

**ANALISIS DATA TITIK API DAN CURAH HUJAN WILAYAH PULAU  
SUMATRA MENGGUNAKAN METODE *COMBINED EMPIRICAL  
ORTHOGONAL FUNCTION* (CEOF) BERBASIS *SINGULAR VALUE  
DECOMPOSITION* (SVD)**

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh  
**SITI RIA RIQMAWATIN**  
**H02216016**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : SITI RIA RIQMAWATIN

NIM : H02216016

Program Studi : Matematika

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "ANALISIS DATA TITIK API DAN CURAH HUJAN WILAYAH PULAU SUMATRA MENGGUNAKAN METODE *COMBINED EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION* (CEOF) BERBASIS *SINGULAR VALUE DECOMPOSITION* (SVD)". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 18 Februari 2020

Yang menyatakan,  
  
SITI RIA RIQMAWATIN  
NIM. H02216016

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

Nama : SITI RIA RIQMAWATIN

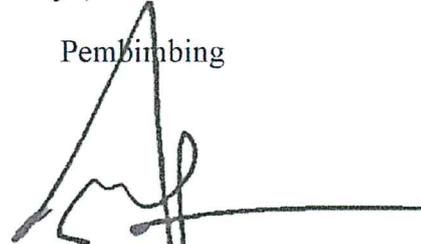
NIM : H02216016

Judul Skripsi : ANALISIS DATA TITIK API DAN CURAH HUJAN  
WILAYAH PULAU SUMATRA MENGGUNAKAN  
METODE *COMBINED EMPIRICAL ORTHOGONAL  
FUNCTION* (CEOF) BERBASIS *SINGULAR VALUE  
DECOMPOSITION* (SVD)

telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 18 Februari 2020

Pembimbing



Ahmad Lubab, M.Si

NIP. 198111182009121003

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

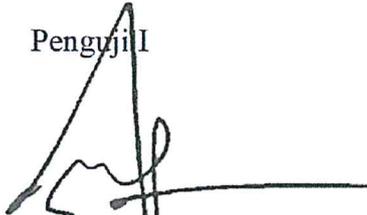
Skripsi oleh

Nama : SITI RIA RIQMAWATIN  
NIM : H02216016  
Judul Skripsi : ANALISIS DATA TITIK API DAN CURAH HUJAN  
WILAYAH PULAU SUMATRA MENGGUNAKAN  
METODE *COMBINED EMPIRICAL ORTHOGONAL  
FUNCTION* (CEOF) BERBASIS *SINGULAR VALUE  
DECOMPOSITION* (SVD)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 10 Maret 2020

Mengesahkan,  
Tim Penguji

Penguji I



Ahmad Lubab, M.Si  
NIP. 198111182009121003

Penguji II



Wika Dianita Utami, M.Sc  
NIP. 199206102018012003

Penguji III



Yuniar Farida, MT  
NIP. 197905272014032002

Penguji IV



Nurissaidah Ulinuha, M.Kom  
NIP. 199011022014032004

Mengetahui,  
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag  
NIP. 197312272005012003



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**  
**PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

---

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : SITI RIA RIQMAWATIN  
NIM : H02216016  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / MATEMATIKA  
E-mail address : riariqma@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi     Tesis     Desertasi     Lain-lain (.....)  
yang berjudul :

ANALISIS DATA TITIK API DAN CURAH HUJAN WILAYAH PULAU  
SUMATRA MENGGUNAKAN METODE COMBINED EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION  
(CEOF) BERBASIS SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 18 Februari 2020

Penulis

( SITI RIA RIQMAWATIN )  
*nama terang dan tanda tangan*







2.8. Kondisi Curah Hujan dan Titik Api Pulau Sumatra	22
2.9. Matriks	23
2.9.1. Matriks Identitas	24
2.9.2. Matriks Diagonal	24
2.9.3. Perkalian Matriks	25
2.9.4. Matriks Transpose	25
2.9.5. Determinan Matriks	26
2.9.6. Matriks Invers	27
2.9.7. Matriks Singular	28
2.9.8. Matriks Non Singular	28
2.9.9. Partisi Matriks	28
2.9.10. Matriks Ortogonal	29
2.10. Vektor	30
2.10.1. Vektor Baris dan Kolom	30
2.10.2. Ruang Vektor	31
2.10.3. Kombinasi Linear	32
2.10.4. Merentang	32
2.10.5. Bebas Linear	33
2.10.6. Bergantung Linear	33
2.10.7. Basis	33
2.11. Nilai Eigen dan Vektor Eigen	33
2.12. Ortogonalitas	34
2.12.1. Ortogonal	34
2.12.2. Hasil Kali Skalar	34
2.13. Matriks Data dan Matriks Koragam	34
2.14. <i>Combined Empirical Orthogonal Function (CEOF)</i>	35
2.15. Singular Value Decomposition (SVD)	36
2.15.1. SVD secara analitik	36
2.15.2. SVD secara pendekatan numerik	36
2.16. <i>Detrend</i>	43

2.17. <i>Z-score</i> . . . . .	44
<b>III METODE PENELITIAN</b> . . . . .	<b>45</b>
3.1. Jenis dan Sumber Data . . . . .	45
3.2. Pengumpulan Data . . . . .	45
3.3. Tahapan Penelitian . . . . .	47
3.3.1. Persiapan Alat Uji Coba . . . . .	47
3.3.2. Ekstraksi Data . . . . .	49
3.3.3. Reduksi Matriks Data Gabungan Titik Api dan Curah Hujan menggunakan Metode <i>Combined Empirical Orthogonal Function</i> (CEOF) Berbasis <i>Singular Value Decomposition</i> (SVD) . . . . .	55
3.3.4. Interpretasi Hasil Reduksi Gabungan Data Secara Spasial dan Temporal . . . . .	58
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> . . . . .	<b>60</b>
4.1. Hasil Ekstraksi Data Titik Api dan Curah Hujan Wilayah Pulau Sumatra . . . . .	60
4.1.1. Hasil Pengolahan Data Titik Api TERRA/AQUA MODIS ( <i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers</i> ) . . . . .	60
4.1.2. Hasil Pengolahan Data Curah Hujan TRMM ( <i>Tropical Rainfall Measuring Mission</i> ) 3B43 . . . . .	63
4.2. Hasil Pereduksian Matriks Data Gabungan Titik Api dan Curah Hujan Wilayah Pulau Sumatera Menggunakan Metode <i>Combined Empirical Orthogonal Function</i> (CEOF) Berbasis <i>Singular Value Decomposition</i> (SVD) . . . . .	65
4.2.1. Hasil Pereduksian Matriks Data Tanpa Standarisasi . . . . .	66
4.2.2. Hasil Pereduksian Matriks Data dengan Standarisasi <i>Detrend</i> . . . . .	69
4.2.3. Hasil Pereduksian Matriks Data dengan Standarisasi <i>Z-Score</i> . . . . .	74
4.3. Analisa Pola Spasial dan Temporal Titik Api dan Curah Hujan Wilayah Pulau Sumatra dengan Tanpa Standarisasi, Standarisasi <i>Detrend</i> , dan Standarisasi <i>Z-score</i> . . . . .	79
4.3.1. Analisa Pola Spasial dan Temporal Titik Api dan Curah Hujan Wilayah Pulau Sumatra Tanpa Standarisasi . . . . .	80







4.10 Pola spasial (a) titik api dan (b) curah hujan dengan standarisasi	
<i>detrend</i> dan SCF 15,06%	86
4.11 Pola temporal (a) titik api dan (b) curah hujan dengan standarisasi	
<i>detrend</i> dan SCF 15,06%	87
4.12 Pola spasial (a) titik api dan (b) curah hujan dengan standarisasi	
<i>z-score</i> dan SCF 79,63%	88
4.13 Pola temporal (a) titik api dan (b) curah hujan dengan standarisasi	
<i>z-score</i> dan SCF 79,63%	89
4.14 Pola spasial (a) titik api dan (b) curah hujan dengan standarisasi	
<i>z-score</i> dan SCF 12,12%	90
4.15 Pola temporal (a) titik api dan (b) curah hujan dengan standarisasi	
<i>z-score</i> dan SCF 12,12%	91







SWT karena dapat menyebabkan kebakaran hutan dan lahan. Kejadian kebakaran hutan dan lahan dapat menimbulkan dampak yang cukup serius.

Dampak yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dan lahan meliputi kerusakan-kerusakan dan kerugian di berbagai aspek, seperti kesehatan, ekonomi, wisata, penerbangan, ekologi, maupun politik. Kebakaran hutan dalam segi ekonomi dapat menyebabkan hilangnya hasil hutan berupa kayu dan hasil hutan lainnya, terganggunya kegiatan ekonomi dalam sektor perdagangan, pariwisata, transportasi atau penerbangan, perkebunan, dan lainnya. Sedangkan kebakaran hutan dalam segi ekologi dapat menyebabkan terganggunya proses dekomposisi, suksesi alami, siklus unsur hara, siklus hidrologi, produksi bahan organik, dan pembentukan tanah. Selain itu juga dapat mengganggu peranan dari hutan sebagai pengatur iklim dan penyerap karbon serta dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati dan ekosistem yang berada di dalam hutan (Hunawan, 2016).

Kebakaran hutan juga menimbulkan asap yang mengandung berbagai gas dan partikel yang berbahaya sehingga dapat menyebabkan terganggunya sistem transportasi laut, darat, dan udara serta menyebabkan masyarakat sekitarnya mengalami gangguan penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA) selama terjadinya kebakaran maupun setelahnya (Prayoga dkk., 2017). Asap dari kebakaran hutan dan lahan tersebut biasanya terlihat seperti awan yang bergumpal berwarna putih keabu-abuan, kecoklatan, atau bisa jadi kehitam-hitaman. Semakin gelap asap dari kebakaran hutan dan lahan maka semakin besar konsentrasi bahan pencemarnya. Walaupun begitu, asap putih yang sudah terakumulasi di udara juga dapat menimbulkan dampak negatif (Syaufina dkk., 2018).

Asap kebakaran hutan dan lahan juga dapat mengurangi jumlah wisatawan asing secara signifikan sehingga dapat menyebabkan berkurangnya pendapatan

dalam sektor pariwisata nasional maupun daerah (Solichin dkk., 2007). Asap dari kebakaran hutan yang terjadi di Indonesia biasanya menyebar hingga ke negara tetangga. Hal tersebut sudah menjadi perhatian masyarakat luas baik masyarakat nasional maupun masyarakat Internasional (Handayani dkk., 2014).

Adapun salah satu wilayah yang berpotensi terjadinya kebakaran di Indonesia yaitu Pulau Sumatra. Kebakaran hutan dan lahan gambut di Pulau Sumatra, umumnya terjadi karena kegiatan manusia di dalam hutan yang memicu timbulnya api. Kebakaran tersebut didukung juga dengan kondisi curah hujan yang rendah secara berkepanjangan sehingga mengakibatkan kemarau yang panjang. Kondisi kemarau yang panjang tersebut dapat mengakibatkan lahan gambut kering dan meningkatnya jumlah titik api sehingga memicu terjadinya kebakaran di lahan gambut. Kebakaran hutan dan lahan gambut di Pulau Sumatra yang terjadi setiap tahunnya dapat menimbulkan berbagai dampak negatif yang menandakan perlu adanya penanggulangan dan pencegahan dalam meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari kebakaran hutan tersebut (Rahardian dkk., 2016).

Penanggulangan dan pencegahan dalam rangka meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dapat dilakukan pendeteksian titik api pada suatu wilayah dengan bantuan teknologi penginderaan jauh melalui pengolahan data dengan menggunakan algoritma tertentu. Pengolahan data tersebut menghasilkan informasi tentang suhu permukaan darat sehingga citra sensor satelit penginderaan jauh dapat mengetahui sebaran titik api (*hotspot*) yang menunjukkan adanya kejadian kebakaran hutan pada suatu area (Widodo dkk., 2017). Data titik api yang diperoleh dari satelit penginderaan jauh tersebut merupakan salah satu indikator pemicu terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Selain itu, data curah hujan juga menjadi indikator pemicu terjadinya kebakaran hutan dan lahan (Syaufina dan Hafni, 2018).

Curah hujan merupakan unsur iklim yang menjadi salah satu faktor alami yang menyebabkan terjadinya kebakaran hutan dan lahan karena kondisi iklim dapat mempengaruhi kecepatan penyebaran api, banyaknya oksigen, serta kelembaman bahan bakar permukaan (Syaufina dan Hafni, 2018). Kebakaran hutan dan lahan gambut rawan terjadi pada musim kemarau dimana pada saat itu kondisi dari curah hujan sangat rendah dan intensitas panasnya matahari juga tinggi. Kebakaran akan mulai berkurang disaat mulai turun hujan pada bulan-bulan tertentu walaupun terkadang beberapa hari tidak turun hujan yang dapat memungkinkan terjadinya pengeringan bahan bakar sehingga bisa juga terjadi kebakaran. Peristiwa kebakaran hutan akan menurun apabila musim hujan terjadi secara terus menerus atau stabil, dimana pada setiap harinya akan turun hujan. Pada kondisi tersebut bahan bakar akan mempunyai kadar air yang tinggi sehingga sulit untuk terbakar akibat hutan dan lahan gambut yang tergenang oleh air. Oleh karena itu, data curah hujan diperlukan menjadi indikator yang paling utama sebagai pemicu terjadinya kebakaran hutan dan lahan (Adinugroho dkk., 2004).

Data titik api dan curah hujan memiliki keterkaitan dalam mengetahui wilayah yang berpotensi kebakaran hutan. Titik panas *hotspot* merupakan hasil deteksi bahwa suatu wilayah memiliki suhu yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu sekitarnya berdasarkan ambang batas suhu tertentu. Wilayah tersebut direpresentasikan pada suatu titik dalam koordinat tertentu. Semakin banyak titik panas di suatu wilayah maka semakin tinggi pula potensi terjadinya kebakaran hutan di wilayah tersebut (Roswintiarti, 2016). Data titik api inilah yang menjadi indikator kebakaran hutan yang dapat digunakan untuk mendeteksi kebakaran hutan dan lahan di suatu wilayah dengan cepat. Salah satu teknologi penginderaan jauh yang digunakan untuk pemantauan titik api *hotspot* yaitu sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dari satelit TERRA dan

AQUA. Satelit TERRA MODIS merupakan satelit pengamat lingkungan yang dapat digunakan untuk mengekstraksi data suhu permukaan yang bersifat regional (Prasasti dkk., 2007)

Data titik api dan data curah hujan memiliki dimensi matriks yang cukup besar sehingga sulit untuk dianalisis lebih lanjut. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu cara yang bisa dilakukan yaitu dengan mereduksi dimensi matriks data tersebut yang dikenal dengan sebutan analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*) atau bisa juga dikenal dengan sebutan analisis *Empirical Orthogonal Function* (EOF). Analisis EOF merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu himpunan data yang memiliki dimensi cukup besar dengan mereduksi dimensi matriks dari himpunan data tersebut menjadi lebih kecil (Lestari dkk., 2016).

Salah satu teknik perluasan *Empirical Orthogonal Function* (EOF) yang sering digunakan untuk penelitian yaitu teknik *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF). Metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) ini mengidentifikasi variabilitas bersama antara dua variabel yaitu data titik api dan data curah hujan dalam menentukan pola-pola dominan pada masing-masing data tersebut baik secara spasial maupun temporal. Pada analisis pola spasial dan pola temporal dari masing-masing data digunakan mode yang dihasilkan dari reduksi kedua data menggunakan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) (Bjornsson and Venegas, 1997).

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan metode SVD dilakukan oleh I. L. Lestari, S. Nudiarti, dan A. Sopaheluwakan dengan judul “Analisis *Empirical Orthogonal Function* (EOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) pada Data Curah Hujan di Indonesia”. Penelitian ini melakukan analisa pada data curah

hujan TRMM 3B43 bulanan untuk wilayah Indonesia selama 214 bulan serta menghitung nilai kesalahan dari hasil reduksi data. Analisa data curah hujan tersebut menghasikan lima mode EOF yang dapat menjelaskan 90,03% dari total varians. Mode EOF pertama dan terbesar menjelaskan 30,68% dari total varians yang mewakili hampir seluruh data sedangkan mode EOF kedua sampai kelima masing-masing menjelaskan 19,89%, 16,82%, 11,43%, dan 11,19% dari total varians. Perhitungan nilai kesalahan dari hasil reduksi data digunakan teknik *error norm* matriks dimana semakin banyak mode EOF yang digunakan maka nilai kesalahannya akan semakin kecil. (Lestari dkk., 2016).

Penelitian lainnya dilakukan oleh S. Nurdiati, A. Sopaheluwakan, A. Agustina, dan P. Septiawan dengan judul “*Multivariate analysis on Indonesian forest fire using combined empirical orthogonal function and covariance matrices*”. Hasil dari penelitian tersebut yaitu pola spasial dan pola temporal emisi karbon GFED dan curah hujan TRMM 3B43 . Pola spasial menunjukkan bahwa Kalimantan, Sumatra dan Papua sebagai daerah dominan terjadinya kebakaran pada tahun 1998, 2002, 2006, 2009, dan 2015. Pola temporal menunjukkan bahwa kebakaran hutan di Indonesia dominan terjadi pada bulan di akhir tahun dari Juni hingga oktober (Nurdiati dkk., 2019). Penelitian-penelitian tersebut menggunakan metode SVD karena dapat mengatasi masalah data yang memiliki dimensi matriks yang cukup besar dengan mereduksi data tersebut dengan mempertahankan sebanyak mungkin variansi dari data.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan mengidentifikasi wilayah dominan titik api dan curah hujan untuk wilayah Pulau Sumatra. Metode yang digunakan untuk menganalisa data titik api maupun data curah hujan dalam mengetahui wilayah dominan yaitu metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (EOF) berbasis *Singular Value*

*Decomposition* (SVD) dengan beberapa pendekatan numerik yaitu standarisasi *detrend*, standarisasi *z-score*, dan tanpa standarisasi. Penelitian ini menggunakan metode SVD tersebut karena dapat mengatasi data titik api dan curah hujan yang memiliki dimensi matriks yang cukup besar tanpa menghapus informasi penting dari kedua data. Pendekatan SVD menggunakan CEOF digunakan untuk menghasilkan mode dominan yang dapat menjelaskan variabilitas bersama antara data titik api dan data curah hujan di wilayah Pulau Sumatera. Mode dominan yang diperoleh dari reduksi data dengan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (EOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) dengan standarisasi *detrend*, standarisasi *z-score*, dan tanpa standarisasi selanjutnya digunakan untuk mengetahui pola spasial dan temporal dari kedua data.

Pola spasial dan pola temporal dari kedua data dapat menunjukkan wilayah dan waktu terjadinya kejadian titik api tertinggi dengan tingkat curah hujan yang rendah di wilayah Pulau Sumatra. Hasil dari pola spasial dan pola temporal data titik api dan curah hujan dengan beberapa pendekatan numerik dibandingkan untuk mengetahui pendekatan terbaik diantara ketiganya dengan menganalisa pendekatan manakah yang dapat menggambarkan secara mudah wilayah dan waktu kejadian titik api tertinggi dengan tingkat curah hujan yang rendah di wilayah Pulau Sumatra. Penelitian yang dilakukan dengan menganalisa data titik api dan curah hujan dengan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (EOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) dalam penentuan daerah dominan titik api dan curah hujan tersebut diharapkan dapat mengurangi atau mencegah kemungkinan terjadinya kebakaran hutan dan lahan dalam suatu wilayah sehingga dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan akibat kebakaran hutan dan lahan tersebut.





## 1.6. Sistematika Penulisan

Pada penulisan proposal skripsi ini, sistematika penulisan yang digunakan sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai permasalahan apa saja yang menjadi latar belakang penelitian, yaitu. Selain itu, bab ini juga menjelaskan mengenai rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai teori-teori yang memiliki keterkaitan dan mendukung dalam menyelesaikan permasalahan penelitian ini. Beberapa teori-teori yang terkait dengan topik penelitian ini antara lain penjelasan tentang kebakaran hutan dan lahan, titik api (*hotspot*), curah hujan, kondisi curah hujan dan titik api Pulau Sumatra, matriks, vektor, ortogonalitas, matriks data dan matriks koragam, metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (EOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD).

### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan proses penelitian yang dimulai dari proses pencarian dan pengumpulan data. Selain itu, dijelaskan juga tahapan pengolahan data yang telah diperoleh untuk mendapatkan hasil dari suatu penelitian. Bab ini biasanya terdiri dari jenis penelitian, subjek penelitian, data penelitian, teknik analisis data, dan lainnya sesuai dengan kebutuhan penelitian. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang meliputi hasil pengolahan data titik api dan curah hujan, hasil pereduksian matriks data titik











**Gambar 2.3 Api permukaan**

(Akbar, 2016)

### 3. Kebakaran tajuk (*crown fire*)

Kebakaran tajuk (*crown fire*) merupakan kebakaran yang apinya membakar bagian tajuk pohon atau bagian atas pohon. Jika kebakaran ini terjadi pada daun yang rapat dan mudah terbakar, maka akan terjadi kebakaran tajuk yang parah. Kebakaran tajuk sangat mudah terjadi pada tanaman yang berdaun jarum karena pada bagian-bagian pohon tersebut mengandung banyak resin.



**Gambar 2.4 Api tajuk**

(Akbar, 2016)

### 2.3. Penyebab Kebakaran Hutan

Menurut Wahyu (2004), kebakaran hutan dan lahan di Indonesia 99,9% umumnya terjadi secara non alami atau akibat aktivitas manusia dan sisanya 0,1%

disebabkan secara alami yaitu larva gunung api, petir, dan gesekan antar pohon. Sambaran petir dan gesekan antar pohon bisa menyebabkan kebakaran hutan dan lahan jika hutan mengalami kekeringan akibat kemarau yang panjang (Adinugroho dkk., 2004).

Petir yang menyebabkan kebakaran yaitu petir panas yang memiliki arus tegangan lebih sedikit, akan tetapi menyerang berulang kali dalam jangka waktu yang lama. Dengan demikian, petir panas menjadi salah satu penyebab kebakaran dengan menyambar pohon, batu, kabel listrik, atau hal lainnya yang dapat menimbulkan api. Selain itu, larva letusan gunung api yang dikeluarkan dari magma panas yang berada di kerak bumi biasanya mengalir ke tempat-tempat terdekat atau tanah sehingga dapat memulai kebakaran. Hal ini biasanya terjadi di sekitar hutan yang berada di sekitar gunung berapi (Aryani dan Yulianti, 2012).

Kebakaran hutan dan lahan yang disebabkan oleh aktivitas manusia bisa terjadi secara sengaja maupun tidak sengaja. Kebakaran secara sengaja dapat dirinci sebagai berikut (WHO, 2016):

1. Konversi lahan atau pembukaan lahan

Kebakaran hutan dapat disebabkan oleh api yang digunakan untuk kegiatan konversi lahan atau pembukaan lahan untuk kegiatan industri, petani, perkebunan, pembangunan jalan, bangunan, atau jembatan, dan lainnya. Hal ini dilakukan karena penggunaan api dalam kegiatan pembakaran tersebut merupakan cara yang lebih mudah, murah, dan efektif (Yulianti, 2018).

2. Eksploitasi sumber daya alam

Kegiatan yang dilakukan oleh manusia selama pemanfaatan sumber daya alam ini dapat menyebabkan kebakaran akibat penggunaan api oleh

penebang liar, pemburu, pencari ikan, ataupun pengumpul madu. Keteledoran yang dilakukan mereka yaitu tidak memadamkan api selama kegiatan tersebutlah yang dapat menyebabkan kebakaran (BNPB, 2013).

### 3. Pembuatan saluran-saluran/ kanal-kanal di lahan gambut

Saluran-saluran dibuat di lahan gambut sebagai sarana untuk irigasi maupun transportasi kayu dari hasil penebangan. Saluran-saluran yang tidak dilengkapi dengan pintu kontrol air yang baik dapat menyebabkan keluarnya air dari lahan gambut sehingga dapat menyebabkan lahan gambut menjadi kering dan mudah terbakar (Adinugroho dkk., 2004).

### 4. Permasalahan dalam penguasaan lahan

Penguasaan lahan menjadi permasalahan yang dapat menyebabkan kebakaran akibat api yang digunakan masyarakat dalam mendapatkan kembali hak-hak tanah mereka. Kejadian ini biasanya terjadi pada permasalahan kepemilikan tanah dalam perkebunan kelapa sawit ataupun pembangunan Hutan Taman Industri (HTI) (Adinugroho dkk., 2004).

Kebakaran secara tidak sengaja yang dilakukan manusia dapat terjadi akibat kelalaian manusia dalam kegiatannya yaitu pembakaran sampah di dalam hutan, tidak mematikan api unggun, membuang putung rokok di dalam hutan, dan kelalaian lainnya (Yulianti, 2018).

## 2.4. Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan

Kebakaran hutan dan lahan dapat menimbulkan berbagai dampak yang sangat merugikan. Beberapa dampak yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dan lahan dapat diuraikan sebagai berikut (Akbar, 2016):

### 1. Dampak Kesehatan

Kebakaran hutan dan lahan menimbulkan asap yang berdampak langsung pada kesehatan manusia. Asap kebakaran hutan mengandung berbagai gas dan partikel kimia seperti karbon monoksida ( $CO$ ), ozon ( $O_3$ ), nitrogen oksida ( $NO_x$ ), sulfur dioksida ( $SO_2$ ), formaldehid, benzen, dan akrolein yang dapat menyebabkan terganggunya pernafasan manusia (Yulianti, 2018). Asap dari kebakaran hutan dan lahan juga menimbulkan berbagai penyakit seperti infeksi saluran pernafasan akut (ISPA), pneumonia, bronchitis, iritasi mata dan kulit serta asma (Adinugroho dkk., 2004).

### 2. Dampak Ekologi

Kebakaran hutan dapat menyebabkan hilangnya ekosistem serta keanekaragaman hayati. Kejadian tersebut dapat menyebabkan musnahnya flora dan fauna dan perubahan pada faktor-faktor abiotik seperti perubahan kondisi tanah yang meliputi kestabilan dan kesuburan tanah, perubahan temperatur serta kelembaban udara harian (Akbar, 2016).

### 3. Dampak Sosial dan Ekonomi

Dampak langsung yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dan lahan secara ekonomi bagi masyarakat yaitu hilangnya mata pencaharian masyarakat yang sehari-harinya bergantung dengan hutan seperti berladang, berburu atau menangkap ikan, dan beternak (Adinugroho dkk., 2004). Selain itu, kerusakan langsung akibat kebakaran hutan juga menyebabkan habisnya jutaan uang untuk memadamkan, dan mengatasi kerusakan-kerusakan tersebut selama atau setelah terjadinya kebakaran hutan (WHO, 2016).

Hilangnya tumbuhan yang bernilai ekonomi tinggi, menurunnya produktivitas industri dan perkantoran, terkendalanya transportasi penerbangan akibat asap yang ditimbulkan dari kebakaran hutan dan lahan, peningkatan biaya untuk pengobatan masyarakat juga menyebabkan kerugian ekonomi yang tinggi akibat kebakaran hutan dan lahan. Dengan demikian, kebakaran hutan dan lahan tersebut dapat menyebabkan hilangnya mata pencaharian masyarakat, terganggunya rasa keamanan dan keharmonisan masyarakat (Akbar, 2016).

## 2.5. Titik Api (Hotspot)

Titik panas (hotspot) merupakan hasil deteksi kebakaran hutan/lahan dalam suatu ukuran pixel tertentu yang menunjukkan kemungkinan terjadinya kebakaran pada kondisi relatif bebas awan saat satelit melewatinya dengan algoritma tertentu. Titik panas (hotspot) juga bisa diartikan sebagai hasil deteksi bahwa suatu wilayah memiliki suhu yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu sekitarnya. Semakin banyak hotspot pada suatu wilayah, maka semakin banyak pula potensi kebakaran pada suatu wilayah tersebut. Banyaknya titik panas (hotspot) pada suatu wilayah tidak selalu menunjukkan bahwa wilayah tersebut berpotensi terjadinya kebakaran. Akan tetapi walaupun begitu, titik panas (hotspot) tetap bisa digunakan sebagai identifikasi awal pada kejadian kebakaran hutan dan lahan pada suatu wilayah (Endrawati, 2016).

Satelit yang biasanya digunakan untuk mendeteksi titik panas (hotspot) diantaranya satelit NOAA, Terra/Aqua Modis, dan data satelit penginderaan jauh lainnya (Endrawati, 2016). Hotspot merupakan indikator kebakaran hutan di suatu wilayah yang memiliki beragam variasi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal dengan tingkat kepercayaan tertentu. Hotspot dapat divalidasi





hujan tinggi terjadi sekitar bulan Desember-Februari dan curah hujan rendah sekitar Juni-Agustus (Hermawan, 2010). Sebagian wilayah Pulau Sumatra lainnya memiliki tipe pola curah hujan ekuatorial. Tipe ini mengikuti pergerakan semu matahari yang puncak curah hujan bulanan terjadi dua kali dalam setahun (Tukidi, 2010).

Sedangkan kondisi titik api di Pulau Sumatra hampir setiap tahunnya mengalami peningkatan dan selalu muncul terutama di lahan gambutnya. Kemunculan titik api di Pulau Sumatra biasanya pada akhir musim hujan hingga musim kemarau yaitu pada bulan Juni-Oktober. Wilayah dominan titik api di Pulau Sumatra yang sering dilanda kebakaran hutan yaitu Provinsi Jambi, Riau, dan Sumatra Selatan (Prayoga dkk., 2017).

Pada analisa data titik api dan data curah hujan menggunakan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) diperlukan materi-materi dasar mengenai metode tersebut. Adapun materi-materi dasar yang bersesuaian dengan metode CEOF berbasis SVD, sebagai berikut:

## 2.9. Matriks

Matriks adalah susunan bilangan dalam bentuk baris dan kolom yang membentuk suatu persegi atau persegi panjang dengan dibatasi kurung siku atau kurung biasa. Bilangan-bilangan yang disusun untuk membentuk matriks dapat berupa bilangan real ataupun bilangan kompleks. Suatu matriks yang terdiri dari baris ( $m$ ) dan kolom ( $n$ ) disebut matriks yang mempunyai ukuran atau ordo  $m \times n$ . Matriks biasanya dinotasikan dengan huruf kapital sedangkan unsur-unsur dari matriks dinotasikan dengan huruf kecil.

















































### 3. Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini dilakukan dengan mencari serta memahami referensi-referensi yang berkaitan dengan permasalahan penelitian yaitu mengenai kebakaran hutan dan lahan, metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) serta teori-teori yang berkaitan dengannya. Selain itu, dilakukan juga pengkajian mengenai karakteristik dari data-data yang sudah terkumpul yaitu data titik api dan curah hujan TRMM 3B43.

### 4. Penyusunan Algoritma Program

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah melakukan studi literatur adalah penyusunan algoritma program untuk ekstraksi data, reduksi data, dan menentukan mode dominan data dari hasil reduksi data menggunakan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (EOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) yang selanjutnya digunakan untuk menganalisa pola spasial dan pola temporal dari masing-masing data tersebut.

### 5. Penyusunan Program Berbasis Komputasi

Algoritma program yang telah disusun kemudian diaplikasikan ke dalam bahasa pemrograman komputer pada salah satu aplikasi berbasis komputasi. Pemilihan aplikasi tersebut berdasarkan ketersediaan fungsi-fungsi didalamnya yang terkait dengan *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD). Program yang telah disusun kemudian dijalankan dengan harapan dapat menerima inputan berupa matriks data titik api dan data curah hujan serta dapat memberikan output berupa pola spasial dan pola temporal dari masing-masing data yang terbatas hanya untuk wilayah Pulau Sumatra.

### 3.3.2. Ekstraksi Data

Pada tahapan ini akan dilakukan ekstraksi data titik api dan data curah hujan TRMM 3B43. Data titik api yang diperoleh disesuaikan terlebih dahulu ukurannya dengan data curah hujan TRMM 3B43. Langkah pertama yang dilakukan yaitu penyeleksian data titik api berdasarkan tingkat kepercayaan *confidence* dan penyegmentasian terhadap titik-titik koordinat lintang dan bujur. Penyeleksian data titik api dilakukan dengan pengambilan data dengan tingkat kepercayaan  $\geq 80\%$ . Penyeleksian tersebut dimaksudkan untuk memfokuskan data dalam pendeteksian indikasi terjadinya kebakaran hutan dan lahan dengan kemungkinan yang tertinggi karena tingkat kepercayaan  $\geq 80\%$  tersebut mengindikasikan bahwa harus dilakukan segera penanggulangan. Setelah dilakukan penyeleksian data titik api berdasarkan tingkat kepercayaan tertentu maka dilakukan penyeleksian titik koordinat lintang dan bujur untuk wilayah Pulau Sumatra.

Hasil dari seleksi titik koordinat tersebut kemudian digunakan untuk proses segmentasi data titik api terhadap titik-titik koordinat lintang dan bujur yang sesuai dengan koordinat wilayah Pulau Sumatra yang digunakan oleh data curah hujan TRMM 3B43 serta menyesuaikan ukuran data titik api dengan data curah hujan. Segmentasi data titik api tersebut bertujuan untuk menyesuaikan data titik api dengan data curah hujan yang memiliki resolusi spasial dan resolusi temporal yang berbeda. Selanjutnya dilakukan penghilangan wilayah laut pada data titik api dan curah hujan untuk mengurangi kesalahan hasil penelitian yang ditimbulkan oleh adanya data yang tidak diperlukan, karena data titik api yang digunakan pada penelitian ini hanyalah wilayah daratan. Tahapan tersebut dilakukan untuk memperoleh matriks data titik api yang akan digunakan untuk proses selanjutnya



Tahap proses pembentukan matriks data titik api yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1 akan dijelaskan secara lebih rinci dengan algoritma ekstraksi data titik api, segmentasi data titik api, maupun algoritma dari penghilangan wilayah laut pada data titik api. Berikut akan diuraikan mengenai algoritma-algoritma tersebut.

a. Algoritma ekstraksi data titik api (*fire points*)

1. Pembacaan data harian titik api selama 216 bulan antara bulan Januari 2001-Desember 2018. Hasil dari pembacaan data harian titik api tersebut adalah matriks dengan ukuran  $M \times 3$ , dimana  $M$  menunjukkan jumlah titik api yang terdeteksi selama 216 bulan dan 3 kolom menunjukkan latitude, longitude, dan *confidence* titik api.
2. Menyeleksi data titik api berdasarkan tingkat kepercayaan (*confidence level*) diatas 80%. Hasil dari seleksi data titik api adalah data titik api dengan nilai *confidence* di atas 80.
3. Menyusun hasil seleksi data titik api ke dalam matriks data bulanan titik api.
4. Menyimpan matriks data bulanan titik api yang telah disusun.

b. Algoritma segmentasi data titik api (*fire points*)

1. Pembacaan data harian titik api selama 216 bulan antara bulan Januari 2001- Desember 2018. Hasil dari pembacaan data harian titik api tersebut adalah matriks dengan ukuran  $M \times 3$ , dimana  $M$  menunjukkan jumlah titik api yang terdeteksi selama 216 bulan dan 3 kolom menunjukkan latitude, longitude, dan *confidence* titik api.
2. Membentuk *grid* data berukuran  $49 \times 57$  sebagai matriks data perhitungan titik api.

3. Menyeleksi titik-titik koordinat dengan lintang dan bujur.
4. Menghitung banyaknya titik koordinat (lintang dan bujur) ke dalam *grid* data.
5. Menyimpan hasil dari *grid* data bulanan sebagai matriks data perhitungan titik api.

c. Algoritma penghilangan data wilayah laut pada data titik api (*fire points*)

1. Menentukan lintang dan bujur dari wilayah Pulau Sumatra yang akan dianalisis yaitu  $6^{\circ}$  LU -  $6^{\circ}$  LS dan  $95^{\circ}$  BT -  $109^{\circ}$  BT.
2. Pembacaan hasil dari seleksi data titik api yaitu data titik api bulanan yang berupa matriks dengan ukuran  $49 \times 57$ .
3. Menggabungkan data titik api bulanan tersebut selama 216 bulan yaitu antara bulan Januari 2001 sampai dengan Desember 2018 menjadi matriks tiga dimensi.
4. Mengubah matriks tiga dimensi menjadi dua dimensi dengan melakukan *reshaping* data, dimana hasil dari *reshaping* tersebut merupakan matriks dua dimensi dengan baris yang menunjukkan dimensi dari wilayah Pulau Sumatra dan kolom menunjukkan dimensi waktu.
5. Menghapus data wilayah lautan Pulau Sumatra dengan menggunakan data *source index*.
6. Membentuk matriks baru yaitu matriks S sebagai matriks data titik api yang digunakan untuk perhitungan pada reduksi data gabungan titik api dan curah hujan menggunakan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD).



Tahapan pembentukan matriks data curah hujan yang ditunjukkan oleh Gambar 3.2 akan dijelaskan secara lebih rinci dengan algoritma ekstraksi data curah hujan dan penghilangan wilayah laut pada data curah hujan, diantaranya:

1. Menentukan lintang dan bujur dari wilayah Pulau Sumatra yang akan dianalisis yaitu  $6^{\circ}$  LU -  $6^{\circ}$  LS dan  $95^{\circ}$  BT -  $109^{\circ}$  BT.
2. Pembacaan data curah hujan TRMM 3B43 yang diperoleh dalam rentang bulanan.
3. Pemotongan data curah hujan TRMM 3B43 yang merupakan data global curah hujan menjadi data curah hujan untuk wilayah Pulau Sumatra dengan ukuran  $49 \times 57$ .
4. Menggabungkan data curah hujan bulanan wilayah Pulau Sumatra tersebut selama 216 bulan yaitu antara bulan Januari 2001 sampai dengan Desember 2018 menjadi matriks tiga dimensi.
5. Mengubah matriks tiga dimensi menjadi dua dimensi dengan melakukan *reshaping* data, dimana hasil dari *reshaping* tersebut merupakan matriks dua dimensi dengan baris yang menunjukkan dimensi dari wilayah Pulau Sumatra dan kolom menunjukkan dimensi waktu.
6. Menghapus data wilayah lautan Pulau Sumatra dengan menggunakan data *source index*.
7. Membentuk matriks baru yaitu matriks P sebagai matriks data curah hujan yang digunakan untuk perhitungan pada reduksi data gabungan titik api dan curah hujan menggunakan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD).



Berikut akan diuraikan mengenai algoritma untuk mereduksi matriks data titik api dan curah hujan menggunakan *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD):

1. Mendefinisikan matriks S sebagai matriks data titik api dan matriks P sebagai matriks data curah hujan wilayah daratan Pulau Sumatra. Kedua data merupakan matriks yang memiliki ukuran  $m \times n$ , dimana m merupakan baris yang menunjukkan waktu dan n merupakan kolom yang menunjukkan daerah.
2. Mentranspose matriks data S dan P sehingga ukuran masing-masing dari matriks data tersebut menjadi  $n \times m$ .
3. Membentuk matriks kovarian dengan menggunakan Persamaan 2.25 yaitu  $C = S^T P$ , dimana S merupakan matriks transpose dari matriks S.
4. Mereduksi matriks kovarian C untuk mendapatkan vektor singular dan nilai singular dengan SVD menggunakan Persamaan 2.26 yaitu  $C = U L V^T$ . Matriks U, L, dan V yang dihasilkan saling bersesuaian, dimana matriks U dan V masing-masing menunjukkan vektor singular dari matriks S (matriks data titik api) dan P (matriks data curah hujan) sedangkan diagonal utama dari matriks L menunjukkan nilai singular dari pereduksian matriks kovarian C.
5. Menentukan i nilai singular terbesar yang saling bersesuaian dengan i kolom vektor singular terbesar.
6. Membentuk matriks A sebagai koefisien ekspansi data S (data titik api) dengan menggunakan Persamaan 2.27.

7. Membentuk matriks B sebagai koefisien ekspansi data P (data curah hujan) dengan menggunakan Persamaan 2.28.
8. Menentukan *Squared Covariance Fraction* (SCF) untuk setiap mode ke- $i$  dengan menggunakan Persamaan 2.29.
9. Melakukan standarisasi terhadap matriks data awal dengan *detrend* maupun *z-score* masing-masing untuk menghilangkan trend data atau menormalisasi data.
10. Melakukan langkah ke-1 sampai ke-8 untuk matriks data yang sudah di standarisasi menggunakan *detrend* maupun *z-score* untuk selanjutnya dibandingkan hasil dari ketiganya yaitu tanpa standarisasi, standarisasi *detrend*, dan standarisasi *z-score*.

Pada proses pereduksian matriks data titik api dan curah hujan menggunakan metode SVD menghasilkan matriks U, L, dan V. Langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh matriks U, L, dan V, yaitu sebagai berikut:

1. Mencari nilai eigen dari matriks C menggunakan Persamaan 2.18.
2. Mencari vektor eigen dari matriks C dengan memasukkan masing-masing nilai eigen ke dalam Persamaan 2.18.
3. Mencari nilai singular dari matriks C dengan menghitung masing-masing akar dari nilai eigen.
4. Membentuk matriks singular (L) dengan membuat matriks yang elemennya bernilai 0 kecuali diagonal utamanya yang merupakan nilai singular dari matriks C.

























standarisasi *detrend*. Standarisasi *detrend* dilakukan dengan menghilangkan tren waktu pada data yang artinya untuk setiap kolom dari matriks S dan P dihilangkan *mean*-nya. Standarisasi *detrend* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.32. Berikut merupakan matriks data titik api ( $S_1$ ) dan matriks data curah hujan ( $P_1$ ) yang sudah distandarisasi *detrend* atau dihilangkan tren waktunya.

$$S_1 = \begin{pmatrix} -0.1435 & -0.2222 & \cdots & 0 & 0 \\ -0.1435 & -0.2222 & \cdots & 0 & 0 \\ -0.1435 & -0.2222 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -0.1435 & -0.2222 & \cdots & 0 & 0 \\ -0.1435 & -0.2222 & \cdots & 0 & 0 \\ -0.1435 & -0.2222 & \cdots & 0 & 0 \end{pmatrix}_{216 \times 936}$$

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0.0869 & 0.0878 & \cdots & 0.1401 & 0.2393 \\ 0.1797 & 0.2034 & \cdots & 0.1931 & 0.1225 \\ 0.0447 & 0.0272 & \cdots & 0.5128 & -0.0060 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -0.0336 & -0.0499 & \cdots & -0.0475 & 0.2371 \\ -0.0439 & 0.0519 & \cdots & 0.2883 & 0.0893 \\ 0.1559 & 0.0663 & \cdots & 0.2019 & 0.3893 \end{pmatrix}_{216 \times 936}$$

Proses selanjutnya yaitu pembentukan matriks kovarian ( $C_1$ ) yang dibentuk dari matriks  $S_1$  dan matriks  $P_1$ . Pada pembentukan matriks kovarian ( $C_1$ ) digunakan Persamaan 2.25 yaitu mengalikan matriks data titik api ( $S_1$ ) yang ditranspose dengan matriks data curah hujan ( $P_1$ ). Berikut merupakan hasil perhitungan matriks kovarian ( $C_1$ ) dengan menggunakan matriks data sudah





yaitu Persamaan 2.27 dan 2.28 dengan ketentuan untuk menghitung matriks koefisien ekspansi  $B_1$  maka matriks  $V_1$  ditranspose terlebih dahulu karena hasil dari dekomposisi matriks masih merupakan matriks  $V_1$  transpose. Hasil yang diperoleh untuk matriks koefisien ekspansi  $A_1$  dan  $B_1$ , sebagai berikut:

$$A_1 = \begin{pmatrix} -45.7779 & 36.6715 & \cdots & 8.9345e-14 & -6.4879e-14 \\ -45.8364 & 36.6832 & \cdots & 2.1122e-14 & -1.2458e-13 \\ -39.9496 & 37.7495 & \cdots & -5.7732e-15 & 5.8176e-14 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ -45.4856 & 4.0391 & \cdots & 9.0872e-14 & 1.0373e-13 \\ -46.4741 & 20.4662 & \cdots & -8.8540e-15 & 2.5064e-13 \\ -45.9001 & 36.6444 & \cdots & 9.4952e-14 & 9.0240e-14 \end{pmatrix}_{216 \times 936}$$

$$B_1 = \begin{pmatrix} -0.1234 & 0.1354 & \cdots & 0.2958 & -0.0589 \\ -0.2809 & 0.2153 & \cdots & 0.2648 & 0.1126 \\ -0.2812 & 0.4590 & \cdots & 0.0657 & 0.0141 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0.1184 & -0.1318 & \cdots & 0.1730 & -0.0810 \\ -0.3179 & 0.3406 & \cdots & 0.2138 & 0.0429 \\ -0.1075 & 0.0619 & \cdots & 0.3548 & 0.0105 \end{pmatrix}_{216 \times 936}$$

Tahapan terakhir dalam proses pereduksian data yaitu menentukan nilai *squared covariance fraction* (SCF) yang dihitung menggunakan Persamaan 2.29 yaitu  $SCF_i = \frac{I_i^2}{\sum I_i^2}$  dengan  $I_i$  merupakan nilai singular yang diperoleh dari diagonal utama matriks  $L_1$ . Hasil dari perhitungan nilai SCF dengan standarisasi *detrend* dapat ditunjukkan oleh Tabel 4.23.

Tabel 4.3 Nilai Singular dan Presentase Nilai SCF dengan Standarisasi *Detrend*

Mode EOF	Nilai Singular	SCF(%) Individu	SCF(%) Kumulatif
1	4.1907e+04	76.76	76.76
2	1.8564e+04	15.06	91.82
3	9.4070e+03	3.87	95.69
4	5.8906e+03	1.52	97.20
5	4.6470e+03	0.94	98.15
⋮	⋮	⋮	⋮

Berdasarkan Tabel 4.3, perhitungan nilai SCF tanpa standarisasi menghasilkan 936 mode EOF sesuai dengan jumlah elemen diagonal utama atau nilai singular yang diperoleh dari matriks L1 yaitu 936. Setiap mode EOF memiliki kontribusi terhadap keseluruhan data. Mode EOF yang memiliki nilai SCF terbesar yaitu mode ke-1 dengan nilai SCF 76,76%. Jumlah dari mode ke-1 dan mode ke-2 mencapai 91,82% sehingga dapat digunakan untuk ketentuan dalam menggambarkan pola dominan titik api dan curah hujan dengan standarisasi *detrend*. Nilai singular yang diperoleh dari pereduksian data dengan standarisasi *detrend* memiliki kontribusi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai singular dari pereduksian data tanpa standarisasi.

#### 4.2.3. Hasil Pereduksian Matriks Data dengan Standarisasi *Z-Score*

Pada proses pereduksian matriks data dengan standarisasi *z-score*, matriks data titik api (S) dan curah hujan (P) yang sudah ditranspose akan dilakukan standarisasi *z-score*. Standarisasi *z-score* dilakukan dengan menghilangkan mean pada setiap kolom dari matriks S dan P dan dibagi dengan standar deviasi untuk setiap kolom dari matriks S dan P. Standarisasi *z-score* dapat dihitung dengan









Tabel 4.4 Nilai Singular dan Presentase Nilai SCF dengan Standarisasi Z-Score

Mode EOF	Nilai Singular	SCF(%) Individu	SCF(%) Kumulatif
1	2.4468e+04	79.63	79.63
2	9.5453e+03	12.12	91.75
3	4.5505e+03	2.75	94.50
4	2.9522e+03	1.16	95.66
5	2.4294e+03	0.79	96.44
⋮	⋮	⋮	⋮

Berdasarkan Tabel 4.4, perhitungan nilai SCF tanpa standarisasi menghasilkan 936 mode EOF sesuai dengan jumlah elemen diagonal utama atau nilai singular yang diperoleh dari matriks  $L_2$  yaitu 936. Setiap mode EOF memiliki kontribusi terhadap keseluruhan data. Mode EOF yang memiliki nilai SCF terbesar yaitu mode ke-1 dengan nilai SCF 79,63%. Jumlah dari mode ke-1 dan mode ke-2 sudah mencapai 91,75% sehingga dapat digunakan untuk ketentuan dalam menggambarkan pola dominan titik api dan curah hujan dengan standarisasi *detrend*. Nilai singular yang diperoleh dari pereduksian data dengan standarisasi *z-score* memiliki kontribusi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai singular dari pereduksian data standarisasi *detrend*.

#### 4.3. Analisa Pola Spasial dan Temporal Titik Api dan Curah Hujan Wilayah Pulau Sumatra dengan Tanpa Standarisasi, Standarisasi *Detrend*, dan Standarisasi *Z-score*

Pada tahapan ini akan dilakukan interpretasi hasil pereduksian data dengan meng-*plot* pola spasial dan pola temporal titik api dan curah hujan. Pola spasial titik api dan curah hujan menunjukkan wilayah yang dominan titik api dan curah hujan di

























terlalu menyimpang dengan hasil dari pola spasial dan pola temporal yang menggunakan data awal karena *mean* pada data telah dihapus dan standar deviasinya diubah menjadi 1 pada data yang distandarisasi *z-score*. Oleh karena itu, sebaiknya data tidak perlu dilakukan standarisasi *z-score* karena hasilnya terlalu menyimpang dengan data awal.

#### **4.3.4. Analisa Hasil Perbandingan Pola Spasial dan Temporal Titik Api dan Curah Hujan Wilayah Pulau Sumatra dengan Tanpa Standarisasi, Standarisasi *Detrend*, dan Standarisasi *Z-score***

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pendekatan untuk menentukan pendekatan terbaik dari hasil analisa pola spasial dan pola temporal titik api dan curah hujan. Suatu pendekatan dapat dikatakan terbaik, jika pola spasial dan pola temporal titik api dan curah hujan saling berhubungan satu sama lain sehingga dapat menunjukkan wilayah dominan titik api dan curah hujan sebagai wilayah yang berpotensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Adapun pola spasial menunjukkan tempat yang berpotensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan sedangkan pola temporal menunjukkan waktu terjadinya.

Hasil analisa pola spasial dan pola temporal titik api dan curah hujan mode ke-1 dan mode ke-2 menggunakan data awal atau tanpa standarisasi menunjukkan bahwa pada bulan Oktober 2015 terjadi peningkatan konsentrasi titik api dan penurunan curah hujan yang ditunjukkan oleh pola temporal. Sedangkan pola spasial menunjukkan tempat yang terjadi peningkatan konsentrasi titik api dan curah hujan yang rendah sebagai wilayah yang berpotensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan yaitu Provinsi Riau, Sumatra Selatan dan Jambi. Pola spasial dan pola temporal dengan data awal atau tanpa standarisasi saling terkait satu sama lain sehingga dapat menunjukkan wilayah-wilayah yang berpotensi terjadinya

kebakaran hutan dan lahan.

Selain itu, hasil analisa pola spasial dan pola temporal titik api dan curah hujan mode ke-1 dan ke-2 dengan standarisasi *detrend* tidak terkait satu sama lain atau berkebalikan. Pada mode ke-1, pola spasial menunjukkan bahwa Provinsi Sumatera Selatan dan Jambi terjadi peningkatan konsentrasi titik api dan curah hujan yang rendah sedangkan pola temporal menunjukkan bahwa pada bulan Oktober 2015 wilayah tersebut terjadi peningkatan konsentrasi titik api dan curah hujannya juga tinggi. Dapat dilihat antara pola spasial dan pola temporal saling berkebalikan, begitu pula untuk pola spasial dan pola temporal mode ke-2 dengan standarisasi *detrend*.

Hasil analisa pola spasial dan pola temporal titik api dan curah hujan mode ke-1 dan mode ke-2 dengan standarisasi *z-score* menghasilkan hampir seluruh wilayah di Pulau Sumatra yaitu Provinsi Riau, Sumatera Selatan, Jambi, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Aceh dan Bengkulu sebagai wilayah yang berpotensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Tentunya hasil tersebut terlalu menyimpang dengan analisa menggunakan data awal.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka dapat dilihat bahwa pendekatan terbaik yang digunakan untuk menganalisa data titik api dan curah hujan menggunakan metode *Combined Empirical Orthogonal Function* (CEOF) berbasis *Singular Value Decomposition* (SVD) yaitu menggunakan data awal atau tanpa standarisasi.







Diva, N. C., Nivo, S. G. dan Risdiyanto, I., n.d. Pendugaan Kadar CO<sub>2</sub> di Udara Akibat Kebakaran pada Tutupan Lahan Semak Belukar dan Pengaruhnya terhadap Suhu Udara Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi kasus: Kabupaten Muaro Jambi, Jambi).

Endrawati, 2016. *Analisis Data Titik Panas (Hotspot) dan Areal Kebakaran Hutan dan Lahan*. Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Ditjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.

Gusnedi, 1999. *Matriks dan Ruang Vektor*. Universitas Negeri Padang, Padang.

Handayani, T., Santoso, A. J. dan Dwiandayana, Y., 2014. *Pemanfaatan Data TERRA MODIS untuk Identifikasi Titik Api pada Kebakaran Hutan Gambut (Studi Kasus Kota Dumai Provinsi Riau)*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi. 461-467.

Hermawan, E., 2010. Pengelompokan Pola Curah Hujan yang Terjadi di Beberapa Kawasan P.Sumatera Berbasis Hasil Analisis Teknik Spektral. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 11(2):75-85.

Hunawan, D., 2016. *Menyelesaikan Kebakaran Hutan dan Lahan (KARHUTLA) di Indonesia melalui “Jalan Pantas” atau “Jalan Pintas”?*. Seminar Nasional Hukum. 2(1):277-292.

Itsnaini, N., Sasmito, B., Sukmono, A. dan Prasasti, I., 2017. Analisis Hubungan Curah Hujan dan Parameter Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran (SPBK) Dengan Kejadian Kebakaran Hutan dan Lahan Untuk Menentukan Nilai Ambang Batas Kebakaran. *Jurnal Geodasi Undip*. 6(2):62-70.

- Leon, S. J., 2010. *Linear Algebra with Applications*. 8<sup>nd</sup> ed. Prentice Hall, New Jersey (US).
- Lestari, I. L., Nurdiati, S. dan Sopaheluwakan, A., 2016. Analisis EMPIRICAL ORTHOGONAL FUNCTION (EOF) Berbasis SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD) pada Data Curah Hujan di Indonesia. *JMA*. 15(1):13-22.
- Marcel, Perbani, N. M. R. R. C., 2018. Deteksi Komponen Frekuensi Rendah pada Tinggi Muka Laut Akibat Pengaruh Gempa Bawah Laut Akibat Pengaruh Gempa Bawah Laut di Stasiun Padang. *ITB Indonesian Journal of Geospatial*. 5(1):52-66.
- Meyer, C. D., 2000. *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*. Siam, Philadelphia (US).
- Navarra, A. and Simoncini, V., 2010. *A Guide to Empirical Orthogonal Functions for Climate Data Analysis*. Springer, New York.
- Nurdiati, S., Sopaheluwakan, A., Agustina, A. and Septiawan, P., 2019. Multivariate analysis on Indonesian forest fire using combined empirical orthogonal function and covariance matrices. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1-8.
- Pabalik I, Ihsan N, dan Arsyad M., 2015. Analisis fenomena perubahan iklim dan karakteristik curah hujan ekstrim di Kota Makassar. *JSPF*. 11(1):88-92.
- Prasasti, I., Sambodo, K. A. dan Carolita, I., 2007. Pengkajian Pemanfaatan Data TERRA-MODIS untuk Ekstraksi Data Suhu Permukaan Lahan (SPL) Berdasarkan Beberapa Algoritma. 1-3.

- Prayoga, M. B. R., Yananto, A. dan Kusumo, D. A., 2017. Analisis Korelasi Kerapatan Titik Api dengan Curah Hujan di Pulau Sumatera dan Kalimantan. *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*. 18(1):pp. 17-24.
- Putra, I. D. G. A. et al., 2018. *Sebaran Spasial dan Temporal Titik Panas (Hotspot) di Indonesia dari Satelit MODIS dengan Metode Gridding*. Seminar Nasional Geomatika. 1123-1128.
- Rahardian, T. D. A., Prasetyo, Y. dan H., 2016. Analisis Sebaran dan Perhitungan Hotspot menggunakan Citra Satelit NOAA-18/AVHR dan AQUA MODIS Berbasis Algoritma Kanal Termal. *Jurnal Geodasi UNDIP*. 5(1):275-284.
- Roswintiarti, O., 2016. *Panduan Teknis - V.01 Informasi Titik Panas (Hotspot) Kebakaran Hutan/Lahan*. 1<sup>nd</sup> ed. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Deputi Bidang Penginderaan Jauh - LAPAN.
- Solichin, H. dan C., 2007. *Panduan Pengumpulan Informasi Kebakaran Hutan dan Lahan melalui Internet*. 3<sup>rd</sup> ed. South Sumatera Forest Fire Management Project, Palembang.
- Sosilawati et al., 2017. *Sinkronisasi Program dan Pembiayaan Pembangunan Jangka Pendek 2018-2020 Keterpaduan Pengembangan Kawasan dengan Infrastruktur PUPR Pulau Sumatera*. Pusat Pemrograman dan Evaluasi Keterpaduan Infrastruktur PUPR, Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Spiegel, M. R. and Stephens, L. J., 1999. *Schaum's Outlines of Theory and Problems of Statistics*. 3<sup>rd</sup> ed. McGraw-Hill, New York (US).
- Syaufina, L. dan Hafni, D. A. F., 2018. Variabilitas Iklim dan Kejadian Kebakaran

- Hutan dan Lahan Gambut di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 9(1):60-68.
- Syaufina, Lailan., Saharjo, Bambang Hero., Nurhayati, Ati Dwi., Putra, Erianto Indra., Waldi, Robi Desila., dan Wardana, 2018. *Mari Belajar Kebakaran Hutan dan Lahan*. IPB Press, Bogor.
- Tukidi, 2010. Karakter Curah Hujan di Indonesia. *Jurnal Geografi FIS UNNES*. 7(2):136-145.
- WHO, 2016. *Lindungi Diri dari Bencana Kabut Asap*. World Health Organization.
- Widodo, A. M., D. dan H., 2017. Penggunaan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pembuatan Prototipe Perangkat Lunak Simulasi Penyebaran Kebakaran Hutan. *Majalah Geografi Indonesia*. 3(1):12-21.
- Widodo, R. B., 2014. Pemodelan Spasial Resiko Kebakaran Hutan (Studi Kasus Provinsi Jambi, Sumatera). *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*. 10(2):127-138.
- Yulianti, N., 2018. *Pengenalan Bencana Kebakaran dan Kabut Asap Lintas Batas (Studi Kasus Eks Proyek Lahan Gambut Sejuta Hektar)*. IPB Press, Bogor.