

## **SPATIO-TEMPORAL DATA MINING PADA DATA HOTSPOT SEBAGAI INDIKATOR KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN GAMBUT DI PROVINSI RIAU**

(Spatio-temporal Data Mining on Hotspot Data as Indicator for Forest and  
Peatland Fires in Riau Province)

**Imas Sukaesih Sitanggang<sup>1)</sup>, Lailan Syaufina<sup>2)</sup>, Hari Agung Adrianto<sup>1)</sup>,  
Rina Trismingsih<sup>1)</sup>, Husnul Khotimah<sup>1)</sup>, Annisa Puspa Kirana<sup>1)</sup>,  
Nida Zakiya Nurulhaq<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Dep. Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan IPA, IPB

<sup>2)</sup>Dep. Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB

### **ABSTRAK**

*Hotspot* atau titik panas masih menjadi indikator kejadian kebakaran hutan dan lahan yang penting di Indonesia. Hal ini disebabkan akurasi dari *hotspot* dan aksesibilitas informasi *hotspot* yang memadai. Dalam penelitian ini, pendekatan ‘*spatial-temporal data mining*’ dilakukan untuk menentukan potensi kemunculan *hotspot*, khususnya di lahan gambut di Provinsi Riau. Analisis *hotspot* di lahan gambut dengan menerapkan *spatio temporal clustering* telah menunjukkan bahwa kemunculan *hotspot* erat kaitannya dengan karakteristik lahan gambut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *cluster* titik panas paling banyak terjadi pada Provinsi Riau dan Sumatera Selatan. Sebaran *cluster* titik panas di Sumatera berdasarkan jenis lahan gambut yaitu pada tahun 2001–2006 di dominasi oleh “Hemists/Saprists (60/40) sedang” sedangkan pada tahun 2007–2014 didominasi oleh “Hemists/Saprists (60/40) sangat dalam” dan “Hemists/Saprists (60/40) sedang”. Berdasarkan ketebalan lahan gambut pada tahun 2007–2014 sebaran *cluster* titik panas di Sumatera di dominasi oleh “Sedang: 100–200 cm (D2)” sedangkan, pada tahun 2007–2014 didominasi oleh “Sedang: 100–200 cm (D2)” dan “Sangat Dalam/Sangat Tebal: >400cm (D4)”. Berdasarkan jenis tutupan lahan, secara umum sebaran *cluster* titik panas lahan gambut tahun di Sumatera pada tahun 2001–2014 didominasi oleh “hutan rawa”. Di samping pola kemunculan *hotspot* di lahan gambut, pola urutan kemunculan *hotspot* menjadi salah satu aspek penting untuk mengidentifikasi *hotspot* yang berpotensi menjadi kebakaran hutan dan lahan. *Sequential pattern mining* telah menemukan pola urutan kejadian *hotspot*. Salah satu pola sekuensial *hotspot* yang menarik tahun 2013 pada *minimum support* 7% menunjukkan kemunculan *hotspot* pada 19 Juni 2013 yang diikuti kemunculan pada 21 Juni 2013. Pola kemunculan *hotspot* tersebut terjadi sebanyak 453 kejadian di 40 kecamatan di Provinsi Riau, diantaranya Mandau, Rupert, Siak Kecil, Bukit Batu, dan Pinggir. Informasi yang dihasilkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk pencegahan, sehingga kejadian dan dampak kebakaran hutan dan lahan di masa datang dapat diminimalisir.

Kata kunci: *hotspot*, *peatland*, *sequential pattern mining*, *spatio temporal clustering*, *spatio-temporal data mining*.

### **ABSTRACT**

Hotspot has been still an important indicator for forest and land fires occurrences because of its accuracy and accessibility. This research applied spatio-temporal data mining approach to determine fire prone area in Indonesia, especially on peatland in Sumatera. Hotspot analysis based on spatio-temporal clustering shows patterns of hotspot

distribution in Sumatera. Provinces with the highest hotspot cluster are located in Riau and South Sumatera. The distribution clusters of hotspot in the period of 2001–2006 are dominated by 'Hemic/Sapric (60/40), moderate', whereas in the period of 2007–2014, the clusters are dominated by 'Hemic/Sapric (60/40), very deep' and 'Hemic/mineral (90/10), moderate'. But, in the period 2007-2014 the intensity of hotspot increased on the type of 'Hemic/Sapric (60/40), very deep' and 'Sapric/Hemic (60/40), deep'. Therefore, in term of the peatland thickness, there a shift in the distribution of hotspots and the use of peat from the 'moderate' depth to 'very deep' and 'deep' in periods 2001 to 2014. Based on the physical characteristics of peat, hotspot cluster many found in a kind of peat with the type level of maturity 'hemic' and 'swamp forest' land use. In addition to hotspot occurrence pattern in peatlands, sequential pattern mining is important to identify high potential hotspots. For example, with minimum support of 7% we know that hotspots that occurred on June 19, 2013, were followed by those on June 21, 2013. This pattern appears in 453 events in 40 subdistricts in Riau Province, including Mandau, Rupert, Siak Kecil, Bukit Batu, and Pinggir. The results are important in preventing peatland fires so that fire events and its effects can be minimized in the future.

keywords: hotspot, peatland, sequential pattern mining, spatio-temporal clustering, spatio-temporal data mining.

## PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan salah satu tipe ekosistem alam yang memiliki peranan sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, khususnya dalam pengaturan tata air, konservasi keanekaragaman hayati, mitigasi perubahan iklim, dan mendukung kesejahteraan masyarakat. Luas lahan gambut meliputi lebih dari 400 juta ha di 180 negara dan merepresentasikan sepertiga lahan basah global (Parish *et al.* 2008). Walaupun lahan gambut tropis mencakup hanya 10–12% dari total lahan gambut di seluruh dunia, tetapi lahan gambut tropis memiliki peranan yang signifikan sebagai sumber daya alam yang bernilai dan penting dalam lingkungan global (Syaufina 2008).

Kebakaran lahan gambut sulit untuk dikendalikan dibandingkan dengan kebakaran di lahan non-gambut. Penjalaran api didominasi oleh kebakaran bawah (*ground fire*) di mana kebakaran menjalar di bawah permukaan lahan gambut, sehingga penyebarannya sulit dideteksi dan dikendalikan karena hanya asap putih terlihat (Adinugroho *et al.* 2005). Api akan sulit dipadamkan jika telah mencapai lapisan gambut bagian dalam apalagi jika sumber air di sekitar lahan gambut tidak tersedia dan lokasi yang terbakar sulit dijangkau. Oleh karena itu, upaya pencegahan kebakaran di lahan gambut harus diprioritaskan dan diperlukan untuk meminimalkan dampak kerusakan akibat kebakaran gambut.

Analisis dan prediksi kemunculan dan persebaran titik panas (*hotspot*) sebagai indikator terjadinya kebakaran hutan dan lahan perlu dilakukan sebagai upaya dalam membangun sistem peringatan dini dan deteksi dini kebakaran hutan dan lahan baik di lahan mineral maupun di lahan gambut. Pola persebaran titik api dapat dianalisis untuk mengklasifikasi karakteristik wilayah yang berpotensi terjadinya titik panas. Data titik panas yang dikumpulkan setiap hari oleh beberapa institusi seperti Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dan ASEAN Specialised Meteorological Centre (ASMC) merupakan sumber penyediaan data titik panas berukuran besar. Di samping teknologi sistem informasi geografis (SIG) dan penginderaan jarak jauh, teknik-teknik dalam *data mining* merupakan metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data *hotspot* berukuran besar dikaitkan dengan data pendukung terjadinya kebakaran di lahan gambut seperti data cuaca, keadaan fisik lahan gambut, dan data sosial ekonomi masyarakat setempat.

Dalam penelitian ini, teknik *spatio-temporal data mining* diterapkan untuk menganalisis dan memprediksi pola persebaran titik panas pada lahan gambut yang terintegrasi dengan data cuaca di Pulau Sumatera, khususnya di Provinsi Riau. *Spatio-temporal data mining* mengacu pada ekstraksi pengetahuan, hubungan spasial, atau yang lain, yang merupakan proses untuk menemukan suatu pola non trivial yang menarik dan berguna dari basis data *spatio-temporal* yang besar. Tujuan dari *spatio-temporal data mining* adalah menemukan pola atau informasi yang tersembunyi dan berguna dari basis data *spatio-temporal*. Perbedaan utama antara *data mining* dalam data relasional dengan *data mining* dalam basis data *spatio-temporal* adalah bahwa atribut spasial dan temporal dari suatu objek mungkin memiliki pengaruh yang signifikan pada karakteristik objek-objek lain.

Teknik *spatio-temporal data mining* dipandang sesuai untuk digunakan dalam menganalisis data kebakaran hutan yang mencakup *hotspot* sebagai indikator kebakaran dan variabel-variabel *spatio-temporal* sebagai faktor-faktor penyebab atau faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya kebakaran (cuaca dan kegiatan manusia). Data kebakaran dan pendukungnya tersebut dikumpulkan secara periodik dalam bentuk data spasial dan data *time series* yang menghasilkan

kumpulan data *spatio-temporal* dalam jumlah besar. Algoritme-algoritme dalam *data mining* merupakan metode yang tepat digunakan dalam menganalisis data berukuran besar untuk mencari pola tersembunyi yang menarik dari gunung data tersebut. Algoritme *spatio-temporal data mining* diterapkan dalam penelitian ini untuk menganalisis pola persebaran dan kemunculan *hotspot* pada lahan gambut berdasarkan data karakteristik lahan gambut, data cuaca, dan data sosial ekonomi. Dalam penelitian ini diimplementasikan teknik-teknik *spatio-temporal data mining* meliputi *spatio-temporal clustering* untuk menganalisis persebaran kemunculan *hotspot*, dan *spatio-temporal sequential patterns mining* untuk menentukan pola sekuen kemunculan *hotspot* berdasarkan aspek waktu dan lokasi.

## METODE PENELITIAN

### Data Penelitian

Data spasial dan nonspasial yang digunakan dan dianalisis dalam penelitian ini sumber datanya adalah sebagai berikut:

- a. Data *hotspot* selama 15 tahun mulai dari 2000 sampai dengan 2014 yang diperoleh dari FIRMS MODIS Fire/Hotspot, NASA/University of Maryland.
- b. Peta digital lahan gambut dan tutupan lahan gambut Provinsi Riau yang diperoleh dari Wetland International, Indonesia.

### *Spatio Temporal Clustering*

Indikasi terjadinya kebakaran hutan dan lahan dapat diketahui melalui titik panas yang terdeteksi di suatu lokasi tertentu pada waktu tertentu. Dengan mengetahui pola persebaran penggerombolan titik panas maka dapat diketahui wilayah-wilayah yang memiliki kepadatan titik panas yang tinggi sehingga dapat membantu pihak yang berwenang untuk penguatan implementasi kebijakan dalam pencegahan kebakaran lahan gambut sejak dini. Dalam penelitian ini pendekatan statistik, yaitu metode *Kulldorff's Spatial Scan Statistic (KSS)* (Kulldorff *et al.* 1997) digunakan untuk *clustering* titik panas lahan gambut secara spasial dan *temporal* di wilayah Sumatera pada tahun 2001–2014.

Dalam kegiatan ini dilakukan tiga tahapan penelitian, yaitu: 1) Implementasi metode *Kulldorff's Scan Statistics* (KSS) dengan model *Poisson*. Pada tahap ini diimplementasikan pengelompokan titik panas dengan menggunakan metode KSS dengan model *Poisson* pada aplikasi yang dipakai; 2) Penentuan *cluster* titik panas menggunakan metode KSS. Pada tahap ini dilakukan pengelompokan titik panas dengan metode KSS dengan model *Poisson*; dan 3) Validasi *cluster* titik panas. Pada tahap ini dilakukan validasi performa metode pengelompokan titik panas.

### ***Spatio-Temporal Sequential Pattern Mining***

Pola sekuensial adalah *list* yang terurut dari suatu *item*, data, atau *event*. Set *item* yang terdapat pada sekuens disebut sebagai elemen sekuens, contoh:  $\langle (\text{kompuler, modem}), (\text{printer}) \rangle$  adalah sekuens dengan 2 elemen, yaitu (komputer, modem) dan (printer). Misal  $D$  adalah sebuah *database* transaksi *customer*.  $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$  adalah suatu set  $m$  atribut yang disebut *item*.  $T$  adalah transaksi yang mengandung  $\{\text{customer\_id}, \text{transaction\_time}, \text{item\_purchased}\}$ . Sedangkan  $s_i$  adalah set *item* yang mengandung set *item*  $I$ . Adapun  $S$  adalah sekuens yang mengandung suatu *list* terurut dari set *item*  $\langle s_1, s_2, \dots, s_n \rangle$  (Zhao & Bhowmick 2003).

Pada pola sekuensial terdapat subsekuens dan supersekuens. Misal diberikan sekuens  $\alpha = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$  dan  $\beta = \langle b_1, b_2, \dots, b_m \rangle$ ,  $\alpha$  dikatakan subsekuens dari  $\beta$ ,

dinotasikan  $\alpha \subseteq \beta$  jika terdapat *integer*  $1 \leq j_1 < j_2 < \dots < j_n \leq m$  sedemikian

sehingga  $a_1 \subseteq b_{j_1}, a_2 \subseteq b_{j_2}, \dots, a_n \subseteq b_{j_n}$ . Adapun  $\beta$  adalah sebagai supersekuens

dari  $\alpha$  (Agrawal & Srikant 1995). *Support* pada pola sekuensial adalah jumlah data sekuens yang mengandung sekuens tertentu. *Customer* *men-support* sebuah sekuens  $s$  jika  $s$  terdapat pada *customer-sequence* yang sesuai. *Support* dari

sekuens  $s$  didefinisikan sebagai fraksi dari *customer* yang men-*support* sekuens tersebut (Zhao & Bhowmick 2003).

*Sequential pattern mining* adalah penggalian pola sekuensial tertentu yang nilai *support*-nya melebihi nilai *minimum support*. Nilai *minimum support* biasanya ditetapkan oleh *user*. Melalui nilai *minimum support* ini, pola-pola yang kurang menarik dapat diabaikan sehingga proses *mining* menjadi lebih efisien (Zhao & Bhowmick 2003).

Beberapa algoritme *sequential pattern mining* adalah *Generalized Sequential Pattern* (GSP), Prefixspan, dan Clospan. GSP merupakan salah satu algoritme untuk penyelesaian masalah *sequential pattern*. "Prefixspan memproyeksikan basis data dengan membentuk *prefix* dari *sequence*" (Pei *et al.* 2004). *Prefix-projected sequential pattern mining* biasa disebut dengan Prefixspan merupakan suatu metode dengan memproyeksi *sequence* basis data berdasarkan hanya pada awalan yang sering muncul *frequent prefixes* karena setiap *frequent sub sequence* dapat ditemukan dengan menumbuhkan sebuah *frequent prefix*.

Dalam tahapan ini ditentukan pola *inter-zone sequential* yang memberikan hubungan *temporal* di antara kejadian kemunculan *hotspot* yang terjadi pada lokasi yang berbeda. Kemunculan *hotspot* direpresentasikan dalam bentuk matriks kejadian. Selanjutnya algoritme *sequential pattern mining* diterapkan. Algoritme yang diuji coba pada tahapan ini adalah Prefixspan (Pei *et al.* 2004). Evaluasi pola yang dihasilkan dilakukan menggunakan beberapa ukuran kemenarikan diantaranya *support*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Spatio Temporal Clustering*

Algoritme *Kulldorff's Scan Statistics* (KSS) menggunakan model *Poisson* untuk menentukan nilai *likelihood* pada *scanning window*. Untuk tiap *scanning window* yang terbentuk dihitung nilai rasio kemungkinan (*likelihood ratio*). *Cluster* potensial dideteksi dengan nilai *likelihood* yang tertinggi. Metode yang digunakan adalah KSS yang dikembangkan dengan memanfaatkan *library clustering* pada perangkat statistika R. Validasi *cluster* dilakukan untuk pengu-

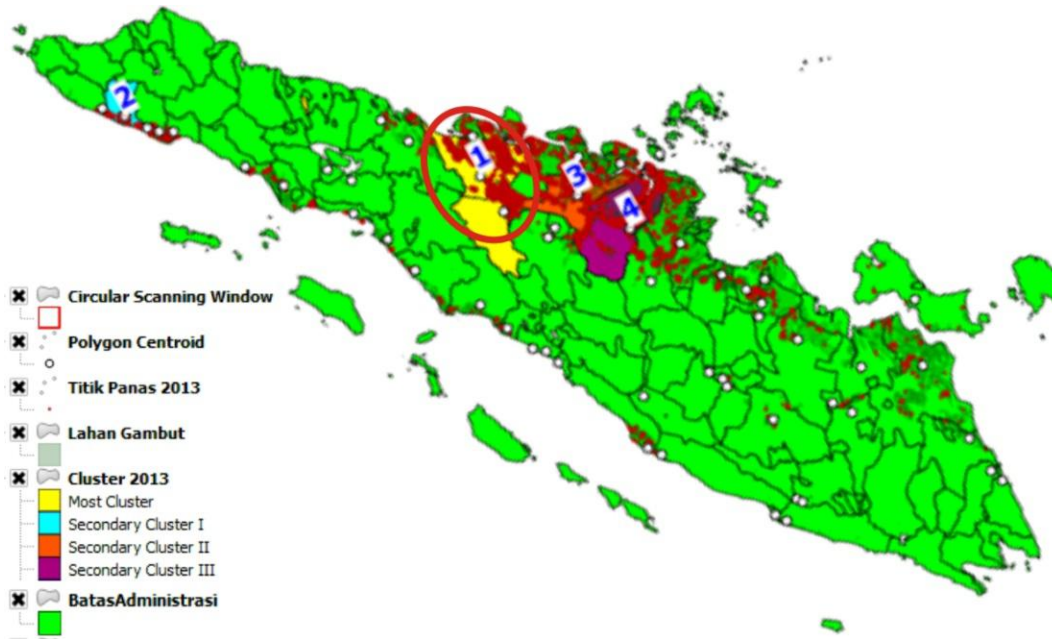
kuran keakurasian hasil *clustering* dalam mengelompokkan titik panas dengan menggunakan nilai signifikansi atau *p-value*. Pendekatan *Monte Carlo* dilakukan untuk mendapatkan *p-value*. Tabel 1 menyatakan hasil pembentukan *cluster* data sebaran titik panas tahun 2013. Sedangkan densitas *cluster* berdasarkan area *cluster* dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai densitas titik panas yang paling tinggi terletak pada *most cluster* yaitu di Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau yang mencapai 1.064 km<sup>2</sup> kemudian diikuti oleh Kabupaten Aceh Barat, Provinsi NAD yang mencapai 1.057 km<sup>2</sup>.

Tabel 1 Pembentukan *cluster* data sebaran titik panas tahun 2013 (Kirana 2015)

			Total populasi: 77 786	Total Cases: 12 016		Specific Rate: 0.160		
ID Lokasi	Kabupaten	Provinsi	Populasi	Cases	Expected Cases	Radius	LLR	Cluster
31	Rokan Hilir	Riau	5636.6	5995	902.747	94.13	6469.721955	Most Cluster
23	Dumai	Riau	674.72	504	108.062	-	-	
32	Rokan Hulu	Riau	365.58	40	58.551	-	-	
16	Aceh Barat	NAD	327.28	346	52.417	0	397.500252	Secondary Cluster I
33	Siak	Riau	10106.36	1605	1618.614	0	56.254506	Secondary Cluster II
30	Pelalawan	Riau	9347.36	579	1497.055	0	37.834975	Secondary Cluster III

Tabel 2 Densitas *cluster* titik panas berdasarkan area *cluster* tahun 2013 (Kirana 2015)

Kabupaten	Provinsi	Populasi	Cases	Titik panas/km2	Cluster
Rokan Hilir	Riau	5636.6	5995	1.064	Most Cluster
Dumai	Riau	674.72	504	0.747	
Rokan Hulu	Riau	365.58	40	0.109	
Aceh Barat	NAD	327.28	346	1.057	Secondary Cluster I
Siak	Riau	10106.36	1605	0.159	Secondary Cluster II
Pelalawan	Riau	9347.36	579	0.062	Secondary Cluster III



Gambar 1 Peta sebaran pengelompokan titik panas lahan gambut di Sumatera tahun 2013 menggunakan metode KSS (Kirana 2015).

Gambar 1 merupakan peta sebaran pengelompokan titik panas pada lahan gambut tahun 2013. Kabupaten yang paling berpotensi terjadi pengelompokan titik panas adalah Rokan Hilir Provinsi Riau. Beberapa kabupaten lainnya yaitu Aceh Barat, Dumai, Rokan Hulu, Siak, dan Pelalawan.

### ***Sequential Pattern Mining***

*Sequential pattern mining* menganalisis pola berurutan dari suatu data sekuen. Metode ini telah diterapkan pada data titik panas untuk informasi pola sekuensial kemunculan titik panas yang mengindikasikan terjadinya kebakaran hutan di suatu wilayah. Metode yang digunakan untuk analisis pola sekuensial adalah algoritme PrefixSpan (Han *et al.* 2005). Jumlah data sekuensial yang terbentuk setiap tahunnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Jumlah data sekuensial yang terbentuk setiap tahun (Nurulhaq & Sitanggang 2015)

Tahun	Jumlah titik panas awal	Jumlah data sekuensial titik panas
2000	124	105
2001	1.677	1.025
2002	5.954	3.000
2003	6.874	3.433
2004	8.388	3.927
2005	23.040	7.350



Tahun	Jumlah titik panas awal	Jumlah data sekuensial titik panas
2006	11.124	5.330
2007	4.094	2.477
2008	5.650	3.321
2009	10.895	5.096
2010	4.100	2.486
2011	6.840	3.849
2012	7.853	4.204
2013	25.461	6.215
2014	18.856	5.640
Jumlah	140.930	27.418

Berdasarkan informasi pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa tahun 2013 memiliki jumlah kemunculan titik panas terbesar, yaitu sebanyak 25.461 data. Adapun jumlah data sekuensial yang terbentuk pada tahun 2013 adalah 6.215 sekuens. Tabel 4 menunjukkan perbedaan jumlah pola sekuensial kemunculan titik panas yang dihasilkan setiap tahun. Perbedaan jumlah pola sekuensial ini dipengaruhi oleh jumlah data sekuensial setiap tahun seperti pada Tabel 4 dan nilai *minimum support* yang digunakan. Tahun 2013 memiliki jumlah data sekuensial sebanyak 6.215 sehingga saat *minimum support* bernilai 1%, artinya jumlah *support* setiap sekuens harus lebih dari 62. Oleh karena itu, jumlah pola sekuensial kemunculan titik panas pada tahun 2013 dengan *minimum support* 1% adalah sebanyak 71 sekuens. Masing-masing sekuens tersebut memiliki *support* lebih dari 62.

Tabel 4 Jumlah pola sekuensial kemunculan titik panas yang terbentuk (Nurulhaq & Sitanggang 2015)

<i>Minimum support</i> (%)	<i>Data set</i> (tahun)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2000-2014
1	17	45	52	53	59	114	53	40	39	61	39	43	42	71	137	79
2	13	20	29	26	23	43	22	18	17	28	18	19	19	35	56	13
3	10	13	16	12	12	24	14	13	12	18	8	10	12	20	30	3
4	10	9	13	8	8	18	9	7	9	9	3	6	11	18	21	2
5	6	6	8	6	6	11	7	3	6	5	2	4	10	12	15	1
6	6	5	7	6	5	7	4	3	4	1	2	3	4	8	11	0
7	4	3	4	3	4	3	2	2	3	0	2	2	2	7	10	0
8	3	3	2	3	2	2	2	2	3	0	2	2	2	5	7	0
9	3	3	1	2	2	2	0	1	2	0	2	2	1	5	4	0
10	3	2	1	2	1	2	0	0	2	0	2	1	1	4	4	0
11	2	2	0	2	1	0	0	0	2	0	2	1	1	4	3	0
12	2	2	0	2	1	0	0	0	2	0	2	1	1	3	2	0
13	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	2	1	1	2	2	0
14	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	1	0

Minimum support (%)	Data set (tahun)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2000-2014
15	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
16	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
17	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 1. Panjang 1 item

Pola sekuensial kemunculan titik panas tahun 2014 dengan panjang sekuens 1 item dihasilkan mulai *minimum support* 1–21%. Saat nilai *minimum support* 21% berarti jumlah kemunculan titik panas yang dihasilkan harus lebih dari 1.184 kejadian. Berikut hasil pola sekuensial kemunculan titik panas tahun 2014 saat *minimum support* 21%: 4878 -1 #SUP: 1190. Hasil menunjukkan pola sekuensial kemunculan titik panas yang paling banyak terjadi adalah pada hari ke-4.878 atau pada tanggal 11 Maret 2014. Jumlah pola kemunculan <(4.878)> ini terdapat sebanyak 1.190 kejadian di 56 kecamatan, di antaranya Koto Gasib, Siak, Dayun, Kandis, dan Sabak Auh (Nurulhaq & Sitanggang 2015).

### 2. Panjang 2 item

Hasil pola sekuensial kemunculan titik panas tahun 2014 dengan panjang 2 item terdapat saat nilai *minimum support* 1–5%. Ketika nilai *minimum support* 5%, artinya jumlah setiap sekuens yang muncul harus lebih dari 282 kejadian. Hasil pola sekuensial kemunculan titik panas yang dihasilkan pada *minimum support* 5% adalah: 4.878 -1 4.880 -1 #SUP: 324 dan 4.876 -1 4.878 -1 #SUP: 287. Terdapat 2 sekuens yang memiliki panjang 2 item saat *minimum support* 5%. Pola <(4.878)(4.880)> menunjukkan kemunculan titik panas pada hari ke-4.878 (11 Maret 2014) diikuti hari ke-4880 (13 Maret 2014) yang terdapat sebanyak 324 kejadian. Rentang waktu kemunculan titik panas pada pola tersebut adalah selama 3 hari. Kemunculan titik panas dengan pola <(4.878)(4.880)> terdapat di 38

kecamatan, di antaranya Siak, Sungai Mempura, Sungai Mandau, Dayun, dan Sabak Auh (Nurulhaq & Sitanggang 2015).

### 3. Panjang 3 item

Pola sekuensial kemunculan titik panas tahun 2014 dengan panjang 3 *item* hanya dihasilkan saat nilai *minimum support* 1%, artinya jumlah setiap sekuens yang dihasilkan harus lebih dari 56 kejadian. Berikut hasil pola sekuensial kemunculan titik panas dengan panjang 3 *item*:

4.878 -1 4.880 -1 4.881 -1 #SUP: 83
4.876 -1 4.878 -1 4.880 -1 #SUP: 107
4.875 -1 4.876 -1 4.878 -1 #SUP: 96
4.874 -1 4.876 -1 4.878 -1 #SUP: 97
4.874 -1 4.875 -1 4.878 -1 #SUP: 68
4.873 -1 4.874 -1 4.878 -1 #SUP: 69
4.873 -1 4.874 -1 4.876 -1 #SUP: 62
4.873 -1 4.876 -1 4.878 -1 #SUP: 78
4.862 -1 4.864 -1 4.867 -1 #SUP: 67

Hasil menunjukkan terdapat 9 pola sekuensial kemunculan titik panas yang dihasilkan saat *minimum support* 1% dengan panjang sekuens 3 *item*. Pola sekuensial yang memiliki jumlah *support* terbesar adalah <(4.876)(4.878)(4.880)> yaitu sebanyak 107 kejadian. Pola sekuensial tersebut menunjukkan kemunculan titik panas secara berurutan mulai hari ke-4.876 (9 Maret 2014) dilanjut hari ke-4.878 (11 Maret 2014) kemudian hari ke-4.880 (13 Maret 2014). Rentang waktu kemunculan titik panas antar *item* pada pola tersebut adalah selama 3 hari. Adapun lokasi kemunculan titik panas dengan pola sekuensial <(4.876)(4.878)(4.880)> terdapat di 25 kecamatan, di antaranya Dayun, Bunga Raya, Siak, Sungai Mandau, dan Sungai Apit (Nurulhaq & Sitanggang 2015).

## KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menerapkan beberapa teknik dalam *spatio-temporal data mining* untuk menganalisis data kebakaran hutan dan lahan. *Spatio-temporal clustering* menggunakan metode KSS yang diterapkan pada data titik panas tahun 2001–2014 mendeteksi pola-pola distribusi titik panas dengan kemunculan penggerombolan titik panas tertinggi di Provinsi Riau. Pada tahun

2007–2014 sebaran *cluster* titik panas lahan gambut di Sumatera didominasi oleh “Hemists/Saprists (60/40) dalam (200–400 cm)” dan “Hemists/Saprists (60/40) sangat dalam >400 cm. Sebaran *cluster* titik panas lahan gambut di Sumatera pada tahun 2001–2014 didominasi oleh tutupan berupa “Hutan Rawa”. Di samping itu, *sequential pattern mining* telah menemukan pola urutan kejadian titik panas. Berdasarkan hasil pola sekuensial yang diperoleh dapat diketahui rentang waktu dan lokasi kemunculan titik panas. Rentang waktu kemunculan titik panas untuk setiap pola sekuensial dengan panjang lebih dari 1 *item* dan saat *minimum support* tertinggi adalah selama 3 hari. Pola sekuensial kemunculan titik panas tahun 2013 saat *minimum support* 7%:  $\langle(4.613)(4.615)\rangle$  menunjukkan kemunculan titik panas pada hari ke-4.613 (19 Juni 2013) yang diikuti hari ke-4.615 (21 Juni 2013). Pola kemunculan titik panas tersebut terjadi sebanyak 453 kejadian di 40 kecamatan, di antaranya Mandau, Rupert, Siak Kecil, Bukit Batu, dan Pinggir. Kunjungan lapangan yang dilaksanakan beberapa kabupaten di Provinsi Riau menunjukkan pola sekuensial yang dihasilkan sesuai dengan kenyataan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas hibah penelitian yang diberikan yang mendukung terlaksananya penelitian ini, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB atas pengelolaan kegiatan penelitian, Fire Information for Resource Management System (FIRMS) NASA, Badan Pusat Statistik (BPS), BMKG, Wetland Internasional atas penyediaan data yang digunakan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho WC, Suryadiputra INN, Bambang HS, Labueni S. 2005. Panduan Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International–Indonesia Programme and Wildlife Habitat Canada. Bogor (ID). Indonesia.
- Agrawal R, Srikant R. 1995. Mining sequential patterns: generalizations and performance improvements. [Laporan]. California (US): IBM Almaden Research Center.
- Frandsen WH. 1997. Ignition probability of organic soils. *Can. J. For. Res.* 27: 1471–1477.
- Han J, Pei J, Yan X. 2005. Sequential pattern mining by pattern-growth: principles and extensions. *StudFuzz.* 180: 183–220.
- Kirana AP. 2015. Spatio Temporal Clustering Titik Panas pada Lahan Gambut di Sumatera Menggunakan Proses Pengelompokan Poisson. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kulldorff M. 1997. A Spatial Scan Statistic. *Communications in Statistics: Theory and Methods.* Ed ke-26, hlm1481–1496.
- Nurulhaq NZ, Sitanggang IS. 2015. Sequential pattern mining on hotspot data in Riau Province using the PrefixSpan algorithm. The 3<sup>rd</sup> International Conference on Adaptive and Intelligent Agroindustry (ICAIA); 2015 August 3–4; Bogor, Indonesia (ID). pp. 313–316.
- Parish F, Sirin A, Charman D, Joosten H, Minayeva T, Silvius M, Stringer L. (Eds). 2008. Assessment of Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.

- Pei J, Han J, Mortazawi-Asl B, Wang J, Pinto H, Chen Q, Dayal U, Hsu M. 2004. Mining sequential patterns by pattern-growth: the prefixspan approach. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 16(11): 1424–1440.
- Syaufina L. 2008. Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia: Perilaku Api, Penyebab, dan Dampak Kebakaran. Bayumedia, Malang. (In Bahasa).
- Syaufina L, Nuruddin AA, Basharuiddin J, See L F, Yusof, MRM. 2004. The effects of climatic variations on peat swamp forest conditions and fire behaviour. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. X(2): 1–14.
- Zhao Q, Bhowmick SS. 2003. Sequential pattern mining: a survey. [Laporan]. Singapura (SG): Nanyang Technological University.