MITIGASI BENCANA KEBAKARAN LAHAN GAMBUT DI PROVINSI RIAU MENGGUNAKAN TEKNOLOGI MODIFIKASI CUACA

(Studi Kasus: Kabupaten Indragiri Hilir, Kabupaten Kepulauan Meranti, Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak)

Ilvi Rahmi Amalia[(1)], Sigit Sutikno[(2)], Ari Sandhyavitri[(3)]
Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau[1)]
Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau[2)]
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru Pekanbaru, Kode Pos 28293
Email: ilvi.rahmi@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Peat Land in Riau Province have become a routine disaster in recent years. Peat Land occur of because the condition of the peatlands is very deep and triggered by irresponsible parties who tend to clear land by burning. Currently Weather Modification Technology (TMC) is one of the technical solutions that can be used to overcome land fire disasters, by planting NaCl salt in clouds that have the potential to rain. the cloud that is the target of the seeding is the Cumullus (Cu) type cloud. In this study four areas were taken in Riau Province, namely Indragiri Hilir Regency, Meranti Islands, Pelalawan Regency and Siak Regency. With the data used is rainfall data from TRMM satellites and hotspot distribution data from www.fire.globalforestwatch.com. The data obtained were analyzed using FileZilla, GrADS and Command Promt software. From the data analysis, the results of TMC evaluation in general with the mission of increasing rainfall in the four target seeding areas in 2014 and 2016 succeeded in increasing rainfall thus reducing the number of hotspots. So this method can be used to overcome the disaster of land fires in Riau Province.

Keywords: TMC, TRMM, Hotspot

PENDAHULUAN

Riau merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang setiap tahunnya menyumbang asap (Siwi R, 2013). Asap tersebut berasal dari kebakaran lahan yang terjadi karena kondisi lahan bergambut serta pihak – pihak yang tidak bertanggung jawab yang cenderung membuka lahan dengan cara membakar. Pada musim kemarau, lahan gam`but akan menjadi kering dan mudah terbakar. Gambut mengandung bahan bakar dalam bentuk residu tanaman. Oleh karena itu, kebakaran kecil dan pembakaran dapat menembus di bawah permukaan tanah, membakar lahan gambut secara perlahan dan sulit untuk dideteksi, sehingga menyebabkan bahaya asap tebal. Membara di lahan gambut juga sulit dipadamkan sehingga bisa berlangsung selama berminggu-minggu (Sandhyavitri, 2017).

Kabupaten utama yang mempunyai penyebaran lahan gambut dengan kategori lahan gambut sangat dalam adalah Kabupaten/Kota Bengkalis dan Dumai (470.985,5 Ha), Kabupaten Rokan Hilir (303.639 Ha), Kabupaten Pelalawan (275.428,1 Ha), Kabupaten/Kota Siak dan Pekanbaru (258.231,9 Ha), Kabupaten Indragiri Hilir (181.864,4 Ha), Kabupaten Meranti (84.114,9) Ha), Kabupaten Indragiri Hulu (71.976,3 Ha), Kabupaten Rokan Hulu (28.499,3 Ha), Kabupaten Kampar (18.419,7 Ha), dan Kabupaten Kuantan Singingi (0 Ha) (Mubekti, 2011).

Kebakaran hutan memiliki dampak negatif pada lingkungan sosial dan ekonomi untuk Provinsi Riau dan daerah-daerah di Indonesia, Malaysia, dan Singapura. Diperkirakan bahwa lebih dari 1.600 jadwal penerbangan dibatalkan dari dan ke Sumatra selama periode Agustus-Oktober 2015. Hal ini berdampak pada

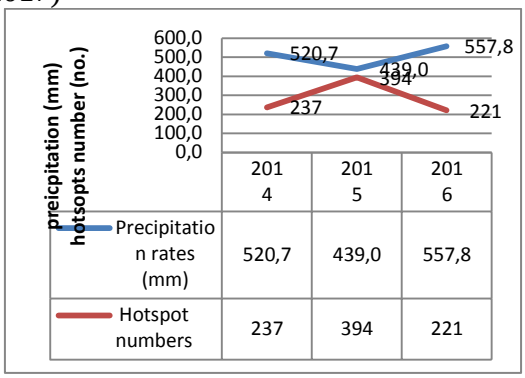
kerugian ekonomi sekitar US $ 8 juta atau Rp 109 miliar untuk industry penerbangan. (Laporan Angkasa Pura II 2015, Candrawi, 2014)

Dampak pada kesehatan masyarakat bahkan terburuk karena ada peningkatan kasus penyakit infeksi pernafasan akut (ISPA) lebih dari 10 kali lipat (biasanya 6000 kasus per bulan) menjadi 61.017 kasus pada September 2017 (Laporan Dinas Kesehatan Provinsi Riau pada 7-10-2015).

Beberapa metode pencegahan kebakaran hutan telah diidentifikasi seperti semprotan air, pemboman air dan penelitian ini berkaitan dengan peran teknologi modifikasi cuaca (TMC) (BPPT, 2016).

Saat ini Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) menjadi salah satu solusi teknis yang dapat dimanfaatkan untuk menanggulangi bencana kebakaran hutan. TMC merupakan suatu bentuk upaya manusia dengan tujuan memodifikasi cuaca untuk menambahkan atau mengurangi curah hujan pada daerah tertentu guna memimalkan bencana alam yang disebabkan oleh iklim dan cuaca dengan memanfaatkan parameter cuaca. TMC disebut sebagai suatu teknologi karena memang aktivitas memodifikasi cuaca pada dasarnya merupakan suatu aplikasi yang memerlukan sentuhan teknologi dalam prosesnya. Hasil akhir dari upaya memodifikasi cuaca tersebut umumnya adalah untuk meningkatkan intensitas curah hujan di suatu lokasi tertentu (*rain reduction*). (Widodo, dkk, 2015)

Kenaikan tingkat curah hujan pada periode TMC 14 Juli - 6 Oktober 2016 di Bengkalis, Provinsi Riau telah mengakibatkan berkurangnya jumlah titik api secara signifikan, dengan tingkat korelasi antara kedua paremeter adalah 97,45 (sangat kuat), dan koefisien determinasi 94, 97% (sangat kuat). Berikut ditampilkan Gambar 1. Tingkat curah hujan vs jumlah titik api pada periode TMC 14 Juli - 6 Oktober 2016 di Bengkalis, Provinsi Riau.(Sandhyavitri, 2017)



Gambar 1 Tingkat Curah Hujan vs Jumlah Titik Api Pada Periode TMC 14 Juli - 6 Oktober 2016 di Bengkalis, Provinsi Riau
Sumber: (Sandhyavitri, 2017)

TINJAUAN PUSTAKA

Kebakaran Lahan Gambut

Kebakaran lahan gambut adalah suatu peristiwa kebakaran yang terjadi pada area gambut yang disebabkan kerena kegiatan manusia dalam pengelola hutan dan lahan maupun karena faktor alam yaitu kekeringan atau musim kemarau. Kebakaran pada lahan gambut diindikasikan lebih berbahaya jika dibandingkan kebakaran pada lahan kering. Hal ini disebabkan karena lahan berlapis-lapis, sehingga intensitas terjadinya kebakaran juga akan bertahan lama serta menghasilkan asap yang tebal. Bara yang terdapat di lahan gambut biasanya hanya padam apabila turun hujan lebat. Oleb sebab itu kebakaran pada lahan gambut harus dicegah dan dihindari. Adapun sifat-sifat kebakaran pada lahan gambut, antara lain:

1. Lapisan lahan gambut yang terbakar tergantung pada kedalaman air tanah
2. Kebakaran pada lahan gambut terjadi di atas lapisan gambut
3. Api pada saat terjadinya kebakaran lahan gambut dapat merambat melalui lapisan bawahnya, meskipun vegetasi di atasnya belum terbakar atau masih segar
4. Kebakaran pada lapisan gambut sulit dipadamkan dan bertahan lama
5. Proses penyemprotan air pada lahan gambut yang sedang

6. terbakar jika tidak padam total, maka dapat menyebabkan produksi asap semakit tebal dan meningkat
7. Kebakaran lahan gambut menghasilkan asap tebal karena terjadi pembakaran yang tidak sempurna

Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar selama periode tertentu yang diukur dengan satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal bila tidak terjadi evaporasi, runoff dan infiltrasi. Curah hujan merupakan unsur iklim yang memiliki korelasi tinggi dengan kejadian kebakaran hutan (Soares dan Sampaio, 2000). Curah hujan berpengaruh terhadap kelembaban bahan bakar. Jika curah hujan tinggi maka kelembaban bahan bakar juga akan tinggi sehingga menyulitkan terjadinya kebakaran.

Titik Api

Untuk mendeteksi adanya suatu kejadian kebakaran lahan dapat menggunakan data pengindraan jauh. *Satelit National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* yang dilengkapi oleh sensor-sensor radiometer. *NOAA* merupakan satelit yang paling sering digunakan untuk mendetreksi kebakaran hutan. Satelit ini melakukan perekaman setiap hari. *Hotspot* merupakan titik-titik panas di permukaan bumi dimana titik tersebut merupakan indikasi adanya kebakaran hutan (Thoha, 2008). Suatu hotspot dikatakan sebagai kejadian kebakaran di permukaan bumi apabila terdeteksi pada koordinat yang sama selama 3 hari atau secara berturut-turut (Lapan, 2004).

Data *hotspot* dari suatu satelit pengindraan jauh dapat dijadikan sebagai indikasi kebakaran hutan dan lahan. Data *hotspot* dideteksi dengan menggunakan satelit *NOAA* kemudian disampaikan menuju antena penerima dan menghasilkan interpretasi citra yang dapat berupa peta, kemudian jumlah data yang diperoleh berupa titik panas/kejadian kebakaran dihitung dengan mencocokkan kordinat wilayah tinjauan tersebut. Pengambilan data pada satelit tersebut 2 kali sehari yaitu pada siang dan malam. Dengan demikian data hotspot dapat digunakan untuk sebagai identifikasi kebakaran lahan pada wilayah tersebut.

Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana. Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007, mengatakan bahwa mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Secara umum mitigasi adalah usaha untuk mengurangi dan/ atau meniadakan korban dan kerugian yang mungkin timbul, maka titik berat perlu diberikan pada tahap sebelum terjadinya kegiatan penjinakan atau peredaman. Sedangkan bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis.

Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC)

Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) adalah usaha campur tangan manusia dalam mengendalikan sumber daya air di atmosfer untuk menanbah atau mengurangi curah hujan pada daerah tertentu guna meminimalkan bencana alam yang disebabkan oleh iklim dan cuaca dengan memanfaatkan parameter cuaca. Disebut sebgai teknologi karena memang akitivitas memodifikasi cuaca pada dasarnya merupakan suatu aplikasi yang memerlukan sentuhan teknologi dalam prosesnya. Hasil akhir dari upaya memodifikasi adalah untuk meningkatkan intensitas curah hujan di suatu tempat meski untuk tujuan tertenju dapat juga

dikondisikan sebaliknya, yaitu untuk menurunkan intensitas curah hujan di suatu lokasi tertentu. (TIM UPT Hujan Buatan BPPT, 2014)

TMC dilakukan dengan meniru proses yang terjadi didalam awan melalui aktivitas penyemaian awan (*cloud seeding*). Sejumlah partikel higroskopik yang dibawa dengan pesawat sengaja diinjeksikan langsung ke dalam awan agar proses pengumpulan butiran tetes air di dalam awan segera dimulai. Pelepasan partikel higroskopik tersebut bisa dilakukan di bawah dasar awan atau bisa juga dilepas langsung ke dalam awan, yang penting dilakukan pada daerah *updraft*. Dengan berlangsungnya pembesaran tetes secara lebih awal maka proses turunnya hujan dari awan juga terjadi lebih cepat. Dengan kata lain, penyemaian awan bertujuan untuk mempercepat proses tumbukan (*collision*) dan penggabungan (*coalescence*) butir air di dalam awan yang merupakan syarat terjadinya hujan. Awan yang dijadikan objek penyemaian adalah jenis awan Cumulus (Cu) yang banyak mengandung upa air dan berpotensi menjadi hujan. Bentuk awan Cumulus (Cu) ini seperti bunga kol.

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

Alat pencatat hujan secara manual sulit dijangkau oleh petugas karena terletak pada posisi dan medan tidak berhubungan langsung sehingga data yang dihasilkan tidak signifikan. Untuk membantu pencatatan tersebut maka digunakan salah satu alternatif dengan memanfaatkan data pengindraan jauh, yaitu *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM).

Tropical Rainfall Measuting Mission (TRMM) merupakan hasil kerja sama dua badan antariksa nasional, yaitu Amerika Serikat (NASA: *National Aeronautics and Space Administration*) dan Jepang (NASDA: *National Space Development of Japan*) sekarang berubah menjadi JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*).

Data curah hujan yang didapat dari satelit TRMM ini menggunakan bantuan perangkat lunak yaitu FileZilla, seperti ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.

Gambar 2. Perangkat lunak FileZilla

FileZilla adalah program aplikasi jaringan yang berguna untuk transfer via protokol FTP di jaringan komputer atau internet. Perangkat lunak komputer ini memiliki kelebihan pada kecepatan dan kemudahannya dalam melakukan tranfer file. Salah satu fitu utama FileZilla adalah *Site Manager*. *Site Manager* mengizinkan menyimpan akun dan alamat beragam server FTP, seperti nomor port yang akan digunakan, protokol yang digunakan. FileZilla merupakan *software* gratis.

Metode Evaluasi Curah Hujan

Evaluasi pada dasarnya adalah mendeteksi atau memperkirakan secara akurat curah hujan yang turun sebagai efek dari penyemaian. Tingkat keberhasilan TMC dapat ditinjau dari hasil tambahan air hujan dari modifikasi cuaca. Maksud dari tambahan air hujan disini adalah peningkatan curah hujan pada periode modifikasi cuaca.

Metode *Targed Only*

Efektifitas penyemaian diestimasi dengan rasio curah hujan salama periode percobaan terhadap curah hujan historisnya pada periode yang sama. Besarnya peningkatan curah hujan dinyatakan dengan persamaan (Hess,1974)

$$PCH = [(R_T)_p/(R_T)_h]\times 100\% \quad (1)$$

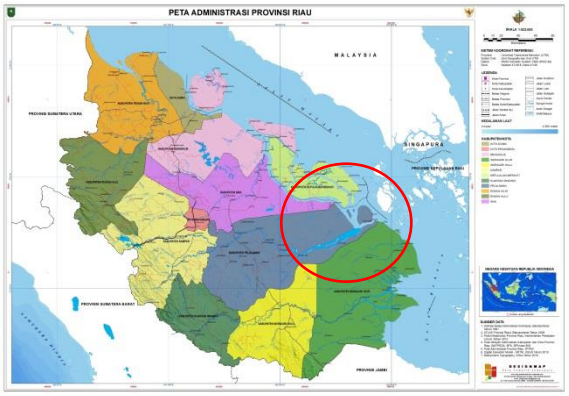
Dalam hal ini, PCH = Peningkatan Curah hujan (%), $(R_T)_p$ = Curah hujan daerah target selama periode penyemaian, sedangkan $(R_T)_h$ = curah hujan historis daerah target pada periode yang sama. Bila PCH > 1 maka operasional berhasil

meningkatkan curah hujan, sedangkan PCH < 1 atau mendekati nilai 1 maka operasional dinyatakan gagal karena tidak menghasilkan peningkatan curah hujan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Provinsi Riau, khususnya di Kabupaten Indragiri Hilir, Kepulauan Meranti, Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Peta Administrasi Provinsi Riau

Kabupaten Pelalawan memiliki history kebakaran lahan yang cukup parah yang ditunjukkan dengan jumlah titik api yang disajikan pada Tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1 Jumlah Titik Api (*Hotspot*) dari tahun 2014 sampai 2016

Thn	Jumlah Titik Api			
	Meranti	Siak	Pelalawan	Inhil
2014	2921	3721	2553	2251
2015	321	756	2418	1116
2016	320	433	495	197

Sumber : *www.fires.globalforeswatch.com*

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer tersebut berupa survei lapangan oleh peneliti dan data sekunder tersebut adalah data curah hujan harian, data titik api (*hotspot*).

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

Data hujan harian diperoleh dari satelit Tropical Rainfall Measuring Mission (*TRMM*). Periode data dari tahun 2014 sampai 2016. Data yang diunduh dari satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)* menggunakan perangkat lunak *FileZila 3.20.1*. atau dikenal dengan sebutan *FileZila Cilent.* Perangkat lunak ini adalah salah satu software *FTP* gratis, *open source crossplatform* yang bisa digunakan untuk melakukan transfer data dari dan ke akun web hosting. *FileZilla Cilent* yang sudah tersambung dengan *JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency).*

Analisis Data *TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)*

Menganalisis intensitas hujan dari data TRMM menggunakan sistim *Grads 2.02* dengan bantuan aplikasi *command prompt*. Untuk menganalisis curah hujan terlebih dahulu harus mempunyai script TRMM JAXA dan scipt curah hujan wilayah penelitian untuk memudahkan pekerjaan.

Pemetaan Lokasi Penelitian

Pemetaan Kab. Indragiri Hilir, Kab. Kep. Meranti, Kab. Pelalawan dan Kab. Siak di dapatkan dari Peta Rupa Bumi Indonesia langkah selanjutnya pembagian grid kabupaten tersebut mempunyai ukuran $0{,}2^{\circ} \times 0{,}2^{\circ}$. Pemetaan Kabupaten penelitian di perangkat lunak ArcMap dengan memilih menu *ArcToolbox > Data Management Tools > Feature Class > Create Fishnet*, kemudian di dapatkan pembagian grid.

Data Titik Api *(Hotspot)*

Hotspot merupakan suatu area yang memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan sekitarnya yang dapat deteksi oleh satelit. Pada penelitian ini data *hotspot* di dapat dari dari *www.fires.foreswatch.com* dengan format. Data *hotspots*/titik panas yang sudah ada, akan dibagi setiap grid dengan menggunakan perangkat lunak ArcMap. Analisis data *hotspot* dilakukan

dengan cara menghitug jumlah titik hotspot yang terdapat pada daerah Kabupaten Indragiri Hilir, Kabupaten Kepulauan Meranti, Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten /Kota Siak. Pada periode tahun 2014 sampai dengan 2016 yang terjadi setiap hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menganalisis Curah Hujan dari Satelit *TRMM*

Data curah hujan yang didapat dari satelit TRMM dari tahun 2014 sampai tahun 2016 yang terjadi di Kabupaten Indragiri Hilir, Kabupaten Kepulauan Meranti, Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak.

Menganalisis Kejadian Titik Api *(Hotspot)*

Menganalisis data *hotspot* dilakukan dengan cara menghitung kejadian titik api (*hotspot*) yang terdapat di Kabupaten Indragiri Hilir, Kepulauan Meranti, Kabupaten Pelalawan dan Kabupaten Siak yang terjadi setiap hari dari tahun 2014 sampai tahun 2016.

.

Evaluasi Berdasarkan Peningkatan Curah Hujan

Menurut Widodo, dkk (2015) tingkat keberhasilan modifikasi cuaca dapat ditinjau dari hasil tambahan air hujan dari modifikasi cuaca. Keberhasilan TMC ini dapat dihitung menggunakan *metode target only* dengan rumus sebagai berikut.

$$PCH = [(R_T)_p/(R_T)_h]\times 100\% \qquad (1)$$

Kabupaten Indragiri Hilir

Berdasarkan rumus peningkatan curah hujan pelaksanaan proses TMC di Kabupaten Indragiri Hilir dari tahun 2014 sampai 2016 terlihat berhasil pada tahun 2016 dikarenakan nilai PCH pada tahun 2016 adalah 2,452 artinya PCH > 1 sudah memenuhi syarat.

Kabupaten Kepulauan Meranti

Secara umum pelaksanaan TMC di Kabupaten Kepulauan Meranti pada tahun 2014 sampai tahun 2016 terlihat berhasil selama 3 (tiga) periode dikarenakan hasil tambahan curah hujan yang terjadi selama proses TMC dapat menurunkan titik api hingga kegiatan berakhir. Nilai PCH pada tgahun 2014, tahun 2015 periode kedua dan tahun 2016 adalah 1,019, 1,08 dan 1,649.

Kabupaten Pelalawan

Keberhasilan TMC ini berdasarkan perhitung persamaan PCH berhasil meningkatkan curah hujan akibat dari modifikasi cuaca pada Kabupaten Kepulauan

Meranti pada tahun 2014 sampai tahun 2016 terlihat berhasil pada tahun 2014 dan tahun 2016 dikarenakan hasil tambahan curah hujan yang terjadi selama proses TMC dapat menurunkan titik api hingga kegiatan berakhir sehingga nilai PCH yang didapat 1,061 dan 2,877.

Kabupaten Siak

Pelaksanaan TMC di Kabupaten Siak pada tahun 2014 sampai 2016 berhasil meningkatkan curah hujan akibat modifikasi cuaca pada tahun 2014 dan tahun 2016 dengan nilai PCH adalah 1,127 untuk tahun 2014 dan 1,88 pada tahun 2016. Keberhasilan TMC pada taun tersebut sehingga dapat menurunkan titik api pada periode yang sama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tingkat keberhasilan TMC di 4 (empat) Kabupaten adalah sebagai berikut:

1. Pada Kab. Indragiri Hilir kegiatan TMC dinyatakan berhasil meningkatkan curah hujan terjadi pada tahun 2016 dengan nilai PCH 2,452
2. Pada Kep. Meranti kegiatan TMC dinyatakan berhasil meningkatkan curah hujan terjadi pada tahun 2014, 2015 periode pertama dan 2016 dengan nilai PCH masing – masing 1,019; 1,078;1,469.

3. Pada Kab. Pelalawan kegiatan TMC dinyatakan berhasil meningkatkan curah hujan terjadi pada tahun 2014 dan 2016 dengan nilai PCH masing – masing 1,061 dan 2,877.
4. Pada Kab. Siak kegiatan TMC dinyatakan berhasil meningkatkan curah hujan terjadi pada tahun 2014 dan 2016 dengan nilai PCH masing – masing 1,127 dan 1,875.

Secara umum Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) dalam misi meningkatkan curah hujan berhasil pada tahun 2014 dan tahun 2016. Pada tahun 2015 telah terjadi fenomenal El Nino pada level kuat disebagian Wilayah Indonesia, dimana hal ini pada tahun 2015 TMC kurang berhasil meningkatkan curah hujan. Fenomenal ini menyebabkan penurunan intensitas curah hujan disebagian Wilayah Indonesia terutama pada bulan Juli hingga Oktober 2015 dan oleh karena itulah pada bulan Juli hingga Oktober 2015 tersebut terjadi peningkatan jumlah titik api yang sangat tajam di Wilayah Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Andriani, C. 2017. *1.052 Hektar Lahan dan Hutan di Riau Ludes Terbakar.* Pekanbaru: Kompas.

Angkasa Pura II report, 2015. Airliner loss affected by forest fires in Sumatra, 2015. Loose report.

BPPT report 2016 concerning Implementation of Weather Modification Technology in Riau, 2016

Candradewi, Renny,. 2014, "Kebakaran Hutan dan Kabut Asap di Riau dalam Prespektif Hubungan Internasional". Jurnal Phobia Volume 1, No 03, 20 Mach 2014, Indonesia

Hadi M. 2006. Pemodelan Spasial Kerawanan Kebakaran di Lahan Gambut: Studi Kasus Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Laporan Dinas Kesehatan Provinsi Riau, 2015, Smog Hazards Effects, tertanggal 7 Oktober 2017, Pekanbaru, Indonesia.

Mubekti. 2011. Studi Pewilayahan dalam Rangka Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan Di Provinsi Riau. *Jurnal Sain dan Teknologi Indonesia Vol. 13, No. 2*, 88-94.

Nugroho & Tikno. 2002. *Evaluasi Peningkatan Hasil Curah Hujan dan Ketersediaan Air Akibat Kegiatan Modifikasi Cuaca di DAS Citarum*. Vol.3, No. 1:71-78.

Perdana, M. A. 2017. Analisis CurahHujan Sebagai Akibat Teknlogi Modifikasi Cuaca Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Lahan Gambut dengan Di Provinsi Riau [skripsi]. Pekanbaru: Program Sarjana. Universitas Riau.

Presidential Instruction of the Republic of Indonesia (RI) Number 16 the year 2011 concerning the Improvement of Forest and Land Fire Control in Indonesia.

Purbowaseso B. 2004. Pengendalian Kebakaran Hutan: Suatu Pengantar . Jakarta: PT Rineka Cipta.

Sandhyavitri. 2017. The Roles of Weather Modification Technology in Mitigation of the Peat Fires During a Period of Dry Season in Bengkalis, Indonesia. *Universitas Riau*

Sasmito, Sigit Deni. 2016, *Rainfall Estimation Based on Geostationary (MTSAT-1R) and Microwave Imager (TRMM) Satellite.*

Siwi R. 2013. Perbandingan Sumber Hotspot Sebagai Indikator Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut dan Korelasinya dengan Curah Hujan di Desa Sepahat, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.

Soares R & Sampaio O. 2000. *Wildfire occurrence in a forest district and other Brazilian protected areas.*

XXI IUFRO World Congress. Prosiding Pertemuan Ilmiah; Kuala Lumpur 7-12 August 2000. Malaysia: *Malaysian XXI IUFRO World.*

Thoha AS. 2008. Penggunaan Data Hotspot untuk Monitoring Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia. Medan: Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara.

TIM UPT Hujan Buatan BPPT, 2014, Peranan Teknologi Modifikasi Cuaca di Indonesia, Cetakan 1, ISBN: 978-602-1124-38-3. BPPT PRESS. Indonesia.

Widodo, F. Heru, dkk 2015. Peranan Teknolohi Modifikasi Cuaca di Indoneisa. Jakarta Pusat.