

# ANALISIS KEKERINGAN UNTUK MITIGASI KEBAKARAN LAHAN GAMBUT MENGGUNAKAN DATA SATELIT BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Hilda Febrina <sup>1)</sup>, Sigit Sutikno <sup>2)</sup>, Rinaldi <sup>2)</sup>

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau <sup>1)</sup>

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau <sup>2)</sup>

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : [Hilda.Febrina@student.unri.ac.id/](mailto:Hilda.Febrina@student.unri.ac.id/)

## ABSTRACT

*Drought is a problem that occurs in every year whose timing can not be known certainty. Therefore, it is necessary to do drought index analysis to determine the level of drought in order to become early warning of drought. There are several methods that can be done to determine the level of drought of a region, one of them is the SPI (Standardized Precipitation Index) method. The SPI method is a suitable method used to calculate meteorological drought. The SPI method uses rainfall data as its input data. TRMM rainfall data is satellite rainfall data that can be used for calculation of SPI value. The research location is Bukit Batu District, Bengkalis Regency, Riau Province which has been divided into 23 grid with 0.10 x 0.10 grid width. From the results of SPI calculations displayed in the form of graphs can be concluded that each grid has the same trendline. The SPI values that have been obtained are then correlated with the number of hotspots. From 23 grid of Bukit Batu Subdistrict, BB7 grid is the grid with the highest number of hotspots in 2014.*

*Keyword: Drought Index, SPI, TRMM, Hotspot*

## A. PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan salah satu permasalahan yang hampir terjadi setiap tahunnya. Kekeringan bisa disebut juga sebagai bencana alam yang terjadi di Indonesia. Kekeringan merupakan permasalahan alam yang berkaitan dengan jumlah cadangan air di dalam tanah yang diperlukan untuk kebutuhan manusia dan juga kebutuhan alam.

Bencana kekeringan tidak seperti bencana lainnya yang datang secara tiba-tiba. Kekeringan dapat dikatakan sebagai bencana merangkak karena berlangsung dengan proses yang lambat sehingga sering diabaikan. Awal dan akhir dari kekeringan tidak bisa diketahui secara pasti. Ancaman kekeringan merupakan ancaman yang mengganggu setiap tahunnya.

Lahan gambut merupakan lahan yang mengandung karbon dan kadar air yang tinggi. Menurut Ratmini (2012) lahan gambut tanah gambut memiliki kadar air berkisar 100-1300% dari berat keringnya

dan akan mencapai 13 kali dari berat keringnya (*bulk density*). *Bulk density* erat kaitannya dengan kandungan mineral yang dikandung tanah. Apabila semakin tinggi *bulk density* nya maka kestabilan tanah akan semakin tinggi begitu juga sebaliknya.

Banyaknya dampak yang disebabkan oleh kekeringan dan juga waktu awal kekeringan yang tidak tetap maka diperlukan analisis indeks kekeringan. Indeks kekeringan bisa dijadikan sebagai peringatan awal akan adanya kekeringan. Analisis indeks kekeringan digunakan untuk menunjukkan derajat kekeringan suatu wilayah, dimana tingkat kekeringan suatu wilayah berbeda dengan wilayah lainnya.

. Analisis indeks kekeringan dapat dilakukan secara hidrologi yaitu dengan menggunakan data curah hujan yang cukup panjang. Data curah hujan tersebut diperoleh dari stasiun pengukur hujan. Akan tetapi, sangat sulit untuk mendapatkan data curah hujan yang cukup

panjang dikarenakan tidak semua wilayah memiliki stasiun pengukur hujan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan alternatif pengambilan data hujan menggunakan data satelit yaitu dengan menggunakan data hujan TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*).

Berbagai metode dapat dilakukan untuk menganalisa indeks kekeringan di suatu grid, salah satunya *Standardized Precipitation Indeks (SPI)*. SPI merupakan analisis indeks kekeringan yang menggunakan curah hujan sebagai data *inputnya*. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis indeks kekeringan menggunakan data hujan TRMM dengan metode SPI.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menghitung indeks kekeringan di kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau dengan menggunakan data hujan TRMM dan metode SPI.
2. Untuk mengetahui hubungan antara indeks kekeringan dengan kebakaran lahan yang terjadi.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna untuk mengatasi sedini mungkin kekeringan yang terjadi dengan memanfaatkan nilai indeks kekeringan yang didapat.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

### **1. Kekeringan**

UU No. 24 tahun 2007 mendefinisikan kekeringan adalah ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, pertanian, kegiatan ekonomi dan lain-lain. Kekeringan dapat diklasifikasikan menjadi kekeringan meteorologi, hidrologi, pertanian dan sosial ekonomi (Soentoro *et al*, 2015).

Secara detail, Sonjaya (2007) menjelaskan tentang klasifikasi kekeringan yaitu:

#### **a. Kekeringan Meteorologis**

Kekeringan meteorologis adalah kekeringan yang berkaitan dengan besaran

curah hujan yang terjadi berada di bawah kondisi normalnya pada suatu musim.

#### **b. Kekeringan Pertanian**

Kekeringan pertanian dengan berkurangnya kandungan air dalam tanah sehingga tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan air bagi tanaman pada suatu periode tertentu. Kekeringan ini biasanya terjadi setelah terjadinya gejala kekeringan meteorologis.

#### **c. Kekeringan Hidrologis**

Kekeringan hidrologis terjadi berhubungan dengan berkurangnya pasokan air permukaan dan air tanah. Kekeringan hidrologis diukur dari ketinggian muka air sungai, waduk, danau dan air tanah.

#### **d. Kekeringan Sosial Ekonomi**

Kekeringan ini terjadi berhubungan dengan berkurangnya pasokan komoditi yang bernilai ekonomi dari kebutuhan normal sebagai akibat dari terjadinya kekeringan meteorologis, pertanian dan hidrologis.

### **2. Indeks Kekeringan**

Indeks kekeringan merupakan suatu perangkat utama untuk mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi kejadian kekeringan. Kekeringan memiliki karakter multi-disiplin yang membuat tidak adanya sebuah definisi yang dapat diterima oleh semua pihak di dunia (Niemeyer, 2008).

### **3. *Standardized Precipitation Index (SPI)***

*Standardized Precipitation Index (SPI)* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis kekeringan. Metode SPI dikembangkan pada tahun 1993 oleh McKee. Tujuan dikembangkannya metode ini adalah untuk mengetahui dan memonitoring kekeringan (Muliawan *et al*, 2013).

Metode SPI banyak digunakan dalam menganalisis kekeringan. Menurut Bordi *et al* (2009) metode SPI banyak digunakan karena dapat memberikan perbandingan yang handal dan relatif mudah digunakan

pada kondisi iklim dan tempat yang berbeda.

. Bokal (2011) menambahkan bahwa metode SPI memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari metode SPI adalah sederhana dengan input hujan serta mampu menjelaskan kekeringan menggunakan skala waktu dan dapat mengidentifikasi kering dan basah dengan cara yang sama. Sedangkan kelemahan SPI adalah menggunakan seri waktu variabel hujan yang cukup panjang dan handal dan hanya dapat menjelaskan kekeringan meteorologi.

Penggunaan distribusi gamma digunakan dalam proses transformasi karena paling ideal untuk menggambarkan data historis dari data hujan. Perhitungan nilai SPI berdasarkan jumlah sebaran gamma atau distribusi gamma adalah sebagai berikut:

$$G(x) = \int_0^x g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (1)$$

Dengan:

$\alpha > 0$  adalah bentuk parameter bentuk

$\beta > 0$  adalah parameter skala

$X > 0$  adalah jumlah curah hujan (mm).

Menurut Muliawan *et al* (2013) Perhitungan SPI meliputi pencocokan fungsi kepadatan probabilitas gamma terhadap distribusi frekuensi dari jumlah curah hujan untuk setiap stasiun. Persamaan untuk mengoptimisasi estimasi nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  sebagai berikut:

$$\alpha = \bar{x} \cdot \epsilon \quad (2)$$

$$\beta = \frac{1}{\epsilon} \quad (3)$$

Dengan:

$$\bar{x} = \frac{X}{n} \quad (4)$$

$$\epsilon = \frac{\bar{x}}{s^2} \quad (5)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x-x^2)}{n-1}} \quad (6)$$

$n$  = jumlah data pengamatan curah hujan

Karena fungsi gamma tidak terdefinisi untuk  $x = 0$  maka,  $G(x)$  menjadi:

$$H(x) = q + (1 - q) \cdot G(x) \quad (7)$$

Dengan:  $q$  = jumlah kejadian hujan = 0 (m) / jumlah data (n).

Probabilitas kumulatif  $H(x)$  tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam standar random variabel  $Z$  dengan nilai rata-rata 0 dan variasi 1. Nilai yang diperoleh  $z$  tersebut merupakan nilai SPI.

Perhitungan  $Z$  atau SPI untuk  $0 < H(x) \leq 0,5$  adalah

$$Z = \text{SPI} = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (8)$$

$$\text{Dengan } t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(H(x))^2} \right)} \quad (9)$$

Perhitungan nilai SPI untuk  $0,5 < H(x) \leq 1,0$  adalah

$$Z = \text{SPI} = \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad (10)$$

$$\text{Dengan } t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{1 - (H(x))^2} \right)} \quad (11)$$

Dengan:

$$c_0 = 2,515517, c_1 = 0,802853,$$

$$c_2 = 0,010328, d_1 = 1,432788,$$

$$d_2 = 0,189269, d_3 = 0,001308$$

Nilai dalam SPI menunjukkan kondisi yang dibandingkan dengan curah hujan rata-rata. Apabila nilai SPI positif berarti menunjukkan lebih besar dari curah hujan rata-rata. Apabila nilai SPI negatif maka menunjukkan kurang dari hujan rata-rata. berdasarkan nilai SPI tingkat kekeringan dan kebasahan dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi nilai indeks SPI

Nilai SPI	Klasifikasi
>2,00	Amat sangat Basah
1,50 – 1,99	Sangat Basah
1,00 – 1,49	Cukup basah
0,99 – 0,00	Normal
0,00 – (-0,99)	Mendekati normal
-1,00 – (-1,49)	Cukup Kering
-1,50 – (-1,99)	Sangat kering
< -2,00	Amat sangat kering

Sumber: Levina *et al*, 2015

#### 4. TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)

*Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) merupakan misi satelit hasil kerjasama antara NASA (Amerika) dan JAXA (Jepang) untuk memantau hujan tropis dan sub-tropis serta untuk memperkirakan pemanasan laten.

Satelit TRMM diluncurkan pada tanggal 27 nopember 1997. Satelit TRMM diluncurkan dengan alasan bahwa alat pengukur hujan tidak tersedia secara merata di setiap tempat terutama di lautan. Alat pengukur hujan di daratan relatif hampir tersedia dan merata. Sedangkan alat pengukur hujan di atas lautan hampir tidak ada. Satelit TRMM diluncurkan dengan membawa 5 sensor utama yaitu PR, TMI, VIRS, LIS, dan CERES (Suryantoro, 2008).

Satelit TRMM menghasilkan 3 level data hujan, level 1 merupakan data yang masih berbentuk raw dan telah dikalibrasi dan dikoreksi geometrik, level 2 merupakan data yang telah memiliki gambaran parameter geofisik hujan pada resolusi spasial yang sama akan tetapi masih dalam kondisi asli keadaan hujan saat satelit melewati daerah yang direkam, dan level 3 merupakan data yang telah memiliki nilai-nilai hujan, khususnya kondisi hujan bulanan yang telah memiliki nilai-nilai hujan, khususnya kondisi hujan bulanan yang merupakan penggabungan

dari kondisi hujan dari level 2 (Feidas, 2010).

#### 5. Kebakaran Lahan Gambut

Kebakaran di lahan gambut biasanya diawali dengan penyulutan api di atas permukaan tanah. Api akan bergerak ke segala arah, bawah permukaan, kiri, kanan, depan dan belakang. Penjalaran api ke bawah permukaan gambut dipengaruhi kadar air lapisan gambut dan tidak dipengaruhi oleh angin (Saharjo dan Syaufina, 2015). Kebakaran gambut dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik karakteristik gambut maupun cuaca, yaitu kadar air gambut, tinggi muka air maupun curah hujan.

#### 6. Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana merupakan suatu aktivitas yang berperan sebagai tindakan pengurangan dampak bencana, atau usaha-usaha yang dilakukan untuk mengurangi korban ketika bencana terjadi, baik korban jiwa maupun harta

#### 7. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem atau teknologi berbasis komputer yang dibangun dengan tujuan untuk menyimpan, mengumpulkan, mengolah dan menganalisa serta menyajikan data-data dan informasi dari objek-objek atau fenomena yang berkaitan dengan letak atau keberadaannya di permukaan bumi.

### C. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi Penelitian ini terdiri dari lokasi penelitian, pengumpulan data dan pengolahan data.

#### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang di jadikan sebagai daerah penelitian adalah di Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau.

#### 2. Pengumpulan Data

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Curah Hujan

TRMM GSDMap dan Data Kebakaran Lahan (*Hotspot*) yang diperoleh dari website [www.fires.globalforestwatch.org](http://www.fires.globalforestwatch.org) dari tahun 2009 – 2016.

### 3. Pengolahan Data

#### a. Pembagian Grid Kecamatan Bukit Batu

Pembagian Grid Bukit Batu menjadi beberapa grid menggunakan *software* ArcGIS. Kecamatan Bukit Batu dibagi menjadi 23 grid mulai dari grid BB1 sampai dengan BB23 dengan besar grid  $0,1^0 \times 0,1^0$ . Adapun tahapan pembagian grid menggunakan *software* ArcGIS adalah Sebagai berikut:

##### a) Melakukan pemotongan peta Kecamatan Bukit Batu.

Pemotongan peta Kecamatan Bukit Batu dilakukan dengan mendigitasi peta Kecamatan Bukit Batu dari Peta Kabupaten Bengkalis. Adapun tahapannya ialah *catalogue => new => Shapefile => create new shape file, ganti name, feature type dan description => ok => start editing digitasi\_bukitbatu => create features => construction tools (polygon) => save editing.*

##### b) Membuat grid-grid peta Kecamatan Bukit Batu.

Adapun tahapannya ialah *tool Geoprocessing => Arctoolbox => feature class => create fishnet => ok.*

#### b. Pengolahan Data Hujan TRMM

Data curah hujan TRMM yang diperoleh dari *software* Filezilla FTP

*Client* berupa data *archive* yang perlu di *extract* terlebih dahulu. Data curah hujan yang telah di *extract* kemudian di *running* menggunakan *command prompt*.

#### c. Perhitungan Nilai SPI

Perhitungan nilai SPI dilakukan pada kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis yang telah dibagi menjadi 23 grid. Perhitungan nilai SPI pada penelitian ini dilakukan pada 2 periode yaitu Perhitungan SPI periode 2 minggu dan perhitungan SPI bulanan.

#### d. Pengolahan Data *Hotspot*

Data *Hotspot* yang telah didownload merupakan data rekaman titik kebakaran satu Indonesia. Oleh karena itu, sebelum diolah data tersebut dipotong terlebih dahulu sesuai dengan grid. Adapun tahapan pemotongannya ialah:

Pilih *tool geoprocessing => clip => ok.*

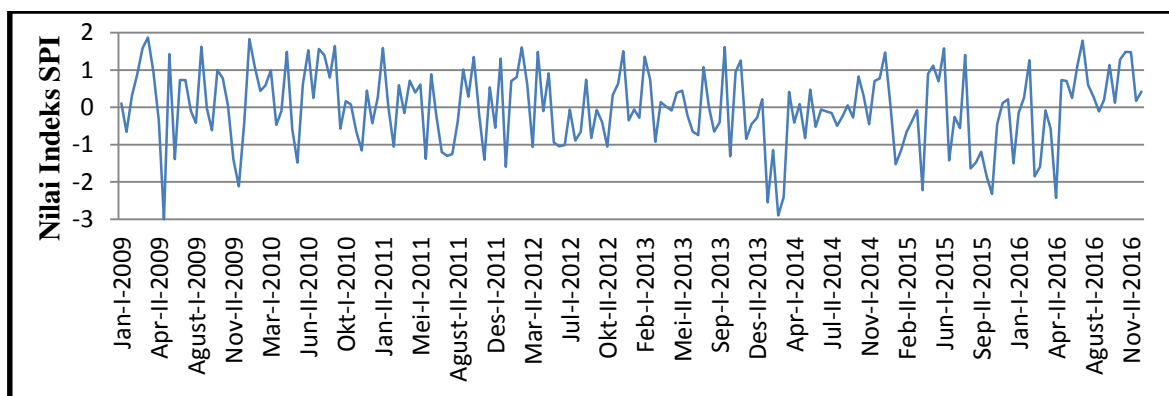
#### e. Pemetaan Indeks Kekeringan

Pemetaan indeks kekeringan menggunakan *software* ArcGIS dengan langkah sebagai berikut: Klik kanan pada *layer => properties => symbologi => categories* Setelah menu *layer properties* terbuka, maka pilih *value field => pilih warna => ok.*

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Analisis Indeks Kekeringan Per 2 minggu

Gambar 1 merupakan grafik hasil perhitungan SPI pada grid BB7 dengan metode SPI per 2 minggu.



Gambar 1 . Grafik Nilai Indeks Kekeringan SPI Periode 2 minggu BB7

Berdasarkan gambar 1 dapat diketahui nilai SPI minimum tiap tahunnya dan tingkat kekeringannya.

Tabel 2 . Tingkat Kekeringan Grid BB7

Tahun	Nilai SPI minimum	Bulan	Tingkat Kekeringan
2009	-3.006595918	Mei I	Amat Sangat Kering
2010	-1.487419041	Mei II	Cukup Kering
2011	-1.40527017	nov I	Cukup Kering
2012	-1.59214822	Jan I	Sangat Kering
2013	-1.314890698	Okt I	Cukup Kering Amat Sangat Kering
2014	-2.900608327	Feb II	Amat Sangat Kering
2015	-2.324358446	Okt II	Amat Sangat Kering
2016	-2.432007774	Apr II	Amat Sangat Kering

Sumber: Hasil Perhitungan

## 2. Analisis Indeks Kekeringan Bulanan

Dari perhitungan yang telah dilakukan pada grid BB7 diperoleh

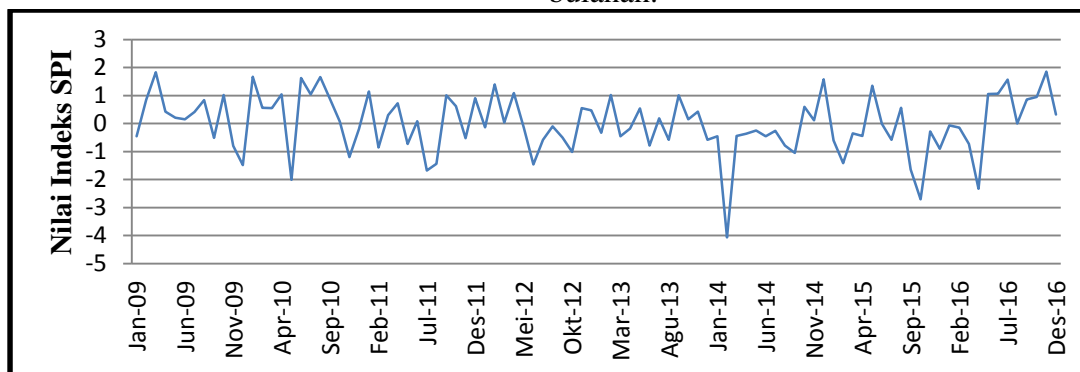
rekapitulasi nilai SPI minimum setiap tahunnya.

Tabel 3. Tingkat Kekeringan Grid BB7 Metode SPI bulanan

Tahun	Nilai SPI minimum	Bulan	Tingkat Kekeringan
2009	-1.488810769	Desember	Cukup Kering
2010	-2.010647453	Mei	Amat Sangat Kering
2011	-1.673112903	Juli	Sangat Kering
2012	-1.456115262	Juni	Cukup Kering
2013	-0.790228901	Juni	Normal
2014	-4.070656127	Februari	Amat Sangat Kering
2015	-2.703848671	Oktober	Amat Sangat Kering
2016	-2.331229062	April	Amat Sangat Kering

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil Perhitungan nilai SPI pada grid BB7 dengan Metode bulanan ditampilkan dalam bentuk grafik. Gambar 2 merupakan grafik nilai SPI pada grid BB7 dengan metode bulanan.



Gambar 2. Grafik Nilai Indeks Kekeringan SPI bulanan BB7

## 3. Korelasi Indeks Kekeringan dan Hotspot.

### a. Korelasi SPI Periode 2 Minggu dan hotspot

Berdasarkan hasil perhitungan indeks kekeringan dan tingkat kekeringan yang telah didapat maka

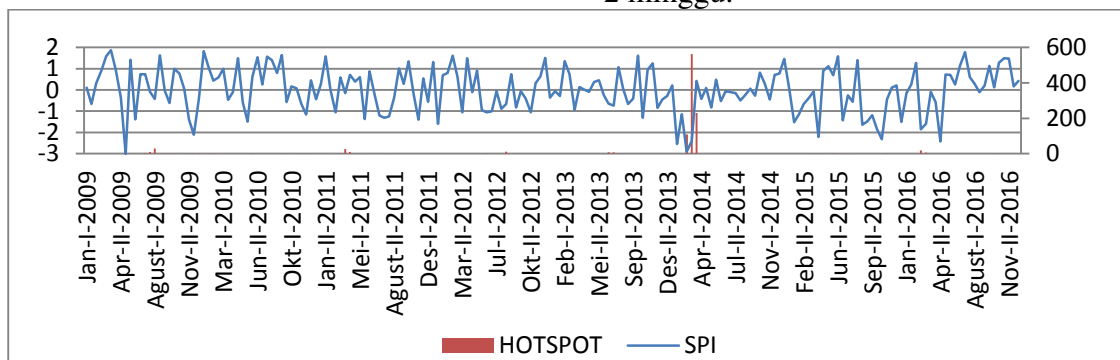
dibuat grafik yang menunjukkan korelasi antara indeks kekeringan dengan jumlah hotspot.

Jumlah titik hotspot tertinggi terjadi pada grid BB7 pada bulan maret pada periode 15 hari pertama dengan jumlah titik hotspot 562 titik.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai SPI Periode 2 minggu pada grid BB7 bulan Maret 2014 didapatkan tingkat kekeringan “amat sangat kering”. Hal ini menunjukkan adanya korelasi antara tingkat kekeringan dengan jumlah titik *hotspot* pada bulan maret 2014 grid BB7.

Dampak yang disebabkan oleh kebakaran di Kecamatan Bukit Batu pada bulan maret 2014 terjadinya kabut asap yang cukup tebal di Pekanbaru

Gambar 3 merupakan grafik korelasi nilai SPI dengan kebakaran lahan (*hotspot*) dengan metode SPI per 2 minggu.



Gambar 3. . Indeks Kekeringan pada Grid BB7 Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau Tahun 2009 – 2016 Periode 2 Minggu

b. Korelasi SPI bulanan dan *Hotspot*

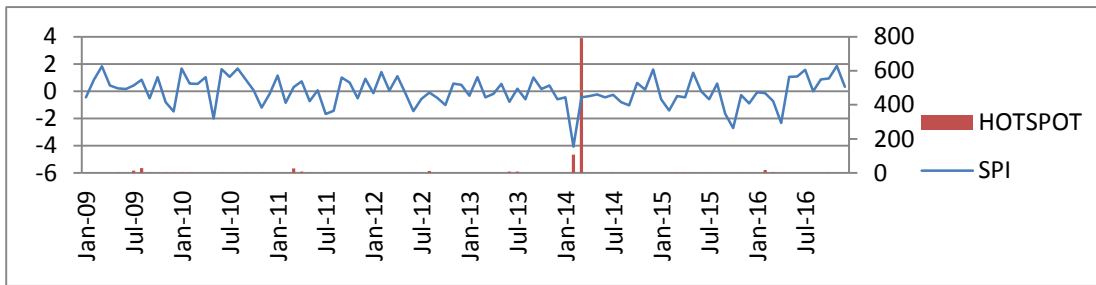
Jumlah titik *hotspot* tertinggi terjadi pada grid BB7 dengan jumlah titik *hotspot* 792 titik *hotspot*.

Berdasarkan hasil perhitungan SPI bulanan tingkat kekeringan pada bulan maret 2014 ialah normal. Hal ini menunjukkan tidak terjadinya korelasi antara nilai SPI dengan jumlah *hotspot* yang ada.

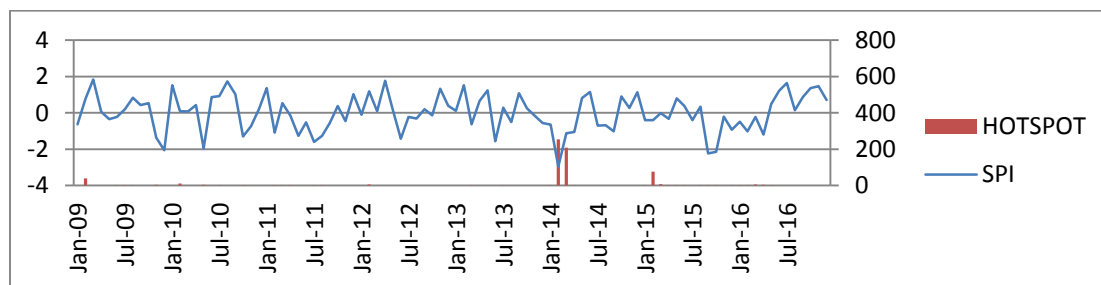
Pada grid BB20 jumlah titik *hotspot* pada bulan Februari 2014 ialah 254 titik. Berdasarkan hasil perhitungan nilai SPI didapatkan tingkat kekeringan amat sangat kering. Hal ini menunjukkan bahwa pada Grid BB20 terjadinya korelasi antara nilai SPI dengan jumlah *hotspot* yang ada.

Tidak terjadinya korelasi antara titik *hotspot* dengan nilai SPI yang ada bisa disebabkan oleh berbagai hal. Pada grid BB7 bulan Maret 2014 terdapat titik *hotspot* yang sangat banyak tetapi tingkat kekeringan normal sedangkan pada bulan sebelumnya (Februari 2014) tingkat kekeringan amat sangat kering dengan jumlah titik *hotspot* yang lebih sedikit. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jumlah titik *hotspot* pada bulan Maret 2014 dipengaruhi oleh tingkat kekeringan bulan sebelumnya.

Gambar 4 dan 5 merupakan grafik korelasi indeks kekeringan dan titik *hotspot* pada grid BB7 dan grid BB20.



Gambar 4. Indeks Kekeringan pada Grid BB7 Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau Tahun 2009 – 2016 Periode Bulanan.



Gambar 5. Indeks Kekeringan pada Grid BB20 Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau Tahun 2009 – 2016 Periode Bulanan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan metode SPI periode 2 minggu, didapatkan hasil tingkat kekeringan cukup kering s/d amat sangat kering setiap tahunnya. Sedangkan hasil perhitungan metode SPI bulanan, didapatkan hasil tingkat kekeringan normal pada tahun 2013, sedangkan pada tahun lainnya tingkat kekeringan yang didapatkan cukup kering s/d amat sangat kering.

Berdasarkan hasil korelasi antara tingkat kekeringan dan *hotspot* diketahui bahwa korelasi tingkat kekeringan menggunakan metode SPI per 2 minggu lebih mendekati dibandingkan dengan metode SPI bulanan.

### 2. Saran

penelitian berikutnya dapat mencoba menganalisis indeks kekeringan dengan data yang lebih panjang dan melakukan penelitian pada daerah yang berbeda.

## E. DAFTAR PUSTAKA

Administrator. (2016, September 24). *Presitipasi dari Data TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)*. Retrieved Februari 3, 2017, from Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca: <http://wxmod.bppt.go.id/>

Bambang Hero Saharjo, L. S. (2015). *Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut (Presentasi Power Point)*. Retrieved from IPN toolbox Tema C3 Subtema C3: [www.cifor.org/ipn-toolbox](http://www.cifor.org/ipn-toolbox)

Bengkalis, T. I. (2017, Februari 3). *Letak Geografis Kecamatan Bukit Batu Bengkalis*. Retrieved Februari 3, 2017, from <http://camatbukitbatu.bengkaliskab.go.id/>

Bordi I, F. K. (2009). Observed drought and wetness trends in Europe: an update. *Hydrological and Earth System Sciences*, 1519-1530.



- Edy Anto Soentoro, L. W. (2015). Kajian Koefisien Koreksi Indeks Kekeringan Menggunakan Basis Data Satelit TRMM dan Hujan Lapangan. *Jurnal Teknik Sipil* , 137-146.
- Ekadinata, A. (2011). *SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam*. Malang: PT. Bumi Pertiwi.
- Feidas H, G. A. (2010). Identifying precipitating clouds in Greece using multispectral infrared Meteosat Second Generation satellite data. *Theoretical and Applied Climatology* .
- Hadi Muliawan, D. H. (2013). ANALISA INDEKS KEKERINGAN DENGAN METODE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) DAN SEBARAN KEKERINGAN DENGAN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) PADA DAS NGROWO. 1-9.
- Hatmoko, W. (2012). Indeks Kekeringan Hidrologi Untuk Alokasi Air di Indonesia.
- I Wayan Nuarsa, I. W.-s. (2015). PEMETAAN DAERAH RAWAN KEKERINGAN DI BALI-NUSATENGGERA DAN HUBUNGANNYA DENGAN ENSO MENGGUNAKAN APLIKASI DATA PENGINDERAAN JAUH. *Jurnal Bumi Lestari* , 20-30.
- Levinaa, W. H. (2016). Comparison of TRMM satellite rainfall and APHRODITE fordrought analysis in the Pemali-Comal River Basin. *Procedia Environmental Sciences* , 187-195.
- Niemeyer, S. (2008). New Drought Indices. *Water Management* , 267-274.
- Noname. (2010). *Pusat Pendidikan Mitigasi Bencana (P2MB) UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA*. Retrieved Februari 3, 2017, from <http://p2mb.geografi.upi.edu/>
- PARDEDE, E. D. (2010). *PEMETAAN SEBARAN SUHU PERMUKAAN DAN HUBUNGANNYA TERHADAP PENUTUPAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN DATA CITRA SATELIT LANDSAT TM 5 (Studi Kasus: Kota Medan dan Kabupaten Deli Serdang)*. Skripsi Pada Universitas Sumatera Utara.
- Rahmayanti, M. (2007). Kontribusi Kebakaran Lahan Gambut Terhadap Pemanasan Global. *Kaunia* , 101-117.
- Ratmini, N. S. (2012). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Gambut untuk Pengembangan Pertanian. *Jurnal Lahan Suboptimal* , 197 - 206.
- Sonjaya, I. (2007). ANALISA STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX ( SPI ) DI KALIMANTAN SELATAN. 1-20.
- Suryantoro, A. (2008). RADAR PRESIPITASI SATELIT TRMM UNTUK PEMANTAUAN CURAH HUJAN SAAT SIKLON TROPIS. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi* , 7-17.