

ANALISIS KARAKTERISTIK SPASIAL DAN TEMPORAL KEBAKARAN LAHAN GAMBUT DI KHG PULAU RANGSANG

Nur Hidayati¹, Sigit Sutikno², Nurul Qomar³

¹Program Pasca Sarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas km 12,5, Simpang Baru, Pekanbaru Telp. (0761) 63272

Email: nur.hidayati6965@grad.unri.ac.id, sigit.sutikno@lecturer.unri.ac.id, nqomar@lecturer.unri.ac.id

ABSTRAK

Kebakaran lahan gambut yang terjadi hampir setiap tahunnya menjadi permasalahan serius di Kesatuan Hidrologi Gambut (KHG) Pulau Rangsang dalam kurun waktu 20 tahun terakhir. Tingkatan kebakaran lahan gambut yang cukup parah hanya mampu dipadamkan oleh hujan. Analisis karakteristik spasial dan temporal kebakaran lahan gambut merupakan analisis yang berkaitan dengan distribusi sebaran *hotspot* (selang kepercayaan >60%) menggunakan citra Landsat serta pola yang terbentuk sebagai indikasi areal bekas kebakaran yang ditimbulkan oleh data *hotspot* tersebut dalam kurun waktu 20 tahun terakhir (2001-2020). Analisis ini diharapkan dapat memberikan referensi yang mampu menjelaskan tentang karakteristik kebakaran lahan gambut diantaranya yaitu luas area bekas terbakar, durasi kebakaran dan laju kebakaran yang terjadi di setiap tahun. Rekomendasi upaya pencegahan sebaiknya mengambil pembelajaran dan sejarah terjadinya kebakaran yang hampir setiap tahun terjadi, agar kejadian tersebut tidak terulang kembali. Data hasil analisis *hotspot* tersebut di tumpang-susunkan dengan teknik *on-off layer* citra Landsat yang sebelumnya telah dilakukan *composite band* untuk dilakukan proses deleniasi dengan menggunakan GIS (*Geographic Information System*). Hasil deleniasi tersebut dijadikan dasar untuk memperoleh karakteristik kebakaran lahan gambut pada KHG Pulau Rangsang. Pada penelitian ini menunjukkan total luas areal kebakaran yang terjadi pada KHG Pulau Rangsang dalam kurun waktu 20 tahun yang mencapai 114.982,71 ha, dengan total durasi kebakaran selama 308 hari sehingga diperoleh laju kebakaran sebesar 373,32 ha/hari.

Kata Kunci: lahan gambut, kebakaran, spasial, temporal, titik panas.

ABSTRACT

Peatland fires are a serious problem in the Peat Hydrological Unit (PHU) of Rangsang Island for the last 20 years. The level of peatland fires that are quite severe can only be extinguished by rainfall. The analysis of spatial and temporal characteristics of peatland fires related to distribution of hotspots with a confidence level >60%, using Landsat imagery and pattern formed as an indication of the burned area caused by the hotspot data in the last 20 years (2001-2020). This analysis is expected to provide a reference that is able to explain the characteristics of peatland fires, including total area burned, duration of peat fire and the rate of peat fire that occurs every year. The results of hotspot analysis are overlapped with on-off layer technique of Landsat imagery that has been composited band using GIS (Geographic Information System). delineation results are used as the basis for obtaining the characteristics of peatland fires in the Rangsang Island KHG. The results of the delineation were used as the basis for obtaining the characteristics of peatland fires in the Rangsang Island KHG. In this study, the total area of fires that occurred in Rangsang Island KHG in a period of 20 years reached 114,982.71 ha, with a total duration of 308 days of fire.

Keywords: *peatland, fire, spatial, temporal, hotspot*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan gambut tropis yang terbesar di kawasan tropika sekitar 21 juta ha, hanya 8% gambut tropis dari luas total lahan gambut di dunia. Namun, degradasi lahan gambut di Indonesia

terjadi dalam skala besar, sehingga hanya tersisa kurang dari 4% lahan gambut asli (*pristine peat swamp forest*), sementara 37% lainnya mengalami degradasi dengan berbagai tingkatan serta > 20% lahan gambut di Indonesia dalam kondisi sebagai lanskap terdegradasi yang tidak dikelola [10].

Pada kondisi kering, lahan gambut sangat rentan terbakar terutama pada saat El-Niño. Namun, sejarah kebakaran Indonesia menunjukkan bahwa kebakaran atau kemunculan titik panas (*hotspot*) pada lahan gambut tidak hanya terjadi pada saat El-Niño saja melainkan juga pada La-Niña meskipun dalam jumlah kecil [15]. Beberapa tahun terakhir, sebagian besar hutan rawa gambut telah dikeringkan (*drainage*) untuk dijadikan lahan pertanian, perkebunan dan pemukiman. Selain itu, adanya kegiatan *logging*, konversi lahan dan kebakaran adalah akibat negatif dari perbuatan manusia yang mengakibatkan deforestasi pada lahan gambut di Indonesia yang berdampak langsung terhadap timbulnya masalah kebakaran lahan yang hampir terjadi disetiap tahun serta berkurangnya tempat penyimpanan air tanah pada KHG (Kesatuan Hidrologis Gambut).

Kebakaran lahan gambut yang biasanya terjadi pada musim kemarau sangat sulit dipadamkan, karena terjadi hingga di bawah permukaan tanah. Sejarah membuktikan bahwa hanya hujan atau hujan buatan yang mampu memadamkan api ketika kebakaran lahan gambut yang terjadi sudah cukup parah [1] [7] [8].

Akibatnya kondisi lahan gambut di KHG Pulau Rangsang sudah tertekan dan berubah fungsi lahan. Tertekan dalam artian bahwa lahan gambut tersebut telah terbakar berulang kali, bahkan lebih dari 3 kali yaitu 7 hingga 10 kali berdasarkan pengamatan melalui citra satelit Landsat serta pemantauan titik panas satelit Terra/Aqua.

Tingkat kerawanan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran yang terjadi di KHG Pulau Rangsang menjadi wilayah fokus penelitian saat ini. Analisis karakteristik kebakaran lahan gambut dilakukan secara spasial dan temporal. Analisis spasial pada penelitian ini merupakan suatu analisis yang berkaitan dengan distribusi sebaran *hotspot* menggunakan citra landsat serta pola yang terbentuk sebagai indikasi areal bekas kebakaran yang ditimbulkan oleh data *hotspot* tersebut. Sedangkan analisis secara temporal dapat diartikan sebagai suatu frekuensi perekaman ulang dari data *hotspot* berdasarkan kurun waktu yang telah ditentukan. Sehingga diperoleh berbagai *trend* periode kejadian kebakaran berdasarkan banyaknya jumlah titik panas (*hotspot*) yang terekam dalam kurun waktu 20 tahun (2001-2020) dengan selang kepercayaan (*confidence level*) >60%

Analisis spasial dan temporal ini diharapkan dapat memberikan referensi yang mampu menjelaskan tentang karakteristik kebakaran lahan gambut diantaranya yaitu luas area bekas terbakar, durasi kebakaran dan laju kebakaran yang terjadi di setiap tahun. Hal tersebut menjadikan alasan bahwa pencegahan kebakaran pada lahan gambut merupakan hal yang wajib dilakukan secara benar,

cepat dan terencana. Rekomendasi upaya pencegahan sebaiknya mengambil pembelajaran dan sejarah terjadinya kebakaran yang hampir setiap tahun terjadi, agar kejadian tersebut tidak terulang kembali.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Kesatuan Hidrologi Gambut (KHG) yang menjadi fokus penelitian yaitu KHG Pulau Rangsang yang terletak di Kabupaten Kepulauan Meranti, seperti pada Gambar 1. KHG Pulau Rangsang terletak di wilayah pesisir yang mengalami degradasi yang cukup serius dan menjadi salah satu wilayah KHG prioritas restorasi oleh BRGM (Badan Restorasi Gambut dan Mangrove) Indonesia. Penelitian ini menggunakan kurun waktu 20 tahun terakhir, yaitu pada tahun 2001 hingga tahun 2020.



Gambar 1. Lokasi Penelitian KHG Pulau Rangsang

2.2. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan jenis data sekunder KHG Pulau Rangsang, diantaranya yaitu:

- a) Hotspot MODIS-C6 (Terra/Aqua)

Data *hotspot* yang digunakan memiliki confidence level >60% berdasarkan perekaman yang dilakukan oleh satelit Terra/Aqua, dimana suatu data *hotspot* di wilayah tertentu telah dilalui dan direkam secara berganti [11]. Data *hotspot* yang digunakan memiliki rincian data sebagai berikut:

Resolusi temporal	: Siang/malam (16 hari)
Sensor satelit	: Terra/Aqua
Penyedia	: FIRMS, NASA
Produk	: <i>Fire Archive</i>
Rentang waktu	: Tahun 2001–2020 (firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download)
- b) Citra Satelit Landsat

Setelah mengidentifikasi periode kejadian kebakaran, selanjutnya dikumpulkan data citra satelit Landsat pada masing-masing periode kejadian kebakaran tersebut. Pengumpulan citra

Landsat dengan jumlah citra minimal dua tanggal perekaman pada tiap *scene*, yaitu periode sebelum dan setelah terjadinya kebakaran.

Pemilihan tanggal perekaman citra Landsat berdasarkan rentang tanggal pengamatan. Lokasi *scene* pada citra Landsat ditentukan berdasarkan sebaran data *hotspot*.

Penelitian ini menggunakan berbagai jenis variasi citra Landsat dengan alasan ketersediaan data. Data penelitian tahun 2001-2012 menggunakan data dari citra Landsat 5 ataupun citra Landsat 7, sedangkan tahun 2013 hingga 2020 menggunakan data citra Landsat 8. Masing-masing citra satelit Landsat tersebut memiliki resolusi spasial yang cukup baik yaitu 30 meter untuk analisis terkait dengan perubahan fenomena alam, serta resolusi temporal 16 harian. Citra Landsat tersebut berasal dari USGS (*United States Geological Survey*) yang dapat diunduh pada *website* (earthexplorer.usgs.gov) dengan rentang waktu pengambilan data mulai dari tahun 2001-2020.

Pemicu utama kejadian kebakaran hutan dan lahan yang terjadi di Indonesia diantaranya yaitu faktor curah hujan dan anomalnya [4], maka data curah hujan merupakan faktor penting dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan data curah hujan satelit dikarenakan keterbatasan alat ukur/ penakar hujan di daerah penelitian. Oleh sebab itu, dengan adanya teknologi *remote sensing* (satelit) mampu memberikan jalan keluar dalam hal informasi ketersediaan data presipitasi (curah hujan) dari jarak jauh untuk mendapatkan data curah hujan kapan saja dan dimana saja. Salah satu teknologi satelit yang sudah dikembangkan adalah TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*).

2.3. Metodologi Analisis Data

Data-data yang sudah dikumpulkan kemudian dianalisis lebih lanjut terkait dengan kondisi serta periode kejadian kebakaran pada lahan gambut. Misalnya jumlah data titik panas, luasan areal terbakar secara runtun waktu (*time series*). Berdasarkan hasil analisis data tersebut bisa diidentifikasi berbagai periode kejadian kebakarannya.

Analisis spasial difokuskan pada lokasi poligon dengan kerapatan titik (*point density*), selanjutnya melakukan deleniasi pada objek yang diduga sebagai areal bekas terbakar [14]. Analisis spasial dilakukan dengan menggunakan *Geographic Information System* (GIS) kemudian diolah menggunakan metode *image processing* dengan cara melakukan *overlay* pada data *hotspot* dan data satelit Citra Landsat untuk mendapatkan penyebaran dan *trend* kejadian kebakaran lahan gambut dari tahun ke tahun.

Secara singkat, analisis kebakaran lahan gambut di KHG Pulau Rangsang dijelaskan sebagai berikut:

- Mengunduh data *hotspot* harian dengan format data berupa csv.
- Melakukan analisis nilai kerapatan titik panas (*point density analysis*).
- Melakukan *overlay* dan mengidentifikasi data *hotspot* dengan batas wilayah penelitian yaitu KHG Pulau Rangsang
- Melakukan deleniasi areal kebakaran berdasarkan data citra Landsat sesuai dengan data *hotspot*.
- Mengolah dan menganalisis hasil *overlay* dengan menggunakan *software* Microsoft Excel.
- Menyajikan data hasil perhitungan data *hotspot* dalam bentuk grafik, tabel serta layout peta data *hotspot*.

Areal bekas terbakar dapat digambarkan sebagai kenampakan objek yang berwarna merah kehitaman atau coklat, terdapat perubahan kenampakan pada citra Landsat pada periode sebelum terjadinya kebakaran

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hotspot merupakan suatu indikator yang dapat diartikan sebagai daerah yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya berdasarkan ambang batas suhu tertentu yang terpantau oleh satelit penginderaan jauh [7].

Hotspot adalah hasil deteksi kebakaran hutan/lahan pada ukuran piksel tertentu (1km x 1km) yang kemungkinan terbakar pada saat satelit melintas pada kondisi relatif bebas awan dengan menggunakan algoritma [2]. Biasanya data *hotspot* dijadikan sebagai indikator terjadinya kebakaran lahan di suatu wilayah [13], sehingga semakin banyak titik panas, semakin banyak pula potensi kejadian kebakaran di suatu wilayah.

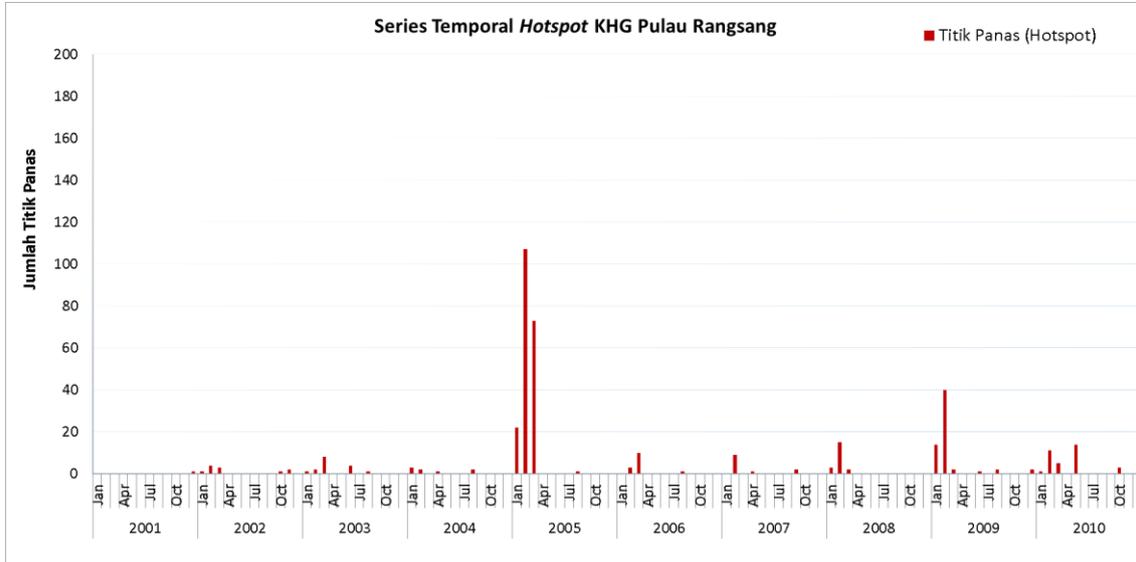
Pemilihan data *hotspot* pada penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan >60%. Hasil pemetaan spasial dengan kumulatif data titik panas selama kurun waktu 20 tahun (2001-2010) di KHG Pulau Rangsang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



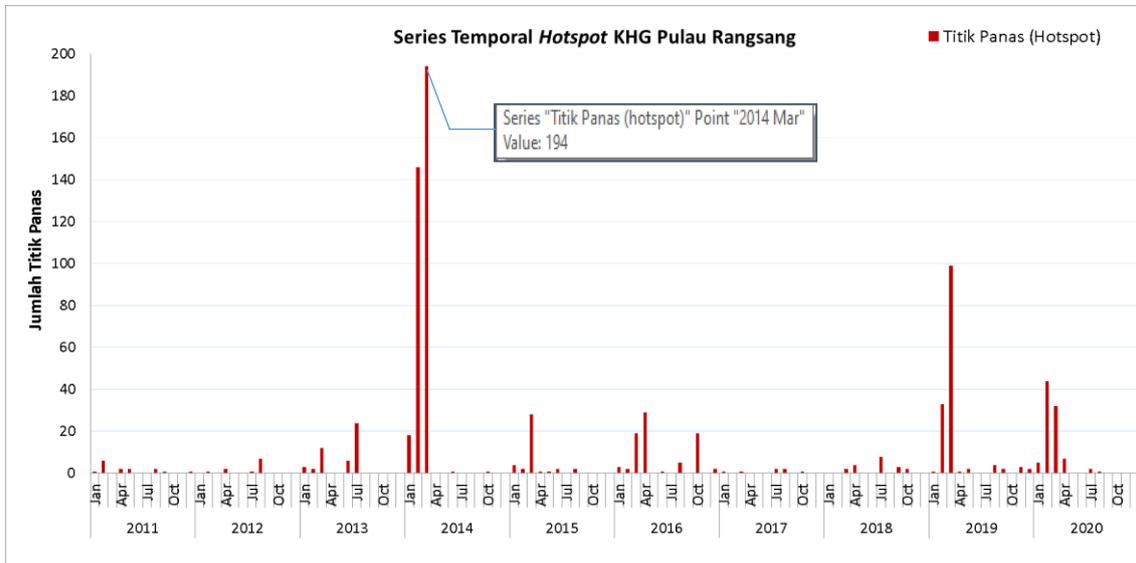
Gambar 3. Kenampakan *hotspot* KHG Pulau Rangsang (2001-2020)

Posisi sebaran *hotspot* di KHG Pulau Rangsang cenderung berada di wilayah pesisir, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Sebaran data *hotspot* yang berulang serta bergerombol pada suatu lokasi dapat dijadikan sebagai penanda adanya kejadian

kebakaran [9]. Sebaran data *hotspot* di KHG Pulau Rangsang secara temporal dari tahun 2001 hingga tahun 2020 disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4 berikut.



(a) Data *hotspot* MODIS tahun 2001-2010



(b) Data *hotspot* MODIS tahun 2011-2020

Gambar 4. Grafik *time series* data *hotspot* KHG Pulau Rangsang

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa titik *hotspot* selama kurun waktu 20 tahun cenderung mengalami naik-turun. KHG Pulau Rangsang mengalami dua kali kejadian kebakaran dalam setahun dengan jumlah deteksi data *hotspot* di tertinggi terjadi pada bulan Maret tahun 2014 yang mencapai 194 data *hotspot*. Deteksi data *hotspot* yang terpantau oleh satelit MODIS tersebut dimulai dari tahun 2001–2020 bermula pada bulan Januari

hingga bulan April yang disebut sebagai Periode I yang berhubungan dengan jatuhnya musim kemarau yang terjadi di Provinsi Riau. Namun pada bulan Juni hingga bulan Oktober jumlah *hotspot* relatif menurun, periode ini disebut sebagai Periode II. Periode kemunculan *hotspot* erat kaitannya dengan musim kemarau yang sedang berlangsung di KHG Pulau Rangsang. Kemunculan titik panas difokuskan

pada *hotspot* yang memiliki *confidence level* >60% dengan nilai terendah berkisar antara 0-8 titik panas.

1.1 Analisis Karakteristik Kebakaran

Kebakaran lahan gambut mengakibatkan kerusakan terstruktur tanah, hilangnya berbagai jenis flora dan fauna serta kerusakan lingkungan lainnya [3]. Kejadian kebakaran lahan gambut semakin diperparah dengan adanya fenomena El-Nino yang menyebabkan sangat terbatasnya curah hujan pada bulan-bulan tertentu [5]. Kebakaran berdasarkan lokasi kejadiannya dibagi atas kebakaran hutan dan kebakaran lahan. Kebakaran hutan merupakan kebakaran yang terjadi di kawasan hutan, sedangkan kebakaran lahan terjadi diluar kawasan hutan yang biasanya terjadi baik sengaja maupun tidak disengaja [6].

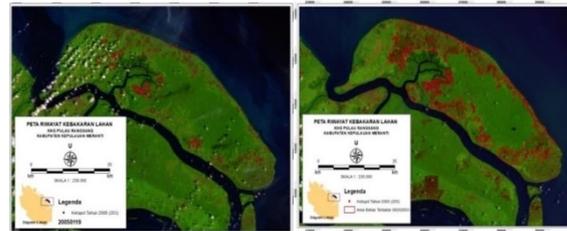
Distribusi data *hotspot* yang telah dianalisis sebelumnya, maka dapat dianalisis beberapa periode kejadian kebakaran diantaranya yaitu periode sebelum kebakaran (*pre fire*) dan periode setelah kebakaran (*post fire*). Berdasarkan pada informasi sebaran data *hotspot* tersebut, maka dapat ditentukan fokus wilayah penelitiannya guna untuk mempermudah dan mempercepat proses identifikasi areal bekas terbakar dengan menggunakan citra Landsat. Kenampakan data *hotspot* yang mengakibatkan munculnya areal bekas terbakar di KHG Pulau Rangsang melalui citra Landsat dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Kenampakan *hotspot* dan areal bekas terbakar KHG Pulau Rangsang

Selain dipengaruhi oleh karakteristik lahan gambut yang mudah terbakar, sebaran titik panas (*hotspot*) diduga mengikuti pola tertentu yang sangat berhubungan dengan kondisi tutupan lahan [12]. Hasil digitasi digambarkan dengan poligon berwarna merah yang terdapat pada citra Landsat dengan kombinasi band yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 untuk beberapa periode kebakaran dari tahun 2021 hingga tahun 2020. Proses deliniasi secara visual dilakukan dengan menarik garis poligon yang merupakan daerah bekas terbakar dan sebelum terbakar. Kebakaran hutan dan lahan terjadi akibat adanya unsur dan perilaku api yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alam yaitu adanya bahan bakar, iklim atau cuaca, dan topografi.

Hasil analisis secara spasial pada areal bekas terbakar dan sebelum terbakar di KHG Pulau Rangsang salah satunya yaitu pada tahun 2005 berdasarkan citra Landsat 5 dengan teknik *on-off layer* yang telah dilakukan kombinasi pada *band* 543 dapat dilihat pada Gambar 6 yang menjelaskan bahwa pada bulan Maret di tahun 2005 tutupan lahan pada poligon KHG Pulau Rangsang masih berupa vegetasi hijau dan kebakaran yang ada belum meluas, sedangkan pada analisis citra bulan Mei tahun 2005 terlihat jelas bahwa adanya penambahan areal bekas terbakar.



Gambar 6. Perubahan luas areal terbakar KHG Pulau Rangsang

Berdasarkan hasil tumpang susun dan deliniasi visual dengan menggunakan sistem GIS yang menghasilkan Gambar 6 di atas, maka diperoleh areal bekas terbakar terparah dengan luasan yang mencapai 27.714,96 ha yang terjadi pada tahun 2005 dengan durasi kebakaran terlama yaitu selama 44 hari yang terjadi di Periode kebakaran pertama dengan laju kebakaran sebesar 4.456,17 ha/hari. Periode I kebakaran pada lahan gambut merupakan kejadian kebakaran yang terjadi pada musim kemarau bulan Januari hingga April. Sedangkan periode II merupakan kejadian kebakaran yang terjadi pada musim kemarau bulan Juni hingga Oktober. Karakteristik kejadian kebakaran yang terkait dengan luas areal bekas terbakar, durasi kebakaran dan laju kebakaran selama kurun waktu 20 tahun disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi kejadian kebakaran KHG Pulau Rangsang

Tahun	Periode	Luas Area Kebakaran (ha)	Durasi Kebakaran (hari)	Laju Kebakaran (ha/hari)
2001	I	878,10	1	878,10
	II	0,00	0	0,00
2002	I	6470,36	6	1078,39
	II	3239,74	2	1619,87
2003	I	0,00	5	0,00
	II	0,00	3	0,00
2004	I	2845,11	5	569,02
	II	1594,96	2	797,48
2005	I	27714,96	44	629,89
	II	4456,17	1	4456,17
2006	I	1134,08	4	283,52
	II	0,00	0	0,00

Tahun	Periode	Luas Area	Durasi	Laju
		Kebakaran (ha)	Kebakaran (hari)	Kebakaran (ha/hari)
2007	I	272,44	3	90,81
	II	147,96	3	49,32
2008	I	164,83	6	27,47
	II	0,00	0	0,00
2009	I	1211,13	13	93,16
	II	6022,89	5	1204,58
2010	I	1607,55	12	133,96
	II	8769,37	5	1753,87
2011	I	460,34	7	65,76
	II	1558,89	5	311,78
2012	I	449,34	2	224,67
	II	2154,44	6	359,07
2013	I	689,24	8	86,15
	II	6382,84	9	709,20
2014	I	13332,29	28	476,15
	II	5561,76	2	2780,88
2015	I	1587,64	13	122,13
	II	1408,61	5	281,72
2016	I	837,39	23	36,41
	II	532,24	5	106,45
2017	I	68,65	2	34,33
	II	1008,22	4	252,06
2018	I	2292,21	4	573,05
	II	653,12	7	93,30
2019	I	2511,82	19	132,20
	II	5423,37	9	602,60
2020	I	1364,71	23	59,34
	II	175,95	7	25,14
Jumlah		114982,71	308	-

Tabel 3 di atas menyajikan data yang berkaitan dengan karakteristik kebakaran diantaranya yaitu luas areal bekas terbakar, durasi kebakaran dan laju kebakaran. Berdasarkan Tabel 3 diperoleh total luas areal kebakaran yang terjadi pada KHG Pulau Rangsang dalam kurun waktu 20 tahun dengan total luasan areal kebakaran yang mencapai 114.982,71 ha, dengan total durasi kebakaran selama 308 hari. Total luasan area bekas terbakar tersebut dapat dijadikan referensi oleh *stakeholder* ataupun pemerintah agar kejadian kebakaran tidak terulang kembali.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebaran data *hotspot* di KHG Pulau Rangsang tahun 2001 hingga tahun 2020 menghasilkan pola spasial yang terkonsentrasi pada wilayah pesisir. Sedangkan secara temporal sebaran jumlah *hotspot* terbanyak selama kurun waktu 20 tahun terjadi pada bulan Maret tahun 2014 yang mencapai sebanyak 194 titik dengan *confidence level* >60%. Hasil dari analisis karakteristik kebakaran lahan gambut selama kurun waktu 20 tahun diperoleh total luas areal kebakaran

yang terjadi di KHG Pulau Rangsang mencapai 114.982,71 ha dengan total durasi kebakaran selama 308 hari.

Analisis karakteristik kebakaran pada masing-masing KHG menghasilkan beberapa areal bekas terbakar di lokasi yang sama dan berulang, oleh karena itu diharapkan adanya tindakan restorasi seperti pembasahan lahan gambut (*rewetting*) pada lokasi yang mudah terbakar. Selain itu, untuk meningkatkan keakuratan hasil analisis kebakaran hutan dan lahan gambut perlu adanya pengecekan lapangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sandhyavitri, M. A. Perdana, S. Sutikno, and F. H. Widodo, "The roles of weather modification technology in mitigation of the peat fires during a period of dry season in Bengkalis, Indonesia," in *TALENTA-CEST, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2018, pp. 0–9, doi: 10.1088/1757-899X/309/1/012016.
- [2] A. Sandhyavitri, M. A. Perdana, S. Sutikno, and F. H. Widodo, "The roles of weather modification technology in mitigation of the peat fires during a period of dry season in Bengkalis, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 309, p. 012016, 2018, doi:10.1088/1757-899X/309/1/012016.
- [3] B. Wasis, E. I. Putra, and B. H. Saharjo, "Impacts of peat fire on soil flora and fauna, soil properties and environmental damage in Riau Province, Indonesia," *B IOD I V E R S I T A S*, vol. 20, no. June, pp. 1770–1775, 2019.
- [4] Ceccato, P. N., Jaya, I. N. S., Qian, J., Tippett, M. K., Robertson, A. W., & Someshwar, S. (2010). Early Warning and Response to Fires in Kalimantan, Indonesia. *Columbia University Academic Commons*. doi: <https://doi.org/10.7916/D87M0FS3>.
- [5] G. E.. B. Susilo, K.. Yamamoto, T.. Imai, Y. . Ishii, H.. Fukami, and M.. Sekine, "The effect of ENSO on rainfall characteristics in the tropical peatland areas of Central Kalimantan, Indonesia," *Hydrol. Sci. J.*, vol. 58, no. 3, pp. 539–548, 2013.
- [6] Hatta, Muhammad. 2008. Dampak Kebakaran Hutan Terhadap Sifat-Sifat Tanah di Kecamatan Besitdang Kabupaten Langkat. Skripsi. Medan: USU
- [7] (LAPAN) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. 2016. Informasi Titik Panas (*Hotspot*) Kebakaran Hutan/Lahan. Jakarta.
- [8] (LAPAN) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. 2016. Informasi Titik

- Panas (*Hotspot*) Kebakaran Hutan/Lahan. Jakarta.
- [9] (LAPAN) Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional. 2016. Informasi Titik Panas (*Hotspot*) Kebakaran Hutan/Lahan. Jakarta.
- [10] L. P. Koh, J. Miettinen, S. C. Liew, and J. Ghazoul, "Remotely sensed evidence of tropical peatland conversion to oil palm.," *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 108, no. 12, pp. 5127–32, 2011.
- [11] Prayoga, M. B. R., Yananto, A., Kusumo, D. A. (2017). Analisis Korelasi Kerapatan Titik Api Dengan Curah Hujan di Pulau Sumatera Dan Kalimantan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol.18 No.1, 2017: 17 – 24.
- [12] Setiawan, A. (2018). Kebijakan Penanganan Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia Agung Setiawan Government Affairs and Administration Jusuf Kalla School of Government, (May).
- [13] S. Sutikno, A. Sandhyavitri, A. Syahza, H. Widodo, and T. H. Seto, "Application of weather modification technology for peatlands fires mitigation in Riau, Indonesia," in *Proceedings of International Symposium on Advances in Mechanical Engineering (ISAME): Quality in Research 2019*, 2020, no. May, doi: 10.1063/5.0002137.
- [14] Syaufina. 2008. Kebakaran Hutan dan Lahan Indonesia. Bayumedia Publishing. Malang.
- [15] Tukidi. (2010). Karakter Curah Hujan Di Indonesia. *Jurnal Geografi*, 7(2), 136–145. <https://doi.org/10.15294/jg.v7i2.84>
- [16] Usup A., Y. Hashimoto, M. Kamiya, H. Takahashi, and H. Hayasaka, 2005: Combustion characteristic of peatland in Central Kalimantan. *Ann. Rep. Environmental Conservation and Land Use Management of Wetland Ecosystem in South East Asia. Hokkaido*