS yang digunakan adalah data reflektansi kanal 1 hingga kanal 7 dan tanggal akuisisi data tersebut diperoleh periode bulan januari hingga Desember 2014.

Data sebaran titik panas yang digunakan adalah data hotspot MODIS harian selama kejadian kebakaran hutan/lahan periode Januari sampai dengan Agustus 2014. Data sebaran titik panas untuk wilayah Indonesia diperoleh dari Lapan Pusfatja, yakni dapat diunduh dari alamat <http://inderaja.lapan.go.id/simba>. Data ini juga digunakan untuk mendukung kombinasi informasi spasial tanggap darurat kebakaran hutan/lahan yang terjadi.

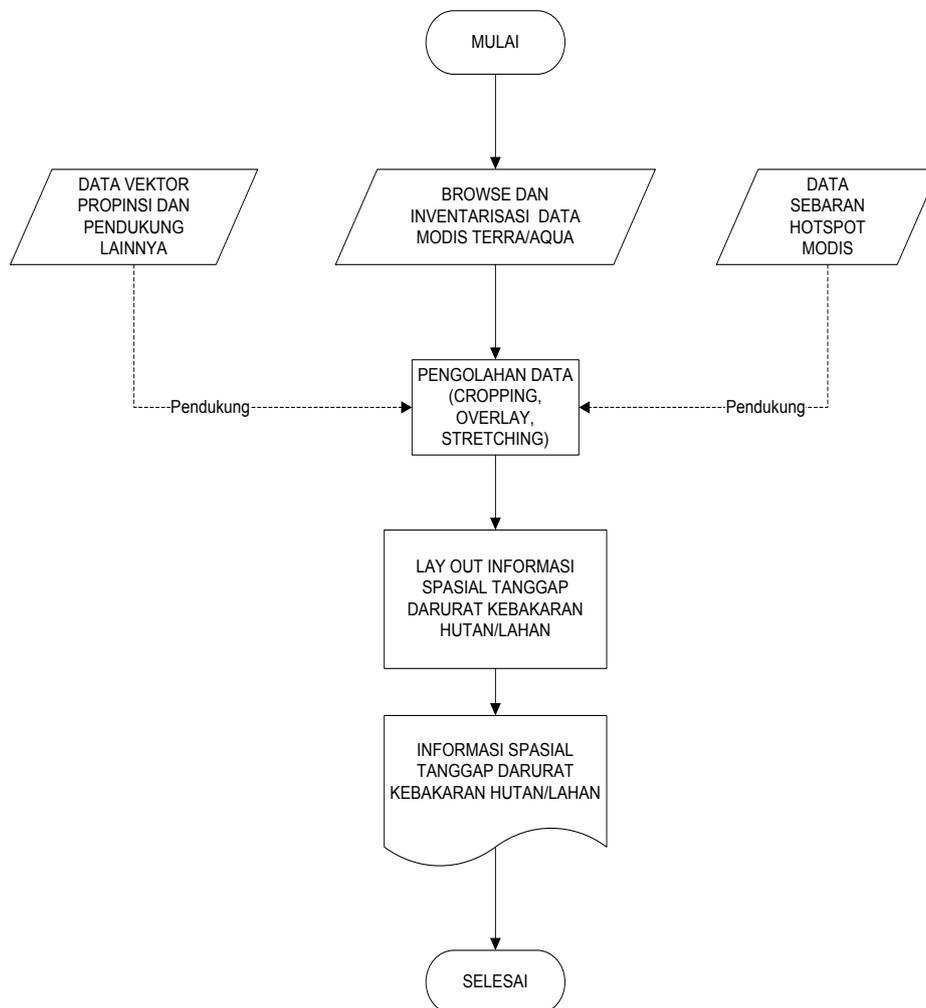


Gambar 1. Grafik sebaran titik panas propinsi Kalimantan dan Sumatera periode Januari - Agustus 2014 ((Sumber: <http://pusfatja.lapan.go.id>))

Tampak pada sebaran titik panas yang terjadi di wilayah Sumatera mengalami peningkatan pada bulan Februari hingga bulan Maret 2014, hal ini sangat diperlukan sekali penyediaan informasi dan data yang cepat dan akurat untuk memberikan informasi spasial tanggap darurat kebakaran hutan /lahan yang terjadi. Titik panas didefinisikan sebagai titik-titik panas di permukaan bumi, dimana titik-titik tersebut merupakan indikasi adanya kebakaran hutan/lahan. Titik panas [Suwarsono, 2013] merupakan suatu daerah di permukaan bumi yang memiliki suhu relative lebih tinggi dibandingkan daerah di sekitarnya berdasarkan ambang batas suhu tertentu. Titik panas ini baru merupakan indikasi potensi akan terjadinya kebakaran, namun belum tentu terjadi kebakaran. Data sebaran titik panas yang teridentifikasi oleh LAPAN setiap bulannya dapat dilihat pada Gambar 1. dibawah ini.

Tahapan penelitian

Tahapan penelitian yang digunakan dalam penulisan ini pemanfaatan perangkat lunak system informasi geografis, seperti perangkat lunak arc GIS, arc View, dan perangkat pengolah gambar (*Image processing*), seperti Photoshop, dan aplikasi pendukung lainnya. Pemrosesan informasi spasial tanggap darurat bencana kebakaran hutan/lahan dilakukan dengan beberapa tahap. Berikut penjelasan dari tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



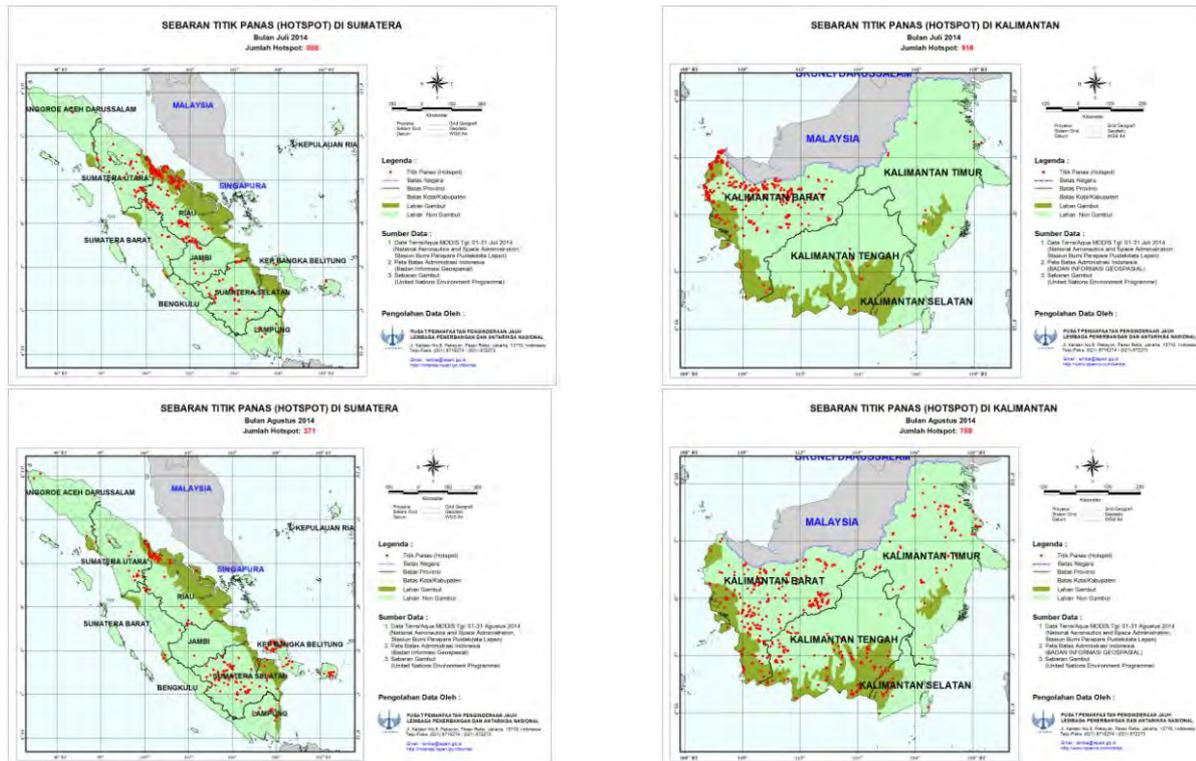
Gambar 2. Diagram alir tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebaran titik panas periode Januari sampai dengan Agustus 2014 dari website LAPAN, bahwa sebaran titik panas yang terjadi pada wilayah Sumatera mengalami peningkatan pada bulan Februari hingga Maret 2014, hal ini sangat diperlukan antisipasi dalam hal memberikan informasi spasial tanggap darurat kebakaran hutan /lahan yang terjadi secara cepat dan akurat kepada pengguna. Informasi spasial ini dihasilkan secara harian maupun

bulanan dan diupload pada website SIMBA (www.lapanrs.com/simba), serta dapat diunduh oleh para pengguna. Informasi spasial tanggap darurat yang dibuat diperlukan informasi titik panas, namun demikian perlu dilakukan penyempurnaan dengan mengkombinasikan data hasil pengolahan berupa titik dan image dengan memanfaatkan *Google Earth*. Proses penggabungan informasi spasial titik panas dapat dikombinasikan dengan data lainnya sesuai tanggal kejadian atau kebutuhan. Diharapkan dengan proses penggabungan ini dapat digunakan untuk melakukan monitoring kejadian kabut asap secara harian, hal ini jikalau ketersediaan data lengkap. Dengan hasil gabungan ini diharapkan dapat diketahui prediksi awal arah aliran asap kebakaran yang terjadi di wilayah terbakar tersebut.

Berikut informasi sebaran titik panas hotspot di wilayah Sumatera dan Kalimantan untuk bulan Juli dan Agustus 2014 pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Informasi sebaran titik panas di wilayah Sumatera dan Kalimantan untuk bulan Juli, dan Agustus 2014 (Sumber: <http://pusfatja.lapan.go.id>)

Data sebaran titik panas *shapefile* yang tersedia sesuai dengan ketersediaan akuisisi yang ada dan dapat digunakan untuk menggabungkan lokasi titik prediksi kebakaran hutan/lahan nantinya. Tampak pada Gambar 2, ditunjukkan jumlah masing-masing titik panas yang terjadi di wilayah Sumatera dan Kalimantan setiap bulannya. Tampak pada bulan Juli 2014, wilayah Sumatera terdapat titik panas sebanyak 888 titik dan untuk wilayah Kalimantan sebanyak 916 titik panas. Sedangkan untuk contoh titik sebaran panas bulan Agustus di wilayah Sumatera sebanyak 371 titik dan untuk wilayah Kalimantan sebanyak 789 titik panas.

Data yang diterima dari sensor satelit harus melalui beberapa tahapan pemrosesan awal hingga didapatkan data level 1B yang telah siap untuk diolah. Tahapan pemrosesan dari data level 0 hingga data level 1B adalah sebagai berikut:

- Data Level 0, Data masih berupa data keluaran dari sensor satelit yang belum terproses. Data tersebut masih mempunyai resolusi penuh, yaitu resolusi analog.
- Data Level 1A, Data sudah berupa data digital dan sudah terintegrasi beberapa informasi seperti referensi waktu, koefisien kalibrasi dan informasi geografis.
- Data Level 1B, Data sudah berupa data digital dan sudah dilengkapi file yang berupa data lokasi geometris, koefisien untuk kalibrasi. Data level 1B dari citra MODIS terra/Aqua merupakan data satelit yang sudah berformat *computer-friendly*. Dengan kata lain data tersebut sudah siap diolah menggunakan berbagai macam algoritma sehingga menghasilkan informasi yang diinginkan. Data level 1B untuk MODIS mempunyai format file dengan ekstensi "*hdf/Hierarchical Data Format*".

Pengolahan citra meliputi fusi kanal, pembuatan citra komposit warna, penajaman citra, dan pemotongan citra/cropping merupakan salah satu tahap pra pengolahan citra yang dilakukan untuk membatasi citra sesuai dengan daerah penelitian, yaitu: Kalimantan dengan koordinat geografis pulau tersebut adalah antara 9.33 LU; 106.67 BT hingga 4.76 LS – 120.67 BT, dan Sumatera dengan koordinat geografis pulau tersebut adalah antara 6 LU; 95 BT hingga 6 LS – 105 BT. Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki kesalahan geometrik pada citra inderaja yang terjadi pada saat proses perekaman. Kesalahan tersebut terjadi akibat pengaruh dari rotasi bumi yang menyebabkan citra berbentuk miring dan juga disebabkan oleh bentuk permukaan bumi yang tidak rata melainkan berbentuk kurva yang melengkung. Proses koreksi geometrik akan menghasilkan citra yang sesuai dengan koordinat peta dunia yang sesungguhnya. Koreksi geometrik merupakan proses memposisikan citra sehingga cocok dengan koordinat peta dunia yang sesungguhnya.

Penentuan lokasi kejadian bencana kebakaran hutan/lahan perlu dilakukan pemilihan imagery citra MODIS dengan kondisi layer *True Color*, resolusi 1 km. Berikut contoh imagery Modis Terra tanggal 18 sampai dengan 21 Juli 2014 pada gambar 3. Tampak pada gambar dari hasil pemantauan cepat menggunakan citra Terra MODIS tanggal 18 sampai dengan 21 Juli 2014 dapat diindikasikan adanya kebakaran yang menimbulkan asap sangat tebal di sekitar Rokan Hilir dan Dumai, Riau. Sebenarnya kejadian ini telah terdeteksi lama sejak bulan lalu. Hasil pantauan dari Terra MODIS tanggal 21 Juli 2014 juga menunjukkan adanya awan di propinsi Riau. Sedangkan untuk Citra Terra MODIS tanggal 21 Juli 2014, wilayah Kalimantan juga sudah banyak indikasi terjadinya kebakaran hutan/lahan, khususnya di wilayah Kalimantan Barat. Ketersediaan data pada tanggal saat terjadi bencana sangatlah dibutuhkan sekali dalam proses tanggap darurat bencana, sehingga memberikan kemudahan untuk menganalisis hotspot yang terjadi. Setelah dilakukan kombinasi *overlay* data titik panas dengan imagery MODIS, maka dilakukan pemotongan wilayah yang diindikasikan terjadi kebakaran hutan/lahan dan sebaran asap. Selanjutnya perlu dilakukan proses perbandingan secara visualisasi



Citra Terra MODIS tanggal 18 Juli 2014



Citra Terra MODIS tanggal 19 Juli 2014



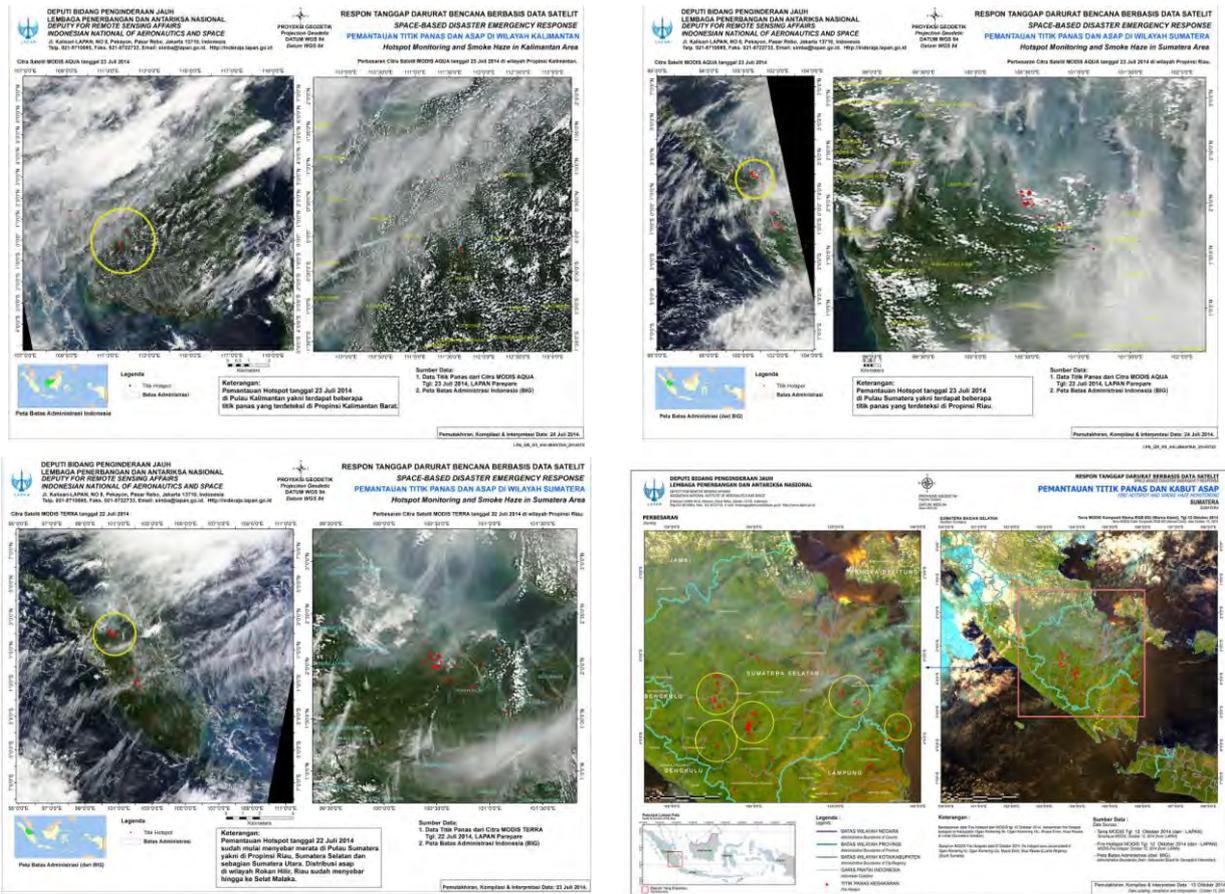
Citra Terra MODIS tanggal 20 Juli 2014



Citra Terra MODIS tanggal 21 Juli 2014

Gambar 3. Kondisi titik asap di wilayah Sumatera dan Kalimantan pada bulan Juli 2014

Proses *overlay channel* menggunakan perangkat lunak Arc GIS terhadap data sebaran titik panas kebakaran hutan/lahan dengan data raster MODIS Terra/Aqua. Selanjutnya dilakukan layout peta informasi spasial kebakaran hutan/lahan yang akan diseminasikan sesuai dengan kejadian dan wilayah yang terjadi bencana di Sumatera dan Kalimantan. Berikut hasil informasi spasial tanggap darurat bencana kebakaran hutan dan lahan, juga arah asap yang tampak pada gambar berikut. Pada hasil layout informasi spasial ini diperlukan keahlian artistik dan menyesuaikan dengan *standard operating procedure* yang telah dibuat di bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana.



Gambar 4. Beberapa hasil informasi spasial kondisi titik asap di wilayah Sumatera dan Kalimantan pada bulan Juli 2014 (Sumber: <http://pusfatja.lapan.go.id>)

Ukuran informasi spasial disesuaikan dengan kebutuhan pengguna, yakni berukuran kertas A1 (594 x 841 mm), selain itu memiliki format image. Setelah dilakukan koreksi maupun editing terhadap hasil layout, maka dilakukan proses unggah ke website Lapan (www.pusfatja.lapan.go.id) dan pengiriman kepada stakeholder kebencanaan. Dalam hal ini, Lapan memiliki stakeholder yang telah pasti yakni Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) (<http://geospasial.bnpb.go.id/category/peta-tematik/kebakaran/>). Tampak pada gambar 5, hasil unggah ke website stakeholder BNPB yang telah dilakukan oleh Lapan terkait tanggap darurat bencana kebakaran hutan/lahan.



Gambar 5. Hasil unggah informasi spasial bencana kebakaran hutan/lahan dan sebaran asap pada website Lapan dan BNPB.

KESIMPULAN

1. Ketersediaan data sebaran titik panas dan imagery MODIS secara kontinu sangat diperlukan dalam memberikan informasi spasial tanggap darurat bencana kebakaran hutan/lahan dan sebaran asap di wilayah Indonesia.
2. Informasi spasial tanggap darurat ini dapat diunggah dan di unduh pada website Lapan (www.pusfatja.lapan.go.id) dan BNPB (<http://geospasial.bnpb.go.id/category/peta-tematik/kebakaran/>) selaku stakeholder dalam format image dengan kemampuan cetak hingga A1.

SARAN

Perlu dikaji penggunaan data satelit dengan resolusi tinggi atau penambahan survey lapangan untuk memberikan kebenaran informasi spasial yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexis Dorais dan Jeffrey Cardille, Strategies for Incorporating High-Resolution Google Earth Databases to Guide and Validate Classifications: Understanding Deforestation in Borneo, *Remote Sens.* 2011, 3, 1157-1176; doi:10.3390/rs3061157
- Dan Hammer, Robin Kraft, dan David Wheeler, Alerts of forest disturbance from MODIS imagery, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 33 (2014) 1–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.04.011>, 0303-2434/© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.
- DONG ZiPeng, YU Xing, LI XingMin, dan DAI Jin, Analysis of variation trends and causes of aerosol optical depth in Shaanxi Province using MODIS data, *Atmospheric Science, Chinese Science Bulletin*, December 2013 Vol.58 No.35: 4486-4496, doi: 10.1007/s11434-013-5991-z
- E. Baltsavias, K. Cho, F. Remondino, U. Soergel, dan H. Wakabayashi, Rapidmap – Rapid Mapping and Information Dissemination for Disasters Using Remote Sensing and Geoinformation, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-7/W2, 2013, ISPRS2013-SSG, 11 – 17 November 2013, Antalya, Turkey
- <http://inderaja.lapan.go.id/index.php/subblog/pages/2014/4/UNDANG-UNDANG-REPUBLIK-INDONESIA-NOMOR-21-TAHUN-2013-TENTANG-KEANTARIKSAAN> atau www.lapan.go.id/files_arsip/UU_no.21-2013_keantariksaan_.pdf, diakses periode tahun 2015
- <http://pusfatja.lapan.go.id/index.php/tanggapbencana>, Tanggap Darurat Bencana, diakses periode tahun 2015
- <http://geospasial.bnpb.go.id/category/peta-tematik/kebakaran/>, Peta Citra Satelit Pantauan Titik Panas dan Asap di Pulau Kalimantan, diakses periode tahun 2014
- Liputan6, 25 September 2014, BNPB: Akibat Kabut Asap, Udara Palembang Berbahaya bagi Manusia, <http://news.liputan6.com/read/2110234/bnpb-akibat-kabut-asap-udara-palembang-berbahaya-bagi-manusia>, diakses periode tahun 2014
- L. Gusella, B. J. Adams, dan, G. Bitelli, A Use of Mobile Mapping Technology for Post-Disaster Damage Information Collection and Integration With Remote Sensing Imagery, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 34, Part XXX, 2012
- Luiz A. Manfré, Eliane Hirata, Janaína B. Silva, Eduardo J. Shinohara, Mariana A. Giannotti, Ana Paula C. Larocca, dan José A. Quintanilha, An Analysis of Geospatial Technologies for Risk and Natural Disaster Management, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2012, 1, 166-185; doi:10.3390/ijgi1020166
- Leonardo A. Hardtkea, Paula D. Blancoa, Héctor F. del Vallea, Graciela I. Metternichtb, dan Walter F. Sionec, d, Semi-automated mapping of burned areas in semi-arid ecosystems using MODIS time-series imagery, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 38 (2015) 25–35, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.11.011>, 0303-2434/© 2014 Elsevier B.V. All rights reserved.
- M. Priyatna, M. Rokhis Khomarudin, dan Kusumaning Ayu DS., Pemanfaatan Data Modis dalam Mendukung Informasi spasial Pemantauan Kabut Asap (Haze) di Propinsi Riau, Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Pemantauan, Deteksi, Dan Kajian Lingkungan, Crestprent Press Bogor, 2014.
- Modis specifications, <http://www.modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>

Noam Levin, Aliza Heimowitz, Mapping spatial and temporal patterns of Mediterranean wildfires from MODIS, *Remote Sensing of Environment* 126 (2012) 12–26, 0034-4257/\$ – see front matter © 2012 Elsevier Inc. All rights reserved. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.003>

Ronald T. Eguchi, Charles K. Huyck, Shubharoop Ghosh, dan Beverley J. Adams, The Application of Remote Sensing Technologies for Disaster Management, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, 2008, Beijing, China

Suwarsono, Rokhmatuloh, dan Tarsoen Waryono, Pengembangan Model Identifikasi Daerah Bekas Kebakaran Hutan dan Lahan (*Burned Area*) Menggunakan citra MODIS di Kalimantan, *jurnal penginderaan jauh dan pengolahan data citra digital* volume 10 No. 2 Desember 2013, ISSN 1412-8098

Stijn Hantson, Marc Padilla, Dante Corti, dan Emilio Chuvieco, Strengths and weaknesses of MODIS hotspots to characterize global fire occurrence, *Remote Sensing of Environment* 131 (2013) 152–159, 0034-4257/\$ – see front matter © 2012 Elsevier Inc. All rights reserved. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.004>

Sutanto, *Penginderaan Jauh*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1987

Vivarad Phonekeo, Monitoring of Active Fire, Smoke and Haze in Southeast Asia using MODIS products (MOD14, MOD04) A case study of Thailand, Terra/Aqua MODIS Receiving Station, Geoinformatics Center Asian Institute of Technology, July 15, 2008