



PREDIKSI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN BERDASARKAN JUMLAH HOTSPOT MENGGUNAKAN MODEL BAYES SPATIO-TEMPORAL DI PULAU KALIMANTAN

@*Hak cipta milik IPB University*

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Prediksi Kebakaran Hutan dan Lahan Berdasarkan Jumlah Hotspot Menggunakan Model Bayes Spatio-Temporal di Pulau Kalimantan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Fadillah Rohimahastuti
G1501211063

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak mengujikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

FADILLAH ROHIMAHASTUTI. Prediksi Kebakaran Hutan dan Lahan Berdasarkan Jumlah *Hotspot* Menggunakan Model Bayes Spatio-Temporal di Pulau Kalimantan. Dibimbing oleh ANIK DJURAIDAH dan HARI WIJAYANTO.

Kebakaran hutan dan lahan merupakan peristiwa umum yang terjadi di Indonesia, terutama di Pulau Kalimantan, yang dampaknya tidak hanya dirasakan di wilayah tersebut tetapi juga menyebar ke negara-negara tetangga. Salah satu indikator yang menunjukkan terjadinya kebakaran hutan dan lahan adalah adanya klaster *hotspot*. Terdapat banyak faktor yang berkontribusi terhadap kejadian kebakaran ini, di antaranya adalah iklim yang dapat menyebabkan pola *hotspot* di suatu lokasi menjadi tidak stabil dan sulit untuk diprediksi.

Pengembangan model risiko kebakaran sangat penting untuk meningkatkan sistem peringatan dini kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. Pendekatan yang cocok dengan pola data *hotspot* diperlukan untuk mendapatkan prediksi yang tepat. Langkah pertama dalam pengembangan model ini melibatkan analisis dua aspek, yaitu spasial dan temporal, karena banyaknya kasus kebakaran yang memiliki penyebab dan dipengaruhi oleh faktor yang berbeda-beda di suatu wilayah. Selain faktor waktu, kondisi geografis juga berperan penting dalam menentukan tingkat keparahan kebakaran hutan dan lahan. Salah satu metode yang sering digunakan untuk analisis spasial-temporal adalah pendekatan Bayes. Meskipun Bayes umumnya diterapkan dalam bidang kesehatan, penggunaannya dalam klimatologi, khususnya untuk analisis kebakaran hutan, masih terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi jumlah *hotspot* secara spasial dan temporal selama satu bulan ke depan di Pulau Kalimantan, serta untuk menganalisis pengaruh faktor-faktor iklim lokal terhadap *hotspot*. Metode yang digunakan adalah *Bayesian Conditional Autoregressive* yang dikombinasikan dengan pendekatan *Integrated Nested Laplace Approximation* (INLA), dengan pemilihan bobot optimal menggunakan Getis-Ord G untuk mencapai prediksi yang lebih akurat. Terdapat enam model yang digunakan yaitu model linier, aditif, aditif dengan interaksi, dan variasi dengan atau tanpa peubah penjelas. Peubah respons adalah jumlah *hotspot* di 696 lokasi di Pulau Kalimantan, sedangkan peubah penjelas meliputi curah hujan, jumlah hari tanpa hujan, suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban. Model terbaik dipilih berdasarkan kriteria *Informasi Deviance Criterion* (DIC), sementara evaluasi model menggunakan *Root Mean Square Error Prediction* (RMSEP) dan *Average Absolute Prediction Error* (AAPE).

Penelitian ini diawali dengan eksplorasi data jumlah *hotspot* di Pulau Kalimantan dari tahun 2006 hingga 2020. Hasil penelitian menunjukkan pola spasial *hotspot* yang bergerombol terutama terjadi di Provinsi Kalimantan Tengah pada beberapa bulan tertentu seperti Januari, Maret, Agustus, dan November, sedangkan bulan lainnya memiliki jumlah *hotspot* yang umumnya rendah. Secara temporal, tahun 2006 dan 2015 menonjol dengan jumlah *hotspot* yang tinggi, yang sebagian besar terkait dengan kejadian kebakaran hutan dan lahan yang signifikan, dipengaruhi oleh fenomena iklim seperti El Nino pada tahun 2015 dan faktor manusia pada tahun 2006. Analisis sebaran data *hotspot* menunjukkan kemiringan positif dan sebaran ekor panjang, mencerminkan adanya nilai ekstrem dalam data



tersebut. Evaluasi terhadap sebaran statistik menunjukkan bahwa sebaran Binomial Negatif lebih cocok dengan data dibandingkan sebaran Poisson.

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis korelasi untuk mengevaluasi dampak faktor iklim terhadap jumlah hotspot di berbagai lokasi. Pola korelasi menunjukkan bahwa curah hujan tinggi umumnya berkaitan dengan jumlah hotspot yang rendah, meskipun pengaruh ini bervariasi di setiap lokasi. Sementara itu, hari tanpa hujan yang panjang cenderung meningkatkan risiko kebakaran, terutama pada bulan Agustus di Kalimantan Barat, Tengah, dan Timur. Suhu udara yang tinggi memperkuat potensi kebakaran dengan memudahkan bahan bakar alami terbakar. Kelembaban yang rendah juga berkontribusi terhadap penyebaran api dan peningkatan risiko kebakaran. Namun, kecepatan angin memiliki pengaruh yang berbeda di setiap lokasi, sehingga perlu ditinjau lebih lanjut.

Uji dependensi spasial dilakukan untuk menilai apakah terdapat pengaruh spasial atau lokasi terhadap kejadian *hotspot*. Hasil uji menunjukkan signifikansi yang tinggi untuk Provinsi Kalimantan Barat, menandakan kemungkinan keberadaan *hotspot* yang tinggi di provinsi tersebut, terutama pada bulan Januari. Temuan serupa juga berlaku untuk Kalimantan Selatan, dengan titik *hotspot* yang signifikan hampir setiap bulan. Sementara itu, Provinsi Kalimantan Tengah dan Timur menunjukkan potensi kejadian *hotspot* di beberapa titik lokasi tertentu. Pada bulan Januari-Maret, Mei-Agustus, dan November, kebakaran hutan dan lahan cenderung terkonsentrasi pada wilayah yang berdekatan atau sekitar 2 tetangga, menunjukkan adanya aktivitas *hotspot* yang terlokalisasi dan terfokus. Sebaliknya, bulan April, September, dan Desember menunjukkan potensi *hotspot* yang melibatkan sekitar 3 tetangga atau lebih banyak lokasi yang berdekatan, sementara bulan Oktober dapat melibatkan hingga 4 tetangga, menandakan sebaran *hotspot* yang lebih merata dan tersebar luas.

Tahap terakhir yaitu membangun model spatio-temporal Bayesian CAR. Bobot optimum yang digunakan dalam model berdasarkan Getis Ord-G terbesar yaitu jarak Invers. Model yang fit dan memberikan pendugaan terbaik yaitu model aditif dan interaksi dengan peubah penjelas dengan nilai DIC sebesar 97799,8. Hasil prediksi dari model terbaik memiliki RMSEP 7,08 dan AAPE 0,63. Model ini mampu menggambarkan pola *hotspot* secara spasial dan temporal, namun belum mampu memprediksi kejadian ekstrem dengan baik yang terlihat pada hasil evaluasi model. Model ini menunjukkan bahwa faktor iklim, seperti curah hujan yang rendah, hari tanpa hujan yang berkepanjangan, suhu udara yang tinggi, dan kelembaban yang rendah secara signifikan berkontribusi pada peningkatan jumlah *hotspot* di pulau Kalimantan.

Kata kunci: bayesian spatio-temporal, binomial negatif, *conditional autoregressive*, *hotspot*, kebakaran hutan.



SUMMARY

FADILLAH ROHIMAHASTUTI. Prediction of Forest and Land Fires Based on *Hotspot* Using the Spatio-Temporal Bayes Model in Kalimantan. Supervised by ANIK DJURAIDAH and HARI WIJAYANTO.

Forest and land fires are common events that occur in Indonesia, especially on the island of Kalimantan, whose impacts are not only felt in the region but also spread to neighboring countries. One indicator that shows the occurrence of forest and land fires is the existence of hotspot clusters. There are many factors that contribute to this fire incident, including the climate, which can cause the hotspot pattern in a location to become unstable and difficult to predict.

Developing a fire risk model is very important to improve the early warning system for forest and land fires in Indonesia. An approach that matches hotspot data patterns is needed to obtain correct predictions. The first step in developing this model involves analyzing two aspects, namely spatial and temporal, because many fire cases have different causes and are influenced by different factors in an area. Apart from the time factor, geographical conditions also play an important role in determining the severity of forest and land fires. One method that is often used for spatial-temporal analysis is the Bayes approach. Although Bayes is commonly applied in the field of health, its use in climatology, particularly for forest fire analysis, is limited.

This research aims to predict the number of hotspots spatially and temporally for the next month on Kalimantan Island, as well as analyze the influence of local climate factors on hotspots. The method used is Bayesian Conditional Autoregressive combined with the Integrated Nested Laplace Approximation (INLA) approach, with optimal weight selection using Getis-Ord G to achieve more accurate predictions. There are six models used, namely linear, additive, additive with interaction, and variational models with or without explanatory variables. The response variable is the number of hotspots in 696 locations on Kalimantan Island, while the explanatory variables include rainfall, the number of days without rain, air temperature, wind speed, and humidity. The best model is selected based on the Deviance Information Criterion (DIC) criteria, while model evaluation uses root mean square error prediction (RMSEP) and average absolute prediction error (AAPE).

This research begins with an exploration of data on the number of hotspots on the island of Kalimantan from 2006 to 2020. The results of the research show that the spatial pattern of clustered hotspots mainly occurs in Central Kalimantan Province in certain months, such as January, March, August, and November, while other months have a higher number of hotspots. Hotspots are generally low. Temporally, 2006 and 2015 stand out with a high number of hotspots, most of which were associated with significant forest and land fire events, influenced by climate phenomena such as El Nino in 2015 and human factors in 2006. Analysis of the distribution of hotspot data shows a skew positive and heavy tails of the distribution, reflecting the presence of extreme values in the data. Evaluation of the statistical distribution shows that the Negative Binomial distribution fits the data better than the Poisson distribution.



The next step is to carry out correlation analysis to evaluate the impact of climate factors on the number of hotspots in various locations. The correlation pattern shows that high rainfall is generally associated with a low number of hotspots, although this effect varies by location. Meanwhile, long days without rain tend to increase the risk of fires, especially in August in West, Central, and East Kalimantan. High air temperatures increase the potential for fire by making it easier for natural fuels to burn. Low humidity also contributes to the spread of fire and the increased risk of fire. However, wind speed has a different influence at each location, so it needs to be reviewed further.

Spatial dependency tests are carried out to assess whether there is a spatial or location influence on hotspot occurrence. The test results show high significance for West Kalimantan Province, indicating a high probability of hotspot existence in the province, especially in January. Similar findings also apply to South Kalimantan, with significant hotspots almost every month. Meanwhile, Central and East Kalimantan Provinces show the potential for hotspots in certain locations. In January-March, May-August, and November, forest and land fires tend to be concentrated in adjacent areas or around two neighbors, indicating localized and focused hotspot activity. In contrast, April, September, and December show potential hotspots involving around 3 or more neighbors in close proximity, while October can involve up to 4 neighbors, indicating a more even and widespread distribution of hotspots.

The final stage is building a Bayesian CAR spatio-temporal model. The optimum weight used in the model based on the largest Getis Ord-G is the inverse distance. The model that is fit and provides the best estimate is the additive and interaction model with explanatory variables with a DIC value of 97799.8. The prediction results from the best model have RMSEP 7.08 and AAPE 0.63. This model can describe hotspot patterns spatially and temporally, but it is not able to predict extreme events well, as seen in the model evaluation results. This model shows that climate factors, such as low rainfall, prolonged rainless days, high air temperatures, and low humidity, significantly contribute to the increase in the number of hotspots on the island of Kalimantan.

Keywords: *bayesian spatio-temporal, conditional autoregressive, hotspot, forest fire, negative binomial.*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah,
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



**PREDIKSI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN BERDASARKAN
JUMLAH HOTSPOT MENGGUNAKAN MODEL BAYES
SPATIO-TEMPORAL DI PULAU KALIMANTAN**

©Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengikuti kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

FADILLAH ROHIMAHASTUTI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI STATISTIKA DAN SAINS DATA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

IPB University



Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Thesis : Prediksi Kebakaran Hutan dan Lahan Berdasarkan Jumlah *Hotspot*
Menggunakan Model Bayes Spatio-Temporal di Pulau Kalimantan
Nama : Fadillah Rohimahastuti
NIM : G1501211063

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Anik Djuraidah, M.S.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Hari Wijayanto, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Agus Mohamad Soleh, S.Si, M.T
NIP 197503151999031004

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 197807232007011001



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini berjudul “Prediksi Kebakaran Hutan dan Lahan Berdasarkan Jumlah Hotspot Menggunakan Model Bayes Spatio-Temporal di Pulau Kalimantan”.

Penulisan karya ilmiah ini dapat diselesaikan oleh penulis tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Anik Djuraidah, M.S. selaku dosen pembimbing 1 dan Prof. Dr. Ir. Hari Wijayanto, M.Si. selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing, memberikan ilmu, arahan, dan motivasi, serta banyak memberi saran dan masukan.
2. Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S. selaku dosen penguji dalam ujian tesis, yang telah memberikan banyak kritik, saran, dan wawasan dalam penulisan karya ilmiah ini.
3. Dr. Ir. Erfiani M.Si. selaku moderator dalam seminar kolokium dan seminar hasil yang telah memberikan banyak kritik, saran, dan wawasan dalam penulisan karya ilmiah ini.
4. Keluarga tercinta yaitu Ayah (Syamsi Thamrin), Mama (Nur Ahsanty), kakak (Riri Septyaningrum Putri), kedua adik (Trindari Aprini Putri dan Ragilya Maini Putri) serta keluarga besar yang telah memberikan doa, dukungan, perhatian, dan kasih sayang kepada penulis, yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
5. Seluruh Dosen pengajar Departemen Statistika atas ilmu yang telah diberikan.
6. Staf Tata Usaha Statistika IPB yang dengan sabar selalu membantu segala proses administrasi.
7. Teman-teman program studi statistika dan sains data 2021 dan teman-teman lainnya yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
8. Seluruh pihak yang telah membantu penulisan karya ilmiah ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Fadillah Rohimahastuti



RINGKASAN	ii
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Indikator Kebakaran Hutan dan Lahan	4
2.3 Indikator Iklim	6
2.4 Matriks Pembobot Spasial	7
2.5 <i>Getis-Ord G</i>	8
2.6 Model Bayes dengan Pendekatan INLA	9
2.7 Model <i>Conditional Auto-Regressive</i> (CAR)	10
2.8 Model Spatio-Temporal	12
2.9 Uji Perbandingan dan Kebaikan Model	12
III METODE	13
3.1 Sumber dan Jenis Data	15
3.2 Tahapan Penelitian	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Eksplorasi Data	19
4.2 Analisis Korelasi	19
4.3 Uji Dependensi Spasial	37
4.4 Bobot Spasial	40
4.5 Model Spatio-Temporal	44
4.6 Hasil Pendugaan	47
V SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	60
RIWAYAT HIDUP	81

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak mengugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



1	Ringkasan statistik data <i>hotspot</i>	22
2	<i>Goodness of fit</i>	24
3	Interpretasi koefisien korelasi	37
4	Jarak optimum untuk setiap bulan berdasarkan skor Getis global	42
5	Ringkasan konstanta bobot KNN	45
6	Ringkasan konstanta bobot jarak invers	45
7	Ringkasan konstanta bobot jarak eksponensial ($\alpha = 1$)	46
8	Ringkasan konstanta bobot jarak eksponensial ($\alpha = 2$)	46
9	Perbandingan bobot spasial berdasarkan skor getis global baku	47
10	Performa model	48
11	Nilai dugaan parameter model terbaik	49

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi pengukuran jumlah <i>hotspot</i>	7
2	Peta Pulau Kalimantan	15
3	Skema tahapan penelitian	18
4	Peta sebaran rata-rata <i>hotspot</i> dari tahun 2006-2020 (tanpa skala)	19
5	Histogram jumlah <i>hotspot</i> dari tahun 2006-2020	20
6	Histogram jumlah <i>hotspot</i> untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015	20
7	Peta sebaran <i>hotspot</i> untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015 (tanpa skala)	21
8	Histogram data <i>hotspot</i>	22
9	Grafik <i>Cullen and Frey</i>	23
10	Grafik perbandingan sebaran Binomial Negatif dan Poisson	23
11	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata curah hujan dalam bulan dari tahun 2006-2020	24
12	Peta sebaran rata-rata curah hujan dari tahun 2006-2020 (tanpa skala)	25
13	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata curah hujan dalam tahun dari tahun 2006-2020	26
14	Peta sebaran curah hujan untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015 (tanpa skala)	26
15	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan lamanya hari tanpa hujan dalam bulan dari tahun 2006-2020	27
16	Peta sebaran rata-rata hari tanpa hujan dari tahun 2006-2020 (tanpa skala)	28
17	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan lamanya hari tanpa hujan dalam tahun dari tahun 2006-2020	28
18	Peta sebaran hari tanpa hujan untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015 (tanpa skala)	29
19	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata suhu udara dalam bulan dari tahun 2006-2020	30



20	Peta sebaran rata-rata suhu udara dari tahun 2006-2020 (tanpa skala)	30
21	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata suhu udara dalam tahun dari tahun 2006-2020	31
22	Peta sebaran suhu udara untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015 (tanpa skala)	31
23	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata kecepatan angin dari dalam bulan tahun 2006-2020	32
24	Peta sebaran rata-rata kecepatan angin dari tahun 2006-2020 (tanpa skala)	33
25	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata kecepatan angin dalam tahun dari tahun 2006-2020	33
26	Peta sebaran kecepatan angin untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015 (tanpa skala)	34
27	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata kelembaban dalam bulan dari tahun 2006-2020	35
28	Peta sebaran rata-rata kelembaban dari tahun 2006-2020 (tanpa skala)	35
29	Histogram perbandingan jumlah <i>hotspot</i> dan rata-rata kelembaban dalam tahun dari tahun 2006-2020	36
30	Peta sebaran kelembaban untuk setiap bulan pada tahun (A) 2006 dan (B) 2015 (tanpa skala)	36
31	Peta korelasi <i>hotspot</i> dengan curah hujan (tanpa skala)	38
32	Peta korelasi <i>hotspot</i> dengan hari tanpa hujan (tanpa skala)	38
33	Peta korelasi <i>hotspot</i> dengan suhu udara (tanpa skala)	39
34	Peta korelasi <i>hotspot</i> dengan kecepatan angin (tanpa skala)	40
35	Peta korelasi <i>hotspot</i> dengan kelembaban (tanpa skala)	40
36	Skor getis global baku untuk setiap bulan berdasarkan jarak	41
37	Peta sebaran skor Getis lokal baku untuk setiap bulan berdasarkan (A) signifikansi dan (B) statistik uji (tanpa skala)	43
38	Perbandingan antara jumlah <i>hotspot</i> aktual dengan prediksi dari model terbaik tahun 2006 untuk (A) seluruh lokasi dan (B) lokasi ke-690	50
39	Peta sebaran <i>hotspot</i> dari model terbaik tahun 2006 untuk setiap bulan (A) secara aktual dan (B) prediksi (tanpa skala)	51
40	Perbandingan antara jumlah <i>hotspot</i> aktual dengan prediksi dari hasil evaluasi model tahun 2018 untuk (A) seluruh lokasi dan (B) lokasi ke-690	52
41	Peta sebaran <i>hotspot</i> dari hasil evaluasi model tahun 2018 untuk setiap bulan secara (A) aktual dan (B) prediksi (tanpa skala)	53
42	Prediksi jumlah <i>hotspot</i> pada tahun 2021 dari aspek (A) temporal dan (B) spasial (tanpa skala)	54

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengurangi kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Perbandingan antara jumlah <i>hotspot</i> aktual dengan prediksi dari model terbaik (A) seluruh lokasi (B) lokasi ke-690	61
2	Lampiran 2 Peta sebaran <i>hotspot</i> dari model terbaik untuk setiap bulan (A) aktual (B) prediksi (tanpa skala)	69
3	Lampiran 3 Perbandingan antara jumlah <i>hotspot</i> aktual dengan prediksi dari hasil evaluasi model (A) seluruh lokasi (B) lokasi ke-690	77
4	Lampiran 4 Peta sebaran <i>hotspot</i> dari hasil evaluasi untuk setiap bulan (A) aktual (B) prediksi (tanpa skala)	79