

VALIDASI HOTSPOT MODIS DI WILAYAH SUMATERA DAN KALIMANTAN BERDASARKAN DATA PENGINDERAAN JAUH SPOT-4 TAHUN 2012 (MODIS HOTSPOT VALIDATION OVER SUMATERA AND KALIMANTAN BASED ON REMOTE SENSING DATA SPOT-4 IN 2012)

Any Zubaidah*¹, Yenni Vetrira*, dan M. Rokhis Khomarudin*

*Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

¹e-mail: baidah_any@yahoo.com

Diterima 27 Januari 2014; Disetujui 28 Februari 2014

ABSTRACT

Forest/land fire indicator can be indicated by fire smoke and hotspot. Currently hotspot information has been widely used but its accuracy remains disputed. Therefore validated hotspot is needed as a proper effort of disaster management. This study aims to examine the accuracy of the hotspot as an indicator of forest fire/land from two data sources, namely IndoFire Map Service (Indofire) dan Fire Information for Resource Management System (FIRMS-NASA). Validation is done by comparing the data hotspot with a higher resolution image i.e. SPOT-4. The results showed that the entire accuracy hotspot FIRMS acquired by 64% with an error rate of Commission and error Ommision 18%, respectively. While the percentage of accuracy hotspot Indofire results were found to be 42% with an error rate of 20% Commission and 38% Ommision error. Further analyses showed slightly better accuracy of the hotspot by 66% with 19% commission error and error ommision 15% for FIRMS data, while the hotspot Indofire found by 46% with 19% commision error and error ommision which higher at around 35 %. The high value of ommision error can be caused by heavy smoke and clouds that cannot be detected by MODIS algorithm, particularly generated from peat fires. In addition, the high value of ommision error in our calculation is also caused by a small fire was detected in the SPOT-4, or a recent small fire that cannot be detected by hotspot. Based on these results it can be concluded that the use of all hotspots confidence level should be considered for use specifically in peatland rather than just using hotspots confidence level greater than 80% only.

Keywords: *Hotspot, MODIS, Confidence level, Indofire, FIRMS-NASA, Remote Sensing*

ABSTRAK

Indikator kebakaran hutan dan lahan dapat ditunjukkan dengan adanya *hotspot* dan asap kebakaran. Saat ini informasi *hotspot* sebagai indikator kebakaran hutan/ lahan sudah digunakan dengan baik oleh masyarakat, namun masih diragukan akurasi dari informasi tersebut. Oleh karena itu informasi tentang *hotspot* yang tervalidasi sangat dibutuhkan dalam upaya penanggulangan kebakaran hutan/lahan secara tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menguji akurasi titik *hotspot* dari beberapa sumber data, yaitu *IndoFire Map Service (Indofire)* dan *Fire Information for Resource Management System (FIRMS)*. Validasi dilakukan dengan membandingkan data *hotspot* dengan kenampakan citra yang resolusinya lebih tinggi, yaitu SPOT-4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase hasil akurasi *hotspot* FIRMS sebesar 64% dengan tingkat *Commision error* dan *Ommision error* masing-masing 18%. Sedangkan

persentase hasil akurasi *hotspot Indofire* ditemukan sebesar 42% dengan tingkat *Commission error* 20% dan *Omission error* 38%. Analisis lebih lanjut di lahan gambut, telah diperoleh nilai akurasi *hotspot FIRMS* sebesar 66% dengan *commission error* 19% dan *ommission error* 15%, sedangkan *hotspot Indofire* ditemukan sebesar 46% dengan *commission error* 19% dan *ommission error* sekitar 35%. Nilai akurasi *hotspot* yang bersumber dari FIRMS lebih tinggi dibandingkan dengan *hotspot Indofire*. Hal ini dapat disebabkan oleh penggunaan semua tingkat kepercayaan *hotspot (confidence level)* mulai dari 5 hingga 100% yang berbeda dengan *Indofire (confidence level >80%)*. Tingginya nilai *ommission error* disebabkan oleh kabut asap tebal dan awan yang tidak bisa dideteksi oleh algoritma MODIS. Disamping itu, tingginya nilai *ommission error* disebabkan oleh kebakaran asap kecil yang dideteksi di SPOT-4 dan juga kebakaran yang baru terjadi yang ditandai oleh asap yang belum menyebar luas, namun *hotspot* tidak terpantau oleh satelit. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan semua *confidence level hotspot* perlu dipertimbangkan untuk digunakan khususnya pada lahan gambut dibandingkan hanya menggunakan yang lebih besar dari 80% saja.

Kata kunci: *Hotspot, MODIS, Confidence level, Indofire, FIRMS-NASA, Penginderaan jauh*

1 PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan sering terjadi di Indonesia, khususnya di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Walaupun telah banyak upaya yang telah dilakukan, kebakaran hutan tetap terjadi setiap tahun. Kebakaran hutan dan lahan dapat diindikasikan dengan adanya *hotspot* dan asap kebakaran, sehingga informasi tentang *hotspot* yang tervalidasi sangat dibutuhkan dalam pengelolaan bencana oleh berbagai kepentingan.

Salah satu sumber informasi *hotspot* diperoleh dari data satelit Terra/Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Berbagai sumber informasi *hotspot* Terra/Aqua MODIS telah dilakukan antara lain oleh Fire Information for Resource Management System - National Aeronautics and Space Administration (FIRMS-NASA) dan sistem "Indofire". *Indofire* merupakan sistem prediksi titik panas kebakaran hutan/lahan yang terjadi di Indonesia berbasis *web*. Sistem ini merupakan hasil kerjasama antara Lapan dengan Landgate Australia, Kementerian Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup, Universitas Bina Nusantara (sebagai dukungan tenaga teknis dalam pengoperasiannya) secara *real time*. Mengingat bencana kebakaran hutan/

lahan yang rutin berlangsung setiap tahun pada musim kering, dan dengan adanya perbedaan hasil informasi *hotspot* di atas perlu dilakukan validasi *hotspot* sebagai kebutuhan nasional/regional tentang penyamaan data/informasi *hotspot* sebagai referensi yang tervalidasi.

Kegiatan terkait telah dilakukan di beberapa negara, diantaranya di Brazil (Morissette *et al.*, 2005), Siberia (Csizar *et al.*, 2006), dan Sumatera dan Kalimantan Indonesia (Lee *et al.*, 2007), dengan *probability* deteksi *hotspot* terhadap kebakaran sekitar 40-60%. Metode pengujian akurasi dilakukan dengan menggunakan citra resolusi lebih tinggi yaitu ASTER dan SPOT. Pada tahun 2009, Thailand juga mempublikasi hasil pengecekan lapangan *hotspot* MODIS, dan memperoleh nilai akurasi yang sangat tinggi, yaitu mencapai >90% (Tanpipat *et al.*, 2009). Pada tahun 2011, Vetrira *et al.* telah melakukan pengujian *hotspot* MODIS yang bersumber dari *Indofire Map Service* untuk wilayah Provinsi Riau, dan mendapatkan nilai akurasi 43%, dengan *commission error* 53% dan *ommission error* 4%. Pengujian dilakukan dengan menggabungkan data lapangan dan pendeteksian asap dari citra satelit. Menurut *review* yang dilakukan oleh

Cahyono *et al.* (2012), dengan melakukan analisis nilai ambang batas pada algoritma deteksi kebakaran dengan menggunakan data MODIS menghasilkan nilai akurasi deteksi kebakaran MODIS dari MOD14 adalah 73,2% untuk Sumatera-Kalimantan dan 91,7% untuk wilayah Afrika Selatan. Disamping itu, evaluasi *hotspot* dengan bekas area kebakaran juga telah dilakukan, salah satunya adalah Tansey *et al.* (2008), yang menemukan bahwa hubungan *hotspot* dengan bekas kebakaran bervariasi secara spasial yang sangat tergantung pada fungsi dan jenis vegetasinya.

Meskipun penelitian ini sudah cukup banyak dilakukan, namun analisis yang komprehensif terutama terkait dengan evaluasi *hotspot* di lahan gambut masih perlu dilakukan. Didalam penelitian ini, dilakukan validasi *hotspot* yang bersumber dari data Terra/Aqua-MODIS dengan menggunakan data penginderaan jauh resolusi lebih tinggi yaitu SPOT-4 (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) seri 4. Lokasi penelitian dilakukan di Pulau Sumatera dan Kalimantan yang memiliki sebaran *hotspot* tinggi dan berdasarkan ketersediaan data SPOT-4 yang relatif cerah. Pengolahan citra satelit SPOT-4 yang dipergunakan, diupayakan untuk dapat mengekstrak informasi mengenai kebakaran hutan/lahan di suatu daerah sehingga dapat ditentukan titik kebakarannya. Titik kebakaran ini digunakan untuk memvalidasi *hotspot* baik yang diperoleh dari MODIS-Firm ataupun MODIS-*Indofire*.

Hasil validasi *hotspot* diharapkan dapat mengeluarkan nilai akurasi yang akan digunakan sebagai dasar pertimbangan kebijakan bagi pemangku kepentingan terkait, misalnya Kementerian Kehutanan, Kementerian Lingkungan, Kementerian Pertanian, dll. Disamping itu dapat digunakan pula oleh pengguna lain dalam memanfaatkan data/informasi ini sesuai dengan keperluannya. Informasi yang tersedia

sangat bermanfaat bagi pengguna baik sebagai alat pemantauan untuk menetapkan upaya pengelolaan bencana maupun sebagai data masukan untuk kegunaan lainnya.

2 METODOLOGI

2.1 Data yang Digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- *Hotspot* MODIS yang bersumber dari NASA (Sumber: <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms/active-fire-data>) dan *hotspot* MODIS yang bersumber dari *Indofire* (sumber: <http://indofire.landgate.wa.gov.au/indofire.asp>) yang diakusisi pada bulan Juni hingga Oktober 2012. NASA maupun *Indofire* sama-sama menggunakan data MODIS hanya dibedakan oleh *confidence level* yang digunakan, NASA menggunakan semua *confidence level* sedangkan di *Indofire* menggunakan *confidence level* lebih dari 80 %.
- Data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi SPOT-4 periode bulan Juni hingga Oktober 2012. Data Spot-4 yang digunakan adalah data yang *confirm* dengan kebakaran hutan/lahan di Sumatera dan Kalimantan yang akusisinya pada tanggal yang sama. Selama tahun 2012 diperoleh *Scene* data Spot-4 yang terlihat cukup jelas titik kebakaran dan sebaran asap kebakarannya (Tabel 2-1).

Tabel 2-1: DATA SPOT-4 YANG DIGUNAKAN SELAMA TAHUN 2012

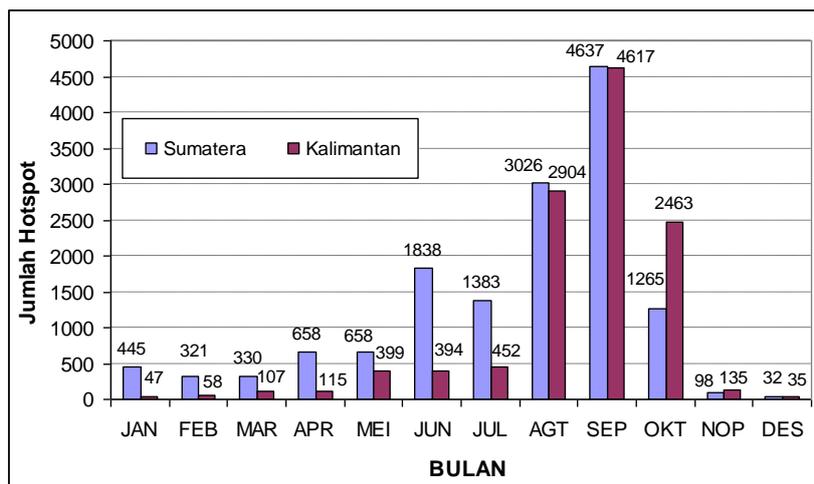
NO.	Tanggal	K-J-Lintasan
1.	14-Jun-12	267-346-S0
2.	20-Jun-12	268-346-S0
3.	20-Jun-12	268-347-S8
4.	20-Jun-12	269-347-S0
5.	27-Jul-12	279-357-S0
6.	02-Agst-12	289-352-S0
7.	08-Agst-12	289-352-S0
8.	08-Agst-12	289-353-S3
9.	10-Agst-12	269-346-S9
10.	11-Agst-12	269-347-S1
11.	11-Agst-12	269-347-S7

12.	11-Agst-12	270-346-S7
13.	07-Sept-12	279-357-S0
14.	07-Sept-12	280-357-S7
15.	17-Sept-12	276-353-S0
16.	27-Sept-12	280-355-S2
17.	28-Sept-12	279-356-S2
18.	03-Okt-12	280-355-S0
19.	03-Okt-12	280-356-S4
20.	04-Okt-12	297-354-S0
21.	05-Okt-12	295-355-S0

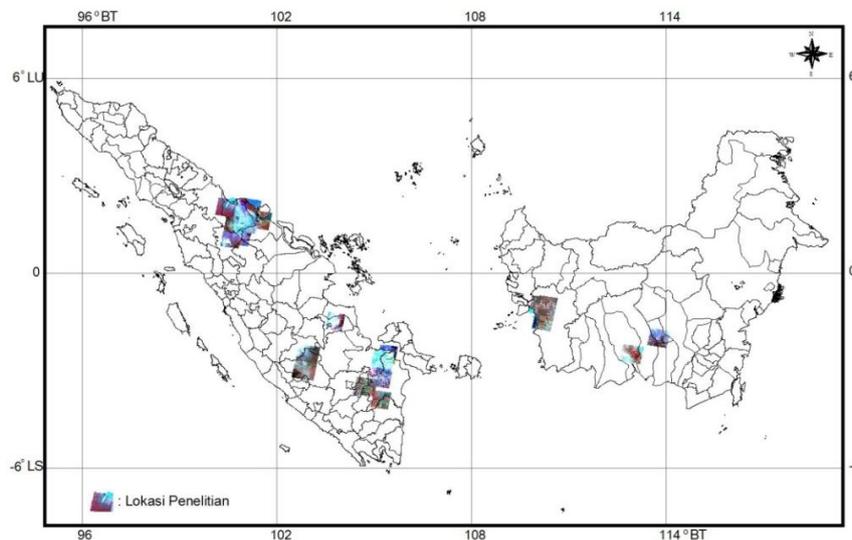
2.2 Wilayah Studi

Pemilihan lokasi penelitian difokuskan di Pulau Sumatera dan Kalimantan yang merupakan lokasi rawan kebakaran hutan di Indonesia. Hasil deteksi dan pemantauan *hotspot* yang dilakukan oleh Lapan menunjukkan bahwa distribusi *hotspot* bulanan dengan frekuensi tinggi selama tahun

2012 baik di Pulau Sumatera dan Kalimantan terjadi pada bulan Juni 2012 hingga Oktober 2012 (Gambar 2-1). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan data *hotspot* dari bulan Juni 2012 hingga Oktober 2012. Disamping itu, fokus wilayah studi juga dikaitkan dengan ketersediaan data satelit penginderaan jauh SPOT-4 yang relatif cerah (untuk penentuan asap kebakaran) selama tahun 2012. Berdasarkan kondisi tersebut, wilayah studi untuk Pulau Sumatera diwakili Provinsi Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, dan sebagian kecil Sumatera Utara bagian Timur. Sementara wilayah Kalimantan diwakili Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah. Lokasi penelitian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2-2.



Gambar 2-1: Distribusi *hotspot* bulanan di Sumatera dan Kalimantan



Gambar 2-2: Lokasi Penelitian

2.3 Algoritma Hotspot MODIS

Penentuan *hotspot* MODIS dihitung berdasarkan kanal termal pada panjang gelombang 4 μm dan 11 μm , yang terdapat pada kanal 21, 22 dan 31. Spesifikasi kanal MODIS yang digunakan dalam algoritma *hotspot* seperti ditunjukkan pada Tabel 2-2. Metode penentuan *hotspot* yang digunakan telah dibangun oleh Giglio *et al* (2003) dengan algoritma sebagai berikut:

Bukan hotspot apabila:

- $T_4 < 310^\circ \text{K}$, $\Delta T < 10^\circ \text{K}$, dan $\rho_{0.86} > 0.3$ pada siang hari atau
- $T_4 < 305^\circ \text{K}$, $\Delta T < 10^\circ \text{K}$, malam hari

Hotspot apabila:

- $T_4 > 360^\circ \text{K}$ (pada siang hari), atau 320°K (pada malam hari) atau
- $\{(\Delta T > \Delta T + 3.5 \delta_{\Delta T}) - (T_4 > T_4 + 3\delta_4) \text{ dan } [(T_{11} > T_{11} + \delta_{11} - 4\text{K}) \text{ atau } (\delta'_4 > 5\text{K})]\}$, untuk siang hari
- $\{(\Delta T > \Delta T + 3.5 \delta_{\Delta T}) - (T_4 > T_4 + 3\delta_4) \text{ untuk malam hari}$

Dimana:

T_4 = suhu kecerahan pada panjang gelombang 4 μm ,

T_{11} = suhu kecerahan pada panjang gelombang 11 μm ,

$\Delta T = T_4 - T_{11}$,

T_4 = rata-rata dari T_4 pixel tetangga yang valid,

δ_4 = rata-rata deviasi absolut dari T_4 pixel tetangga yang valid,

T_{11} = rata-rata dari T_{11} pixel tetangga yang valid,

δ_{11} = rata-rata deviasi absolut dari T_{11} pixel tetangga yang valid,

ΔT = rata-rata ΔT dari nilai pixel tetangga yang valid, $\delta_{\Delta T}$ = rata-rata deviasi absolut ΔT dari nilai pixel tetangga yang valid,

T_4 = nilai rata-rata T_4 dari nilai pixel tetangga yang tidak dihitung sebagai pixel tetangga valid karena tergolong *background fires*,

δ'_4 = nilai rata-rata deviasi absolut T_4 dari nilai pixel tetangga yang tidak dihitung sebagai pixel tetangga valid karena tergolong *background fires*.

Tabel 2-2: SPESIFIKASI KANAL MODIS YANG DIGUNAKAN DALAM ALGORITMA HOTSPOT

Kanal	Titik Tengah Panjang Gelombang (μm)	Tujuan
1	0.65	Memisahkan pixel yang terpengaruh pantulan matahari dan air (<i>sun glint</i> , dan <i>coastal false alarm</i>).
2	0.86	Memisahkan pixel yang terpengaruh pantulan matahari dan air (<i>Bright surface</i> , <i>sun glint</i> , dan <i>coastal false alarm</i>), serta <i>masking</i> awan.
7	2.1	<i>Sun glint</i> , <i>coastal false alarm rejection</i> .
21	4.0	Kanal untuk deteksi kebakaran/ <i>active fire (High-range)</i>
22	4.0	Kanal untuk deteksi kebakaran (<i>Low-range</i>)
31	11.0	Deteksi kebakaran dan <i>masking</i> awan
32	12.0	<i>Masking</i> awan

Sumber: Gligio *et al.*, 2003; Justice *et al.*, 2002

2.4 Metode Penentuan Titik Kebakaran

Citra satelit SPOT-4 yang diperoleh adalah citra dalam bentuk digital dan sudah terkoreksi secara sistematis namun masih harus diproses lebih lanjut untuk mendapatkan tampilan serta kualitas citra yang baik agar sewaktu melaksanakan interpretasi sebaran dan arah asap diperoleh hasil yang memuaskan dan mempunyai kesalahan yang relatif rendah.

Proses yang dilaksanakan adalah apa yang disebut dengan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik. Koreksi radiometrik bertujuan untuk menghilangkan pengaruh *haze*, kekaburan citra, kekurangjelasan daya pisah unsur, untuk membuat agar citra terlihat “lebih tajam dan jelas detailnya”. Sedang koreksi geometrik bertujuan untuk menyesuaikan skala citra (dimensi luas) dan orientasi peta (arah utara). Dengan demikian luasan yang diperoleh dalam analisa statistik akan sebanding dengan dimensi di lapangan sesuai dengan skala citra yang diinginkan. Koreksi geometrik yang dilakukan adalah koreksi ortorektifikasi. Dengan telah di “koreksi” nya citra tersebut maka selanjutnya telah didapat suatu citra yang siap untuk diolah untuk mendapatkan titik kebakarannya. Citra SPOT-4 mempunyai resolusi spasial cukup detail yaitu 20 x 20 m, sehingga penentuan titik kebakaran dari citra tersebut merupakan titik kebakaran yang cukup detail dan benar-benar terjadi kebakaran. Titik kebakaran ini digunakan sebagai referensi untuk memvalidasi *hotspot* MODIS baik yang dikeluarkan dari NASA maupun dari *Indofire*. Metode penentuan titik kebakaran dengan menggunakan teknik analisis visual citra multispektral SPOT-4 band 3-2-1 (*False color* komposit) dengan cara melihat pola sebaran dan arah asapnya, dan sebagai pertimbangan untuk menguatkan bisa juga dilihat *hotspot* yang terjadi disekitar asap. Berdasarkan penelitian Morissette *et al.* (2005) menyatakan bahwa Algoritma

MODIS saat ini belum bisa mendeteksi *hotspot* pada kondisi kabut tebal. Sehingga pengambilan titik kebakaran tidak dilakukan di bawah awan dan kabut tebal yang meyelimuti citra SPOT-4. Gambar 2-3 merupakan contoh penentuan titik kebakaran dari citra SPOT di wilayah Kota Dumai yang melintas pada tanggal 11 Agustus 2012. Warna putih menunjukkan pola sebaran asap kebakaran yang mengarah ke Barat laut, dan angka menunjukkan nomor titik kebakaran.

2.5 Metode Buffering Titik Kebakaran

Buffering dilakukan terhadap titik koordinat kebakaran SPOT-4. Metode *buffering* didasarkan pada kesalahan geometrik dari citra MODIS sebesar 2 piksel (± 2 km) sehingga titik kebakaran dari SPOT-4 yang diperoleh dibuat *buffering* dengan radius 2 km ditandai dengan garis keliling berwarna hitam (Gambar 2-4). Menurut Vetritya Y. (2011) menyatakan bahwa metode *buffering* dilakukan dengan radius 2 km yang didasarkan pada frekuensi *hotspot* secara berturut-turut selama 2 hingga 3 hari pada radius 2 km. Gambar 2-4 merupakan contoh hasil *buffering* titik kebakaran citra SPOT-4 tanggal 14 Juni tahun 2012 di wilayah Rokan Hilir.

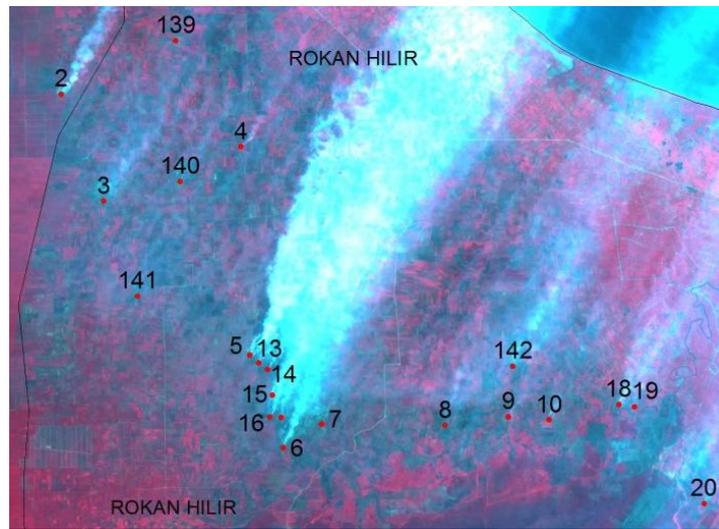
2.6 Metode Perhitungan Akurasi

Akurasi *hotspot* dihitung dengan mempertimbangkan nilai-nilai antara lain: total jumlah *hotspot* MODIS di lokasi terpilih (M), jumlah *hotspot* yang tepat/valid (V), dan jumlah *hotspot missing* atau ada kebakaran tetapi tidak ada *hotspot* (E). Penetapan jumlah *hotspot* MODIS (M) dilakukan dengan kriteria sebagai berikut:

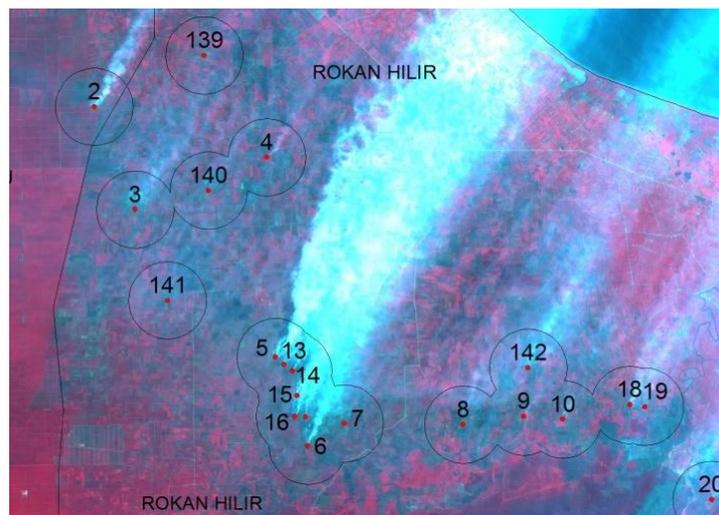
- a. *Hotspot* yang sesuai dengan tanggal akurasi citra SPOT-4, selain itu dilakukan juga validasi *hotspot* dengan memperhitungkan jam akurasi terdekat kurang lebih beda 2 jam.
- b. *Hotspot* di bawah awan dan asap tebal tidak digunakan

Gambar 2-5 merupakan salah satu contoh tumpang tindih antara *hotspot* dari MODIS NASA pada tanggal 14 Juni

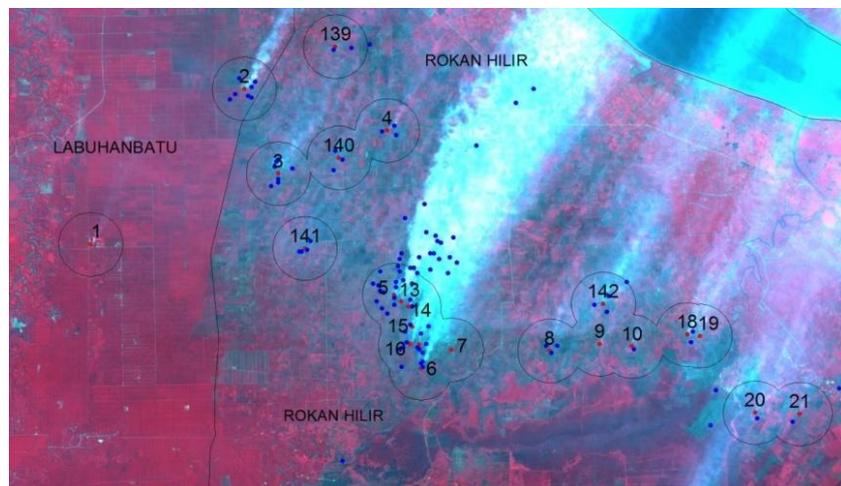
2012 terhadap *buffering* titik kebakaran dari citra SPOT-4 pada tanggal yang sama.



Gambar 2-3: Penentuan titik kebakaran dari citra Spot-4 Tanggal 14 Juni 2012



Gambar 2-4: Hasil *Buffering* titik kebakaran SPOT-4 tanggal 14 Juni 2012



Gambar 2-5: Tumpang tindih antara *hotspot* terhadap *buffering* titik kebakaran dari citra SPOT-4 pada tanggal 14 Juni 2012

Selanjutnya *hotspot* yang dapat dikategorikan valid apabila:

- a. *Hotspot* ditemukan berada di dalam *buffer* titik kebakaran
- b. *Hotspot* yang berkelompok pada tanggal yang sama, dan bergabung dengan *buffer* titik kebakaran yang berdekatan

Formula akurasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = (V)/(M + E) \times 100 \% \quad (2-1)$$

Untuk perhitungan *commision error* dimana kejadiannya ada *hotspot* tetapi tidak ada kebakaran, dengan menggunakan perhitungan jumlah *hotspot* modis dilokasi terpilih (M) dikurangi jumlah *hotspot* valid (V) dibagi jumlah *hotspot* MODIS *Indofire* ditambah *hotspot missing* (E) dikalikan 100 persen. Formula *Commision error* adalah sebagai berikut:

$$\text{Commision error} = (M-V)/(M+E) \times 100\% \quad (2-2)$$

Sedangkan perhitungan *ommision error* dimana kejadiannya adalah terdapat kebakaran tetapi tidak terdeteksi adanya *hotspot*, dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Ommision error} = (E)/(M + E) * 100\% \quad (2-3)$$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perolehan Koordinat Titik Kebakaran dari SPOT-4 dan *Hotpot* MODIS

Selama tahun 2012 diperoleh 21 citra SPOT-4 (Tabel 2-1) yang diindikasikan adanya titik kebakaran. Hal ini disebabkan wilayah Indonesia memiliki kendala liputan awan yang cukup tinggi. Dari seluruh citra SPOT-4 yang ada diperoleh sejumlah 144 titik kebakaran, dimana paling banyak ditemukan pada tanggal 14 Juni 2012 sebanyak 29 titik kebakaran (Tabel 3-1). Pengumpulan data *hotspot* MODIS baik dari NASA ataupun *Indofire* disesuaikan dengan perolehan titik kebakaran dari citra SPOT-4 yang cukup detail (terlihat asap kebakaran) sebagai data referensi untuk validasi akurasi. Perolehan data *hotspot* dari MODIS NASA dan MODIS *Indofire* dengan kriteria di atas untuk setiap *scene* SPOT-4 dapat ditentukan. Seluruh hasil titik kebakaran dan jumlah *hotspot* setiap *scene* SPOT-4 dalam satu hari penuh (> 2 jam) ataupun yang berdekatan dengan jam akusisi citra SPOT-4 (≤ 2 jam) ditunjukkan pada Tabel 3-1, dengan tidak memperhitungkan *hotspot* di bawah kabut tebal.

Tabel 3-1: PEROLEHAN JUMLAH TITIK KEBAKARAN DARI SPOT-4 DAN JUMLAH *HOTSPOT* MODIS

No.	Tanggal	K-J-Lintasan	Jumlah dan Nomor titik kebakaran	Jumlah Hotspot MODIS			
				NASA		Indofire	
				≤2jam	Satu hari	≤2jam	Satu hari
1.	14-Jun-12	267-346-S0	23 (1-23), 6 (137-142)	37	99	70	126
2.	20-Jun-12	268-346-S0	3 (24-26)	0	2	0	0
3.	20-Jun-12	268-347-S8	1 (44)	0	0	0	0
4.	20-Jun-12	269-347-S0	17 (27-43)	0	21	2	2
5.	27-Jul-12	279-357-S0	3 (129-131)	3	6	5	5
6.	02-Agst-12	289-352-S0	2 (132-133)	2	6	5	5
7.	08-Agst-12	289-352-S0	3 (134-136)	0	3	0	5

No.	Tanggal	K-J-Lintasan	Jumlah dan Nomor titik kebakaran	Jumlah Hotspot MODIS			
				NASA		Indofire	
				≤2jam	Satu hari	≤2jam	Satu hari
8.	08-Agst-12	289-353-S3	2 (117-118)	0	0	0	12
9.	10-Agst-12	269-346-S9	10 (45-54)	10	64	14	14
10.	11-Agst-12	269-347-S1	11 (55-65)	4	9	0	0
11.	11-Agst-12	269-347-S7	11 (66-76)	4	14	10	10
12.	11-Agst-12	270-346-S7	14 (77-90)	4	8	1	1
13.	07-Sept-12	279-357-S0	3 (91-93)	4	5	4	5
14.	07-Sept-12	280-357-S7	4 (94-97)	0	0	0	2
15.	17-Sept-12	276-353-S0	6 (98-103)	2	5	0	3
16.	27-Sept-12	280-355-S2	2 (104, 105), 3 (144-146)	10	19	1	1
17.	28-Sept-12	279-356-S2	4 (106-109)	0	0	0	0
18.	03-Okt-12	280-355-S0	6 (110-115)	3	46	3	3
19.	03-Okt-12	280-356-S4	1 (116)	0	2	1	1
20.	04-Okt-12	297-354-S0	5 (124-128), 1 (143)	0	0	0	8
21.	05-Okt-12	295-355-S0	5 (119-123)	2	20	10	20

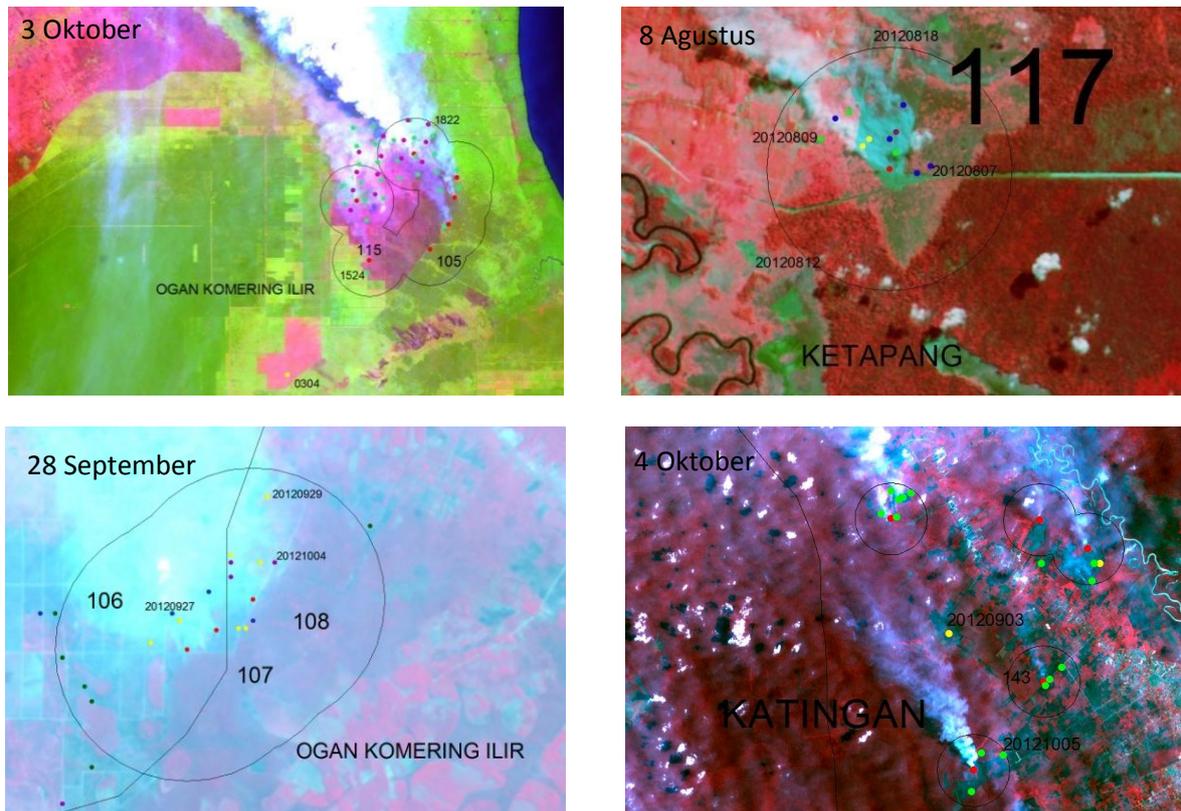
3.2 Hasil Pengujian Akurasi

Pengujian *hotspot* MODIS di Indonesia diwakili di wilayah Sumatera dan Kalimantan, dimana kedua wilayah tersebut mempunyai tingkat rawan kebakaran hutan dan lahan yang cukup tinggi. Pengujian *hotspot* dilakukan untuk *hotspot* MODIS yang dikeluarkan oleh Produk NASA dan *Indofire*, yang direkam baik siang maupun malam hari. *Hotspot* MODIS terdeteksi pada siang berkisar antara pukul 03 dan 06 UTC sedangkan pada malam hari berkisar antara jam 15, 18, dan 19 UTC. Adapun citra resolusi tinggi SPOT-4 yang digunakan untuk validasi direkam berkisar antara 02 atau 03 UTC. Pada kenyataannya dalam suatu proses validasi ditemukan beberapa kejadian bahwa kebakaran yang terjadi pada tanggal 3 Oktober 2012 (diindikasikan dengan adanya asap tebal), dan SPOT-4 melintas pada pukul 02:25 UTC sedangkan *hotspot* yang berkisar antara

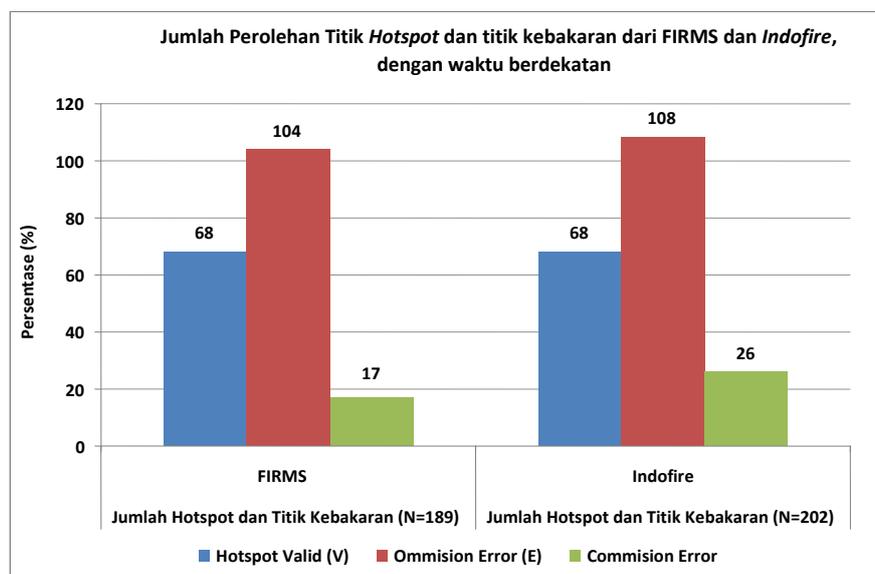
jam tersebut tidak ada, namun terdeteksi pada malam harinya pukul 15:24 UTC dan 18:22 UTC. Kejadian lain, kebakaran yang terjadi pada tanggal 4 Oktober 2012, *hotspot* pada tanggal tersebut tidak ada tetapi terdeteksi pada hari sesudahnya. Kebakaran yang terjadi pada tanggal 8 Agustus 2012 di wilayah Ketapang (diindikasikan dengan adanya asap pada citra SPOT-4) dan *hotspot* MODIS pada tanggal tersebut tidak terdeteksi namun terdeteksi pada hari sebelumnya (7 Agustus 2012) dan sesudahnya (9 Agustus 2012). Seperti halnya September 2012 di wilayah Ogan Komering Ilir dan juga (Gambar 3-1). Melihat beberapa kasus dalam proses validasi, sehingga validasi *hotspot* dimungkinkan untuk dilakukan dalam waktu satu hari penuh untuk setiap *scene* SPOT-4 dan juga untuk waktu yang berdekatan dengan citra SPOT-4 (≤ 2 jam).

Total jumlah *hotspot* dan titik kebakaran untuk pengujian *hotspot* FIRMS-NASA pada waktu akuisisi berdekatan dengan citra SPOT-4 (≤ 2 jam) diperoleh sebesar 189 titik, dengan jumlah *ommission error* (ada kebakaran tetapi tidak ada *hotspot*) sebesar 104 titik, *hotspot valid* sejumlah 68 titik dan *commision error* (ada *hotspot* tetapi tidak dideteksi adanya kebakaran)

sejumlah 17 titik. Sedangkan jumlah *hotspot* dan titik kebakaran yang dihasilkan untuk pengujian *hotspot* *Indofire* sebesar 202 titik dengan jumlah *ommission error* yang cukup tinggi sejumlah 108 titik, dimana jumlah *hotspot valid* sebesar 68 titik dan *commision error* sejumlah 26 titik ditunjukkan pada Gambar 3-2.



Gambar 3-1: Beberapa contoh kasus kejadian kebakaran dalam proses validasi *hotspot* MODIS

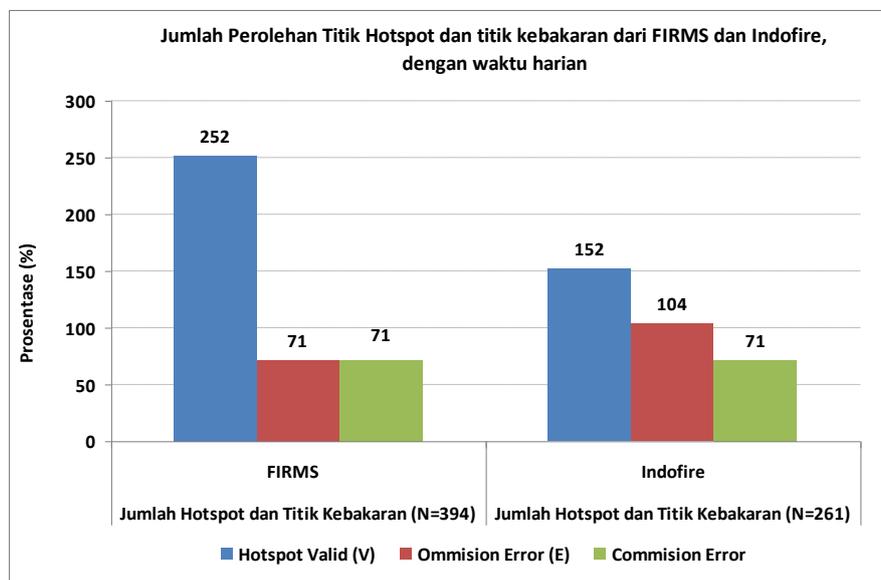


Gambar 3-2: Jumlah *Hotspot* dan Titik kebakaran dari FIRMS-NASA dan *Indofire*, dengan waktu yang berdekatan (≤ 2 jam)

Apabila pengujian validasi *hotspot* dilakukan dalam waktu yang bersamaan dengan tanggal akuisisi citra SPOT-4, maka total jumlah *hotspot* dan titik kebakaran yang dihasilkan untuk pengujian *hotspot* MODIS dari FIRMS-NASA sebesar 394 titik dengan jumlah *hotspot valid* sebesar 252 titik, *ommision error* (ada kebakaran tetapi tidak ada *hotspot*) dan *commision error* (ada *hotspot* tetapi tidak dideteksi adanya kebakaran) masing-masing sebesar 71 titik. Adapun jumlah *hotspot* dan titik kebakaran yang dihasilkan untuk pengujian *hotspot*

Indofire sebesar 261 titik dengan jumlah *ommision error* yang cukup tinggi sejumlah 104 titik, dimana jumlah *hotspot valid* sebesar 152 titik dan *commision error* sejumlah 71 titik ditunjukkan pada Gambar 3-3.

Rekapitulasi total hasil pengujian *hotspot* secara umum dan dilakukan juga pengujian di wilayah lahan Gambut dan Non Gambut untuk periode waktu yang berdekatan (≤ 2 jam) ditunjukkan pada Tabel 3-2, dan rekapitulasi total hasil pengujian *hotspot* dalam waktu satu hari ditunjukkan pada Tabel 3-3.



Gambar 3-3: Jumlah *Hotspot* dan Titik Kebakaran dari FIRMS-NASA dan *Indofire*, dengan hitungan waktu harian

Tabel 3-2: REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN *HOTSPOT* MODIS NASA DAN *INDOFIRE*, DENGAN JAM BERDEKATAN (≤ 2 jam).

Katagori	NASA			Indofire		
	Jumlah Titik HS	Gambut	Non Gambut	Jumlah Titik HS	Gambut	Non Gambut
<i>Hotspot</i> MODIS (M)	85	78	7	94	84	10
<i>Hotspot Valid</i> (V)	68	62	6	68	64	4
<i>Omission Error</i> (E)	104	80	24	108	76	32
<i>Commision Error</i>	17	16	1	26	20	6

Tabel 3-3: REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN *HOTSPOT* MODIS NASA DAN *INDOFIRE*, DALAM PERIODE WAKTU HARIAN

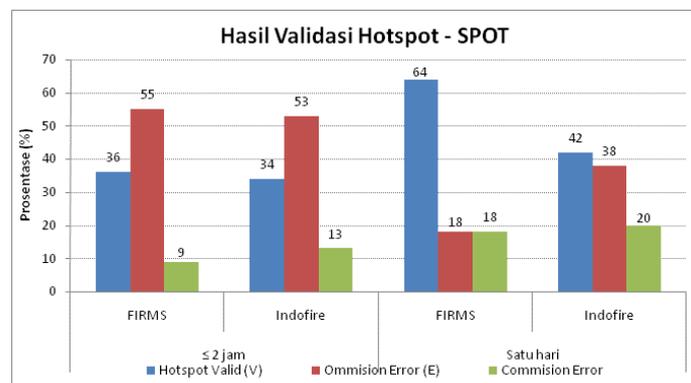
Katagori	NASA			Indofire		
	Jumlah Titik HS	Gambut	Non Gambut	Jumlah Titik HS	Gambut	Non Gambut
<i>Hotspot</i> MODIS (M)	323	269	54	161	131	30
<i>Hotspot Valid</i> (V)	252	210	42	110	92	18
<i>Omission Error</i> (E)	71	47	24	100	71	29
<i>Commision Error</i>	71	59	12	51	39	12

Dari total jumlah *hotspot* MODIS NASA dan kebakaran yang dideteksi dalam waktu berdekatan (≤ 2 jam) hanya diperoleh persentase *hotspot valid* sebesar 36%, dengan persentase terbesar adalah *omission error* sebesar 55%, dan dengan *commision error* sekitar 9%. Demikian juga dari total jumlah *hotspot* MODIS *Indofire* dan kebakaran yang dideteksi diperoleh persentase terbesar adalah *omission error* sebesar 53%, dengan ditemui *hotspot valid* sebesar 34%, dan *commision error* sekitar 13%. Sedangkan dari total jumlah *hotspot* MODIS NASA dan kebakaran yang dideteksi yang dihitung dalam waktu satu hari penuh diperoleh nilai akurasi valid sebesar 64%, dengan *omission error* sebesar dan *commision error* masing-masing 18%. Demikian juga dari total jumlah *hotspot* MODIS *Indofire* dan kebakaran yang dideteksi diperoleh nilai akurasi valid sebesar 42%, dengan *omission error* cukup tinggi sebesar 38%, dan *commision error* sekitar 20% (Gambar 3-4).

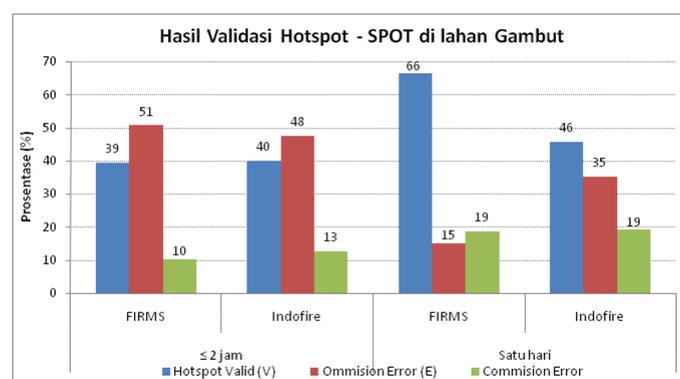
Validasi *hotspot* FIRMS-NASA dengan menggunakan waktu yang

berdekatan (≤ 2 jam), sebagian besar kebakaran yang terjadi dideteksi di wilayah gambut sekitar (84%), dengan persentase terbesar menunjukkan *ommission error* sekitar 51%, *hotspot valid* sebesar 39%, dan *commision error* sebesar 10%. Sedangkan dari MODIS *Indofire* yang dideteksi di wilayah gambut sebesar 79%, dengan persentase terbesar masih merupakan nilai *omission error* sekitar 48%, dengan akurasi *hotspot valid* sebesar 40%, dengan dan *commision error* sekitar 13% ditunjukkan pada Gambar 3-5.

Validasi *hotspot* FIRMS-NASA untuk waktu satu hari, sebagian besar kebakaran tersebut juga dideteksi di wilayah gambut sebesar 80%, dengan persentase terbesar merupakan nilai akurasi *valid* sebesar 66%, dengan *ommission error* (15%), dan *commision error* sekitar 19%. Adapun pada MODIS *Indofire* ditunjukkan *hotspot valid* hanya sebesar 46%, dengan *ommission error* (35%), dan *commision error* sekitar 19% ditunjukkan pada Gambar 3-5.



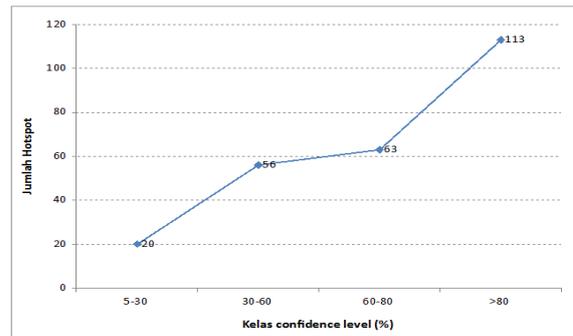
Gambar 3-4: Hasil validasi *hotspot* MODIS dari produk FIRMS-NASA dan *Indofire*



Gambar 3-5: Grafik hasil validasi *hotspot* MODIS *Firms* dan *Indofire* di lahan Gambut

Rendahnya nilai akurasi *hotspot* ini antara lain disebabkan oleh kendala liputan awan yang sangat tinggi di wilayah tropis seperti Indonesia, sehingga sulit untuk mengumpulkan data titik kebakaran sebagai data referensi. Disamping itu, nilai rendahnya akurasi ini tergantung pada periode lintasan satelit SPOT-4 pada saat terjadi kebakaran. Berdasarkan penelitian Morissette *et al.* (2005) menyatakan bahwa Algoritma MODIS saat ini belum bisa mendeteksi *hotspot* pada kondisi kabut tebal. Sedangkan tingginya persentase *ommission error* baik dari NASA maupun *Indofire* ini sebagian besar disebabkan oleh titik kebakaran dengan asap kecil yang dideteksi pada SPOT-4 namun di MODIS tidak terpantau. Demikian juga banyak kebakaran yang ditunjukkan pada Satelit SPOT-4 dengan adanya asap kebakaran namun *hotspot* muncul pada malam harinya. Setelah beda waktu diperpanjang jadi satu hari nilai akurasi *hotspot* valid semakin baik dan mengurangi nilai *ommission error*nya.

Terkait dengan tingkat kepercayaan/*confidence level hotspot* yang bersumber dari FIRMS-NASA, diperoleh hasil bahwa *hotspot* yang memiliki *confidence level* di atas 80% jauh lebih banyak, hampir mencapai separuh jumlah *hotspot* sekitar 45%nya dibandingkan *confidence* di bawahnya. Namun bukan berarti bahwa *confidence level* yang lebih rendah (30-60)% dan (60-80)% tidak bisa diperhitungkan, hal ini dikarenakan masih ditemui dalam jumlah yang cukup banyak hingga mencapai 45%. Hal serupa juga ditemukan oleh Tansey *et al.* (2008) yang menyebutkan perlunya mempertimbangkan *confidence level* yang rendah untuk studi kebakaran hutan di hutan tropis. Meskipun demikian, untuk *confidence level* di bawah 30% yang hanya mencapai 8% dari jumlah *hotspot* yang dideteksi, tidak disarankan untuk digunakan sebagai dasar utama pengecekan lapangan Gambar 3-6.



Gambar 3-6: Hasil perhitungan jumlah *hotspot* yang valid dalam kelas *confidence level*

4 KESIMPULAN

- Hasil persentase akurasi *hostpot* MODIS dari Firms-NASA sebesar 64% dengan tingkat *commision error* dan *ommission error* masing-masing 18%. Sedangkan Hasil persentase akurasi *hostpot* dari *Indofire* sebesar 42 % dengan tingkat *commision error* 38% dan *ommission error* 20%. Dari total jumlah *hotspot* MODIS kebakaran sebagian besar dideteksi di wilayah gambut (>80%), persentase terbesar merupakan akurasi valid sebesar 66% untuk FIRMS-NASA, dan untuk *Indofire* hanya diperoleh akurasi Valid sebesar 46%.
- Pada perhitungan akurasi dalam waktu berdekatan (≤ 2 jam) dengan citra SPOT-4 diperoleh akurasi *hostpot* dari *Firms-NASA* sebesar 36% dengan tingkat *ommission error* 55% dan *commision error* 9%. Sedangkan Hasil persentase akurasi *hostpot* MODIS *Indofire* sebesar 34% dengan tingkat *ommission error* 53% dan *commision error* 13%. Dari total jumlah *hotspot* MODIS, kebakaran sebagian besar dideteksi di wilayah gambut (>78%), dengan persentase akurasi valid hampir berimbang yaitu sebesar 39% untuk *Firms-NASA*, dan untuk *Indofire* diperoleh akurasi Valid sebesar 40%.
- Rendahnya nilai akurasi *hotspot* antara lain disebabkan kabut tebal yang tidak bisa dideteksi oleh Algoritma MODIS, liputan awan, dan waktu lintasan antara SPOT-4 dengan waktu terjadinya *hotpot* MODIS. Serta

tingginya nilai *ommission error* pada perhitungan validasi dengan jeda waktu (≤ 2 jam) disebabkan oleh kebakaran kecil yang dideteksi di SPOT-4 atau kebakaran yang baru terjadi yang ditandai oleh asap yang belum menyebar luas.

- *Confidence level* yang digunakan dalam pengujian *hotspot* MODIS Firm-NASA bervariasi antara (5-100%) dan ditemukan tidak semua *confidence* tinggi ($>80\%$) pasti tepat, namun ada yang rendahpun bisa tepat (5%). Berarti suatu kejadian kebakaran tidak terbatas pada *confidence level* yang sangat tinggi ($>80\%$).
- Mengingat adanya beberapa kasus yang terjadi seperti kejadian kebakaran tanggal tertentu (misal tanggal 28 September 2012) pada citra resolusi tinggi SPOT-4, namun *hotspot* MODIS terjadi pada hari sebelumnya (27 September 2012) dan sesudah (29 September 2012) sehingga perlunya menganalisis kejadian *hotspot* sebelum dan sesudah terjadi kebakaran hutan dan lahan.

DAFTAR RUJUKAN

- Cahyono, B.E., P. Fearn, and B. Rendon McAtee, 2012. *Analysing Threshold Value in Fire Detection Algorithm Using MODIS Data*, Aceh International Journal of Science and Technology, 1 (2): 54-59 August 2012 ISSN: 2088-9860.
- 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.
- Giglio, L., J. Descloitres, C. O. Justice and Y.J. Kaufman, 2003. *An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS*, Remote sensing of environment, 87(2), 273-282.
- Indofire Map Service, 2012. Indofire. <http://indofire.landgate.wa.gov.au/indofire.asp>, Bulan Juni-Oktober 2012.
- Justice, C. O., L. Giglio, S. Korontzi, J. Owens, J.T. Morisette, D. Roy, J. Descloitres, S. Alleaume, F. Petitcolin, and Y. Kaufman, 2002. *The MODIS Fire Products*, Remote Sensing of Environment, 83(1), 244-262.
- Liew, S.C., C. Shen, J.Low, A. Lim, L.K. Kwoh, 2003. *Validation of MODIS Fire Product over Sumatera and Borneo using High Resolution SPOT Imagery*, Proc. 24th Asian Conference on Remote Sensing & 2003 International Symposium on Remote Sensing Busan, Korea, 3 - 7 November 2003, Vol. I, pp. 671-673.
- Morisette J. T., L. Giglio, I. Csiszar, A. Setzer, W. Schroeder, D. Orto, and C. O. Justice, 2005. *Validation of MODIS Active Fire Detection Products Derived from Two Algorithms*, Earth Interact. Vol. 9, p. 13.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (US), <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms/active-fire-data>. Bulan Juni-Oktober 2012.
- Tanpipat, V., K. Honda and P. Nuchaiya, 2009. *MODIS Hotspot Validation Over Thailand*, Remote Sensing, 1(4), 1043-1054.
- Tansey, K., J. Beston, A. Hoscilo, S.E. Page and C.U. Paredes Hernández, 2008. *Relationship Between MODIS Fire Hot Spot Count and Burned Area in a Degraded Tropical Peat Swamp Forest in Central Kalimantan, Indonesia*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012), 113 (D23).
- Vetrita, Y. dan Nanik Suryo Haryani, 2011. *Validasi Hotspot MODIS Indofire di Provinsi Riau*. Jurnal Ilmiah Geomatika. Vol. 18 No.1, Agustus 2012. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. Bogor.

