



Inovasi Model Prediksi Titik Api Menggunakan *Consecutive Dry Days (CDD)* pada Wilayah Lahan Gambut Provinsi Riau

Hermanto Asima Nainggolan^{1*}, Burhanudin¹, Dina Whiri Muslihah¹, Rista Hernandi Virgianto¹

¹Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Indonesia, Tangerang Selatan, 15221

*Email: hermantoazima@gmail.com

Naskah Masuk: 04 Februari 2020 | Naskah Diterima: 01 April 2020 | Naskah Terbit: 01 Juni 2020

Abstrak. Provinsi Riau yang memiliki lahan gambut seluas 5.09 juta hektare atau 56.42% dari luas lahan gambut di pulau Sumatera merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki potensi terbesar terjadinya bencana kebakaran hutan yang melahap ratusan hektare hutan dan kebun serta meningkatkan emisi gas rumah kaca di atmosfer. Kebakaran hutan yang terjadi erat kaitannya dengan *Consecutive Dry Days (CDD)* dan Hari Tanpa Hujan (HTH) berturut – turut yang mengakibatkan rendahnya kelembaban udara, sehingga berdampak terhadap potensi munculnya titik – titik panas (*hotspot*) terutama di sekitar wilayah lahan gambut. CDD yang merupakan hasil akumulasi dari banyaknya HTH dalam satu periode diantara kejadian hari hujan dihitung menggunakan data presipitasi CMORPH (*CPC MORPHing technique*). Data *hotspot* diperoleh dari NOAA dan data kejadian *hotspot* dengan tingkat kepercayaan lebih dari 70% pada wilayah timur provinsi Riau dimana terdapat lahan gambut. Peluang terjadinya *hotspot* dihitung berdasarkan CDD untuk setiap grid yang akan menghasilkan nilai CDD dengan probabilitas signifikan untuk terjadinya *hotspot* di grid tersebut pada setiap bulannya. Tingkat kepadatan *hotspot* pada tiap periode musim dengan kategori tinggi berada pada periode JJA dan MAM. Sistem peringatan dini munculnya *hotspot* berdasarkan tingkat kepadatan *hotspot* dan CDD dilakukan sehari sebelum munculnya peluang dengan nilai kurang dari atau sama dengan 0.5. Dengan rata – rata nilai CDD untuk peringatan dini pada MAM adalah 13 hari dan pada JJA adalah 8 hari. Penelitian ini diharapkan mampu diaplikasikan dalam peringatan dini kebakaran hutan dan lahan di wilayah Riau.

Kata Kunci : CDD, HTH, *hotspot*, Riau

Abstract. Riau Province, which has a peatland area of 5.09 million hectares or 56.42% of the area of peatlands on the island of Sumatra, is one of the provinces in Indonesia which has the greatest potential for forest fires to devastate hundreds of hectares of forest and gardens and increase home gas emissions glass in the atmosphere. Forest fires that occur are closely related to *Consecutive Dry Days (CDD)* or consecutive days without rain (HTH) which result in low humidity, thereby affecting the potential for hotspots to emerge, especially around peatlands. CDD, which is the result of the accumulation of the amount of HTH in one period between rainy day events, is calculated using CMORPH precipitation data (*CPC MORPHing technique*). Hotspot data is obtained from NOAA and Hotspot event data with a confidence level of more than 70% in the eastern region of Riau province where there is a peatland. The probability of a Hotspot occurring is calculated based on the CDD for each grid that will produce a CDD value with a significant probability for the occurrence of a Hotspot on the grid each month. The level of density of Hotspots in each season period with a high category is in the JJA and MAM periods. An early warning system for the emergence of a Hotspot based on the level of Hotspot and CDD density is carried out the day before the opportunity arises with a value less than or equal to 0.5. With an average CDD value for early warning in MAM is 13 days and in JJA is eight days. This research is expected to be able to be applied in early warning of forest and land fires in Riau.

Keywords : *Consecutive Dry Days, Days Without Rain, Hotspots*

Pendahuluan

Lahan gambut merupakan bentang lahan yang terbentuk dari hasil dekomposisi secara tidak sempurna dengan kondisi anaerobik akibat vegetasi pohon yang tergenang air dalam waktu yang lama [1], [2]. Lahan gambut yang terbentang luas di Provinsi Riau menjadi lokasi penelitian. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHKRI) melalui *Indonesia National Carbon Accounting System*, Riau merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di pulau Sumatera dengan luas wilayah kurang lebih 8.7 juta hektar dimana 7.1 juta hektar berupa hutan dan 3.9 juta hektar adalah lahan gambut. Luas wilayah lahan gambut yang besar sejalan dengan kerentanan terjadinya kebakaran hutan di Provinsi Riau [3], [4].

Dengan kemajuan teknologi saat ini, kebakaran hutan semakin hari semakin dapat dideteksi melalui pantauan foto satelit dengan mengamati sumber titik panas atau *hotspot* yang terdapat dipermukaan bumi. Berdasarkan peraturan kementerian kehutanan tahun 2009 menyatakan bahwa titik panas atau *hotspot* adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi dengan suhu yang relatif tinggi dari pada wilayah disekitarnya. Penentuan peluang terjadinya *hotspot* merupakan alternatif yang sangat dibutuhkan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya kebakaran di lahan gambut [5], [6]. Peristiwa bencana *El Nino* yang terjadi pada tahun 1997/1998 menjadi bukti nyata dampak kemarau panjang atau panjangnya hari tanpa hujan (HTH) mengakibatkan kebakaran lahan hutan sebanyak 9.75 juta Ha [7], [8]. Dengan demikian, panjangnya HTH menentukan potensi *hotspot* dapat menjadi sumber kebakaran hutan dilahan gambut. CDD ditentukan berdasarkan banyaknya hari berturut – turut yang memiliki nilai curah hujan sebesar kurang dari atau sama dengan 1 mm yang dihitung dari hari tanpa hujan dan berakhir pada hari tepat sebelum hari hujan [9]–[12].

Salah satu teknik estimasi curah hujan harian yang dapat digunakan untuk menghimpun data CDD adalah melalui data yang disediakan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) menggunakan teknik *CPC Morphing technique* (CMORPH). CMORPH merupakan salah satu teknik estimasi hujan dengan resolusi temporal yang tinggi. Teknik ini berusaha menggabungkan antara hujan estimasi yang dihasilkan oleh *passive microwave* dan pergerakan awan dari satelit *geostationary* yang berasal dari *infrared* 10.7 μm saat ketinggian awan 4 m [13], [14]. Berkaitan dengan dua faktor penting penyebab terjadinya kebakaran hutan yaitu *hotspot* dan CDD maka melalui penelitian ini penulis berusaha menentukan peluang terjadinya *hotspot* dihitung berdasarkan nilai CDD untuk setiap grid yang akan menghasilkan nilai CDD dengan probabilitas signifikan untuk terjadinya *hotspot* di grid tersebut pada setiap periode musim. Sehingga dapat diketahui besaran peluang terjadinya *hotspot* yang dapat menimbulkan terjadinya kebakaran hutan di lahan gambut khususnya yang berada di provinsi Riau [15].

Penelitian ini meliputi data prediktor berupa jumlah hari tanpa hujan (HTH) yang dihubungkan dengan data prediktan berupa jumlah *hotspot* disetiap grid yang diwakilkan oleh 58 grid dengan resolusi 0.25 derajat dari seluruh wilayah provinsi Riau. Beberapa grid yang dipilih tersebar pada wilayah provinsi Riau bagian timur yang lebih dekat dengan pesisir dikarenakan lahan gambut yang memiliki ketebalan tinggi berkisar antara 200 hingga lebih dari 400 cm. Selain wilayah penelitian, data *hotspot* dipilih dengan tingkat kepercayaan mulai dari 70% hingga 100% [16]. Nilai HTH yang diakumulasi menjadi nilai CDD diperoleh dari data CMORPH tanggal 1 Desember 2012 sampai 09 Desember 2017. Perhitungan data *hotspot* dan CDD untuk menghasilkan model dalam memprediksi peluang terjadinya kebakaran hutan di wilayah lahan gambut provinsi Riau menggunakan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.

Metode Penelitian

Lahan gambut yang terbentang luas di Provinsi Riau menjadi lokasi penelitian. Luas wilayah Riau kurang lebih 8.7 juta hektar dimana 7.1 juta hektar berupa hutan dan 3.9 juta hektar adalah

lahan gambut. Dipilih beberapa pixel dengan resolusi 0.25 yang mewakili luasan lahan gambut di Riau untuk dijadikan fokus penelitian. Pixel grid itu sendiri tersebar pada wilayah provinsi Riau bagian timur yang lebih dekat dengan pesisir dikarenakan terdapatnya lahan gambut dengan ketebalan yang tinggi berkisar antara 200 hingga lebih dari 400 cm [17]. Data penelitian yang digunakan antara lain yakni data estimasi rata – rata curah hujan harian sejak 1 Desember 2012 hingga 9 Desember 2017 yang diperoleh dari data CMORPH (*CPC Morphing technique*) yang dikeluarkan oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Selain data estimasi curah hujan, data yang digunakan dalam penelitian ini juga berupa data *hotspot* di seluruh provinsi Riau secara khusus pada beberapa kabupaten yang berada diatas lahan gambut dengan ketebalan 200 cm hingga lebih dari 400 cm. Kabupaten yang termasuk dalam fokus penelitian ini antara lain kabupaten Siak, Pelalawan, Indragiri Hulu, Indragiri Hilir, Bengkalis, Rokan Hilir dan Dumai. Data *hotspot* diperoleh dari situs resmi Global Forest Watch – fire (GFW – fire) dari tanggal 1 Desember 2012 hingga 9 Desember 2017 dengan tingkat kepercayaan lebih dari sama dengan 70% dan meliputi seluruh wilayah provinsi Riau.

Selanjutnya melaksanakan tahapan untuk menentukan pembagian wilayah penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Data estimasi curah hujan Cmorph dengan resolusi 0.25 derajat setiap grid dipasangkan pada peta wilayah provinsi Riau sebagai langkah awal penentuan fokus wilayah penelitian.
2. Menentukan grid yang menjadi fokus penelitian dengan kriteria, grid yang bersesuaian dengan wilayah gambut di provinsi Riau pada ketebalan gambut lebih dari 200 cm sehingga didapatkan jumlah grid yang akan dijadikan fokus penelitian
3. Kemudian dilakukan penyaringan data *hotspot* dengan tingkat kepercayaan lebih dari atau sama dengan 70%.

Data *hotspot* dipasangkan dengan data *Dry Days* (DD) setiap grid yang telah terpilih kemudian dibagi dalam 4 periode setiap 3 (tiga) bulan yaitu:

- a. Desember, Januari, Februari (DJF),
- b. Maret, April, Mei (MAM),
- c. Juni, Juli, Agustus (JJA),
- d. September, Oktober, November (SON).

Kemudian dilakukan korelasi data *hotspot* dengan ada tidaknya curah hujan harian menggunakan *Pearson Correlation* pada excel dengan ketentuan hari hujan (*Wet days*) = 0 dan hari tanpa hujan (*Dry days*) = 1 sehingga ditemukan korelasi antara *hotspot* dengan HTH pada setiap periode musim tiga bulanan. Selanjutnya ditentukan korelasi terbesar pada setiap musim. Berikutnya yaitu menentukan kepadatan *hotspot* setiap periode musim berdasarkan persentil. pada setiap nilai korelasi *hotspot* dan HTH dari keseluruhan grid di setiap periode musim, dihitung nilai persentil yang di bagi ke dalam tiga kategori yaitu persentil 30 (P30), persentil 70 (P70) dan persentil 90 (P90) yang menyatakan klasifikasi kepadatan *hotspot* setiap periode musim yaitu tingkat kepadatan yang “Rendah”, “Sedang”, dan “Tinggi”. Pada periode musim yang memiliki persentil dengan klasifikasi kepadatan “tinggi”, kemudian dihitung peluang terjadinya *hotspot* pada setiap kejadian HTH. Peluang dihitung berdasarkan banyak HTH yang disertai dengan *hotspot* dibagi dengan banyak HTH yang disertai maupun tidak disertai dengan *hotspot* pada setiap CDD.

Hasil dan Pembahasan

Data persentil tingkat kepadatan *hotspot* disetiap periode musim seperti pada tabel berikut ini.

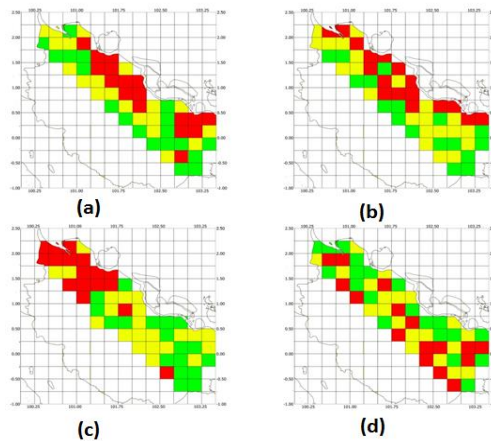
Tabel 1. Tingkat Kepadatan *hotspot* Setiap Periode Musim

Percentiles	DJF	MAM	JJA	SON
30 (Rendah)	0.017353579	0.039130435	0.068478261	0.004395604
70 (Menengah)	0.130151844	0.135652174	0.392608696	0.026373626



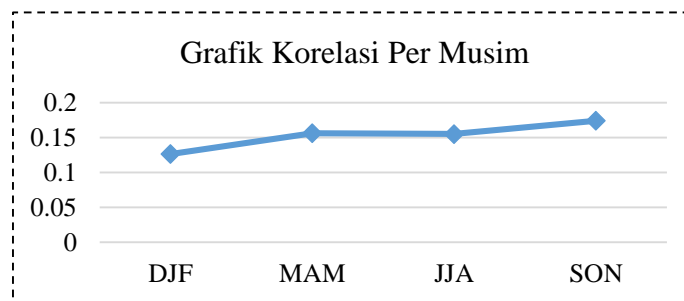
90 (Tinggi)	0.28308026	0.424347826	0.842608696	0.076263736
-------------	------------	-------------	-------------	-------------

Dapat dilihat pada Tabel 1, dari ke empat periode musiman, maka yang memiliki nilai persentil 90 tertinggi adalah pada periode musim Juni – Juli – Agustus (JJA) kemudian diikuti oleh periode musim Maret – April – Mei (MAM) dengan nilai persentil 90 yang tertinggi kedua. Hal ini sejalan dengan pola hujan monsunal yang ada di wilayah provinsi Riau yang mengalami musim kemarau pada periode MAM dan JJA. Berikut ini ditampilkan peta kepadatan *hotspot* pada setiap grid untuk wilayah dengan ketebalan gambut yang tinggi pada setiap periode musim.



Gambar 1. Density Map Titik api di Musim Gambut DJF Provinsi Riau periode (a), MAM (b), JJA (c), SON (d)

Dapat dilihat pada Gambar 1, saat periode musim DJF wilayah di Provinsi Riau dengan kepadatan *hotspot* kategori “Tinggi” berada di sekitar wilayah kabupaten Rokan Hilir sebelah timur, kabupaten Bengkalis, kabupaten Siak dan kabupaten Indragiri Hilir. Selanjutnya pada periode MAM, wilayah di Provinsi Riau dengan kepadatan *hotspot* kategori “Tinggi” berada di sekitar wilayah Kabupaten Rokan Hilir bagian timur, sebelah timur Kabupaten Bengkalis, Kabupaten Siak, dan di wilayah pesisir Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Indragiri Hilir. Sementara itu pada Periode JJA, wilayah di Provinsi Riau dengan kepadatan *hotspot* kategori “Tinggi” berada di sekitar wilayah Kabupaten Rokan Hilir dan Kabupaten Bengkalis. Dan pada periode SON, wilayah di Provinsi Riau dengan kepadatan *hotspot* kategori “Tinggi” tersebar di beberapa kabupaten bagian barat dari Provinsi Riau antara lain di sebagian wilayah sebelah utara Kabupaten Rokan Hilir, sebagian wilayah sebelah barat Kabupaten Bengkalis, sebagian wilayah Kabupaten Siak, sebelah barat Kabupaten Pelalawan, dan di sebelah timur Kabupaten Indragiri Hilir. Berikut ini ditampilkan grafik korelasi *hotspot* dan HTH untuk setiap periode musim.

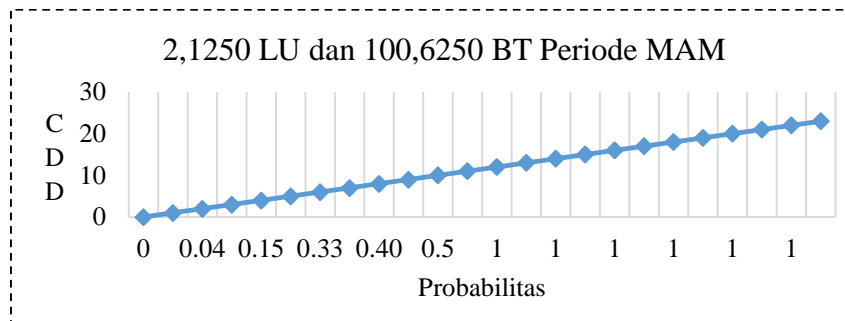


Gambar 2. Grafik Korelasi Setiap Musim

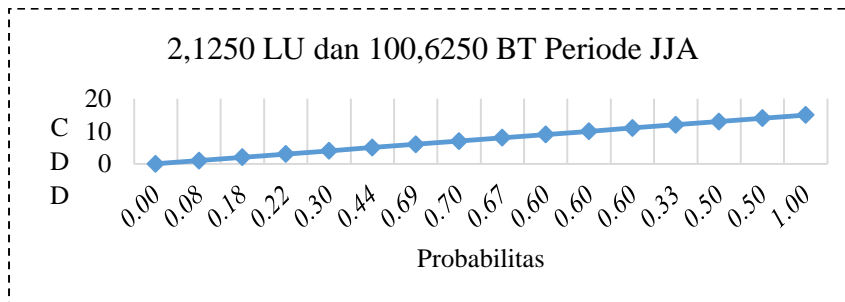
Dapat dilihat pada Gambar 2, saat periode musim DJF nilai korelasi sebesar 0.13; pada periode musim MAM, nilai korelasi sebesar 0.16; pada periode musim JJA, nilai korelasi sebesar 0.155; dan pada periode musim SON nilai korelasinya sebesar 0.17. Periode musim MAM dan JJA yang merupakan

periode musim dengan kepadatan *hotspot* tertinggi dihasilkan sebuah model peluang terjadinya *hotspot* berdasarkan nilai CDD. Nilai peluang yang telah dihitung ini kemudian dapat dijadikan sebagai sistem peringatan dini terjadinya *hotspot* pada suatu wilayah tertentu pada lahan gambut di Provinsi Riau. Nilai peluang lebih dari atau sama dengan 0.5 dapat diartikan bahwa ada kemungkinan 50% atau lebih terjadinya *hotspot* pada wilayah tersebut sehingga dapat dilakukan peringatan dini terjadinya *hotspot* pada hari sebelumnya. Beberapa grid diambil sebagai contoh untuk menunjukkan model peringatan dini terjadinya *hotspot* berdasarkan nilai CDD.

Gambar 3 merupakan grafik peluang *hotspot* terhadap nilai CDD pada grid 2.125⁰ LU dan 100.625⁰ BT di periode musim MAM, gambar tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya *hotspot* dengan persentase lebih dari sama dengan 50% terjadi pada CDD ke -7 dengan nilai probabilitas sebesar 0.57. Sehingga peringatan dini terjadinya *hotspot* di grid tersebut dapat dikeluarkan pada CDD hari ke -6. Gambar 4 merupakan grafik peluang *hotspot* terhadap nilai CDD pada grid 2.125⁰ LU dan 100.625⁰ BT di periode musim JJA, gambar tersebut menunjukkan kemungkinan terjadinya *hotspot* dengan persentase lebih dari sama dengan 50% terjadi pada CDD ke -6 dengan nilai probabilitas sebesar 0.69. Sehingga peringatan dini terjadinya *hotspot* di grid tersebut dapat dikeluarkan pada CDD hari ke -6.



Gambar 3. Grafik Peluang *hotspot* Terhadap Nilai CDD pada grid 2.125⁰ LU dan 100.625⁰ BT Periode MAM



Gambar 4. Grafik Peluang *hotspot* Terhadap Nilai CDD pada grid 2.1250 LU dan 100.6250 BT Periode JJA Peringatan dini terjadinya *hotspot* ditentukan dari satu hari sebelum munculnya probabilitas untuk nilai titik api lebih besar dari atau sama dengan 0.5. Beberapa grid yang telah dipilih sebagai model peringatan dini Titik api ditentukan berdasarkan nilai persentil 90 yang tertinggi yaitu pada periode musim MAM dan JJA dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Model peringatan dini potensi terjadinya Titik api pada beberapa grid periode musim MAM

LAT	LON	Peringatan Dini Hari Ke
2,125	100,625	6
2,125	100,875	13
1,625	101,375	19
1,375	101,375	17
1,625	101,625	18

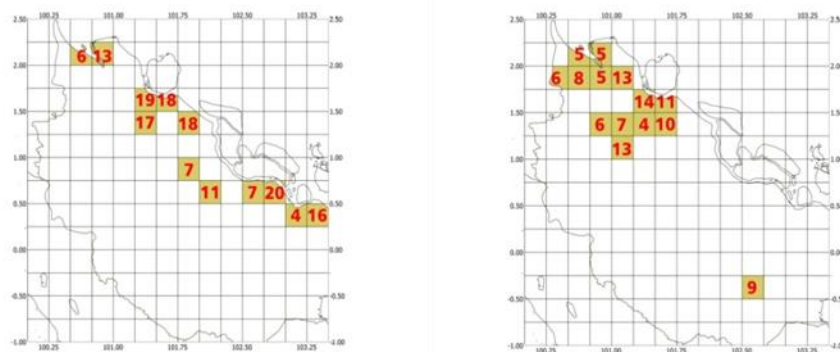


1,375	101,875	18
0,875	101,875	7
0,625	102,125	11
0,625	102,625	7
0,625	102,875	20
0,375	103,125	4
0,375	103,375	16

Tabel 3. Model peringatan dini potensi terjadinya Titik api pada beberapa grid periode musim JJA

JJA		
LAT	LON	Peringatan hari ke
1.875	100.375	6
2.125	100.625	5
1.875	100.625	8
1.625	100.625	5
2.125	100.875	5
1.875	100.875	6
1.375	100.875	13
1.375	101.125	7
1.125	101.125	13
1.625	101.375	14
1.375	101.375	4
1.625	101.625	11
1.375	101.625	10
0,375	102.625	9

Peringatan dini dilakukan sehari sebelum munculnya *hotspot* dengan nilai peluang lebih dari atau sama dengan 0.5. Hari paling efektif berdasarkan probabilitas *hotspot* dengan menggunakan nilai CDD pada periode musim MAM dan JJA dipetakan pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Peta untuk Jumlah CDD yang dapat Menghasilkan Potensi Munculnya Titik Api pada Setiap Grid (A) MAM dan (B) JJA

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dari hasil penelitian yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa tingkat kepadatan *hotspot* dengan kategori tinggi berada pada periode musim Juni – Juli – Agustus (JJA) dengan nilai persentil 90 sebesar 0.84. Selanjutnya diikuti oleh periode musim Maret – April – Mei dengan nilai persentil 0.42. Korelasi antara *Dry Days* (DD) dengan kepadatan *hotspot* pada ke



empat periode musim memiliki perbedaan yang sangat sedikit. Pada periode musim DJF, nilai korelasi sebesar 0.13; pada periode musim MAM, nilai korelasi sebesar 0.16; pada periode musim JJA, nilai korelasi sebesar 0.155; dan pada periode musim SON, nilai korelasinya sebesar 0,17. Memodelkan CDD maksimum dapat dilakukan dengan menghitung nilai peluang terjadinya *hotspot* berdasarkan banyaknya DD yang disertai dengan *hotspot* dibagi dengan banyak DD yang disertai maupun tidak disertai dengan *hotspot* pada setiap nilai CDD. Pada setiap nilai CDD yang memiliki Peluang yang lebih dari atau sama dengan 0.5 dapat dilakukan peringatan dini terjadinya *hotspot* di hari sebelumnya.

Saran

Model penentuan peluang terjadinya *hotspot* menggunakan CDD dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk melakukan prediksi serta sebagai sistem peringatan dini terjadinya *hotspot*. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap faktor lain selain CDD yang mempengaruhi terjadinya *hotspot* pada lahan gambut di wilayah Provinsi Riau agar akurasi model prediksi dan peringatan dini terjadinya *hotspot*.

Daftar Pustaka

- [1] G. Abriantini, I. S. Sitanggang, dan R. Trisminingsih, "Hotspot sequential pattern visualization in peatland of Sumatera and Kalimantan using shiny framework," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 54, no. 1, p. 12057.
- [2] W. C. Adinugroho, I. N. N. Suryadiputra, dan B. H. Saharjo, *Panduan pengendalian kebakaran hutan dan lahan gambut*. wahyu catur adinugroho, 2005.
- [3] Hutan. P.D.R.K, *Modul Penelitian*. 2015.
- [4] R. J. Joyce, J. E. Janowiak, P. A. Arkin, dan P. Xie, "CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution," *J. Hydrometeorol.*, vol. 5, no. 3, pp. 487–503, 2004.
- [5] Y. J. Kaufman *et al.*, "Fire and smoke observed from the Earth Observing System MODIS instrument—products, validation, and operational use," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 24, no. 8, pp. 1765–1781, 2003.
- [6] T. S. Kebijakan, "Pemanfaatan dan Konservasi Ekosistem Lahan Rawa Gambut di Kalimantan," *Pengemb. Inov. Pertan.*, no. 1, pp. 149–156, 2008.
- [7] Lapan, "Informasi Titik Panas (Hotspot) Kebakaran Hutan dan Lahan," *PusfatJa - Lapan*, 2016.
- [8] A. Lestari, G. Rumantir, dan N. Tapper, "A spatio-temporal analysis on the forest fire occurrence in central kalimantan, indonesia," in *Pacific Asia Conference On Information Systems (PACIS)*, 2016.
- [9] L. Malone, "Climate Indices and Analysis for Sectoral Application," *Italy. WMO - ICTP*, 2011.
- [10] C. Piani, J. O. Haerter, dan E. Coppola, "Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 99, no. 1–2, pp. 187–192, 2010.
- [11] I. Prasasti dan S. Suciantini, "Analisis Pemanfaatan Data CMORPH-IRI untuk Estimasi Curah Hujan Wilayah di Palangka Raya, Kalimantan Tengah dan Pekanbaru, Riau," 2013.
- [12] Y. Seleshi dan P. Camberlin, "Recent changes in dry spell and extreme rainfall events in Ethiopia," *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 83, no. 1–4, pp. 181–191, 2006, doi: 10.1007/s00704-005-0134-3.
- [13] S. Sloan, B. Locatelli, M. J. Wooster, dan D. L. A. Gaveau, "Fire activity in Borneo driven by industrial land conversion and drought during El Niño periods, 1982–2010," *Glob. Environ. Chang.*, vol. 47, pp. 95–109, 2017.
- [14] F. Siegert dan A. A. Hoffmann, "The 1998 forest fires in East Kalimantan (Indonesia): a quantitative evaluation using high resolution, multitemporal ERS-2 SAR images and NOAA-AVHRR hotspot data," *Remote Sens. Environ.*, vol. 72, no. 1, pp. 64–77, 2000.
- [15] T. B. Sumaryati, S. Hamdi, dan P. Sains, "Karakteristik Kestabilan Atmosfer Daerah Rawan



- Kebakaran Hutan Di Sumatera Selatan,” *Sains dan Teknol. Atmos. serta Apl. di Benua Marit. Indones.*, p. 91, 2018.
- [16] L. Tacconi, *Kebakaran hutan di Indonesia: penyebab, biaya dan implikasi kebijakan*. CIFOR, 2003.
- [17] P. Xie *et al.*, “Reprocessed, bias-corrected CMORPH global high-resolution precipitation estimates from 1998,” *J. Hydrometeorol.*, vol. 18, no. 6, pp. 1617–1641, 2017.

