

PREDIKSI JUMLAH *HOTSPOT* DI KALIMANTAN DENGAN METODE REGRESI PROSES GAUSSIAN BERDASARKAN INDIKATOR IKLIM

HARI NURDIANTO



DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- 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.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Prediksi Jumlah *Hotspot* Di Kalimantan dengan Metode Regresi Proses Gaussian Berdasarkan Indikator Iklim” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2024

Hari Nurdianto
G5401201089



ABSTRAK

HARI NURDIANTO. Prediksi Jumlah *Hotspot* Di Kalimantan dengan Metode Regresi Proses Gaussian Berdasarkan Indikator Iklim. Dibimbing oleh SRI NURDIATI dan MOCHAMAD TITO JULIANTO.

Hotspot merupakan suatu indikator kebakaran hutan yang sangat dipengaruhi oleh indikator iklim lokal dan global. Kebakaran hutan merupakan salah satu bencana alam yang cukup rutin terjadi di Indonesia terutama di pulau Kalimantan. Penelitian ini mengembangkan model dengan *low hyperparameter complexity* untuk memprediksi jumlah *hotspot* berdasarkan indikator iklim. Tujuan penelitian ini yaitu mengonstruksi model regresi proses Gaussian menggunakan data jumlah *hotspot* di Kalimantan dengan fungsi kernel ARD eksponensial kuadrat dan melakukan *tuning* pada *hyperparameter* yakni nilai varian dari *noise* pada fungsi kernel. *Tuning hyperparameter* dilakukan dengan tiga metode optimisasi yaitu *Bayesian optimization*, *grid search*, dan *random search*. Hasilnya, model regresi proses Gaussian terbaik diperoleh menggunakan metode *Bayesian optimization* dan *random search* dengan nilai varian dari *noise* masing – masing sebesar 1401.3 dan 1128.2. Metode prediksi regresi proses Gaussian yang telah dioptimisasi menggunakan dua metode tersebut menghasilkan nilai metrik akurasi pada data *testing* yaitu nilai RMSE, MAE, dan *R-squared* masing-masing sebesar 844.47, 354.29, 54.52% dan 846.58, 350.93, 54,29%.

Kata kunci: *hotspot*, *hyperparameter tuning*, iklim, kernel, regresi proses Gaussian.

ABSTRACT

HARI NURDIANTO. Predicting the Number of Hotspot in Kalimantan Using Gaussian Regression Based on Climate Indicators. Supervised by SRI NURDIATI and MOCHAMAD TITO JULIANTO.

An hotspot is an indicator of forest fires heavily influenced by the local and global climate indicators. Forest fires are a natural disaster that regularly occurs in Indonesia, especially on the island of Kalimantan. This study develops a model with low hyperparameter complexity to predict the number of hotspots based on climate indicators. The purpose of this research is to construct a model using Gaussian Process Regression (GPR) with data on hotspot numbers in Kalimantan employing the ARD squared exponential kernel functions and tuning hyperparameters such as the variance value of noises in the kernel function. The hyperparameter tuning was performed using three optimizations. The methods are the Bayesian optimization, the grid search, and the random search. The results shows that the best GPR model was obtained using the Bayesian optimization and the random search, with sigma values of 1401.3 and 1128.2, respectively. The optimized GPR prediction methods using these two methods produce in accuracy metrics of RMSE, MAE, and R-squared values of 844.47, 354.29, 54.52% and 846.58, 350.93, 54.29% respectively.

Keywords: climate, Gaussian process regression, hotspot, hyperparameter tuning, kernel



@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 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 2024
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 JUMLAH *HOTSPOT* DI KALIMANTAN DENGAN METODE REGRESI PROSES GAUSSIAN BERDASARKAN INDIKATOR IKLIM

HARI NURDIANTO

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika pada
Program Studi Matematika

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- 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 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 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 Skripsi : Prediksi Jumlah *Hotspot* di Kalimantan dengan Metode Regresi
Proses Gaussian Berdasarkan Indikator Iklim

Nama : Hari Nurdianto
NIM : G5401201089

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sri Nurdianti, M.Sc



Pembimbing 2:
Mochamad Tito Julianto, M.Kom.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Matematika:
Dr. Ir. Endar Hasafah Nugrahani, M.S.
NIP 196312281989032001



Tanggal Ujian: 4 Juli 2024

Tanggal Lulus:

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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga saya diberikan kekuatan dan kesempatan untuk menyelesaikan karya ilmiah ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1. Penelitian ini berjudul “Prediksi Jumlah *Hotspot* di Kalimantan dengan Metode Regresi Proses Gaussian Berdasarkan Indikator Iklim” dan merupakan buah dari proses pembelajaran yang panjang serta penuh tantangan. Penyusunan tulisan ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang dicintai yakni Bapak Wasito dan Ibu Elis Supriati, keluarga yang tercinta, serta saudara kandung dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan melalui doa dan semangat kepada penulis selama ini,
2. Dosen pembimbing 1 Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Nurdianti, M.Sc. dan dosen pembimbing 2 Bapak Mochamad Tito Julianto, M.Kom., serta Mohamad Khoirun Najib, kakak asisten penelitian yang telah berbagi pengetahuan, nasihat, dan waktu mereka untuk membimbing dan mendukung saya dalam penelitian ini,
3. Dosen penguji Ibu Dr. Ir. Retno Budiarti, M.S. yang telah memberikan banyak kritik dan saran konstruktif terhadap penulisan karya ilmiah ini,
4. Seluruh dosen dan staf Departemen Matematika FMIPA IPB yang telah membantu saya selama masa studi,
5. Rekan-rekan satu bimbingan, Syukri Arif Rafhida, Muhammad Daryl Fauzan, Isnayni Feby Hawari, Suci Nur Setyawati, dan Amanda Nabila yang telah menemani dan membantu dalam penulisan karya ilmiah ini,
6. The Boys 57 yang setia menemani penulis dan memberikan dukungan moral serta keceriaan bagi penulis,
7. Seluruh anggota Hendor FC dan teman-teman SMA yang selalu memberikan keceriaan dan dukungan,
8. Teman KKN-T IPB 2023 Kelurahan Margajaya yang telah memberikan semangat dan dukungan.
9. Serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan karya ilmiah ini yang tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya dan berkontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Hari Nurdianto

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Fenomena <i>Hotspot</i>	3
2.2 Curah Hujan, Hari Tanpa Hujan, dan Anomali Curah Hujan	3
2.3 Pengaruh Iklim Global (<i>El Nino-Sothern Oscillation</i> dan <i>Indian Ocean Dipole</i>)	3
2.4 Regresi Proses Gaussian	4
2.5 Kernel	6
2.6 Kernel <i>Automatic Relevance Determination</i> (ARD)	7
2.7 <i>Tuning Hyperparameter</i>	8
2.8 <i>Noise Level</i>	11
2.9 <i>Cross validation</i>	11
2.10 <i>Goodness-of-Fit</i>	12
III METODE PENELITIAN	13
3.1 Sumber dan Jenis Data	13
3.2 Tahapan penelitan	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Pengolahan Awal Data	16
4.2 Pelatihan Model Regresi Proses Gaussian	16
4.3 Konstruksi Lanjutan Pemodelan Regresi Proses Gaussian	20
4.4 Optimisasi dengan <i>cross validation</i> dan <i>Tuning Hyperparameter</i>	21
4.5 Perbandingan Hasil dari Ketiga Metode	26
V SIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Simpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	32
RIWAYAT HIDUP.....	34

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



DAFTAR TABEL

1	Peubah-peubah yang digunakan dalam penelitian	16
2	Konstruksi model awal regresi proses Gaussian pada fungsi $\text{fitrgp}()$	17
	Akurasi model awal regresi proses Gaussian	18
	Perbandingan nilai metrik akurasi kernel dengan fitur awal	19
	Akurasi model awal regresi proses Gaussian tanpa nilai awal	20
	Akurasi model awal regresi proses Gaussian dengan nilai awal	21
	Hasil evaluasi model dengan <i>Bayesian optimization</i>	23
	Hasil evaluasi model dengan <i>grid search</i>	24
	Hasil evaluasi model dengan <i>random search</i>	25

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi model proses Gaussian untuk melakukan prediksi	6
2	Ilustrasi metode <i>grid search</i>	10
3	Ilustrasi metode <i>random search</i>	11
4	Diagram alir penelitian	15
5	Hasil prediksi jumlah <i>hotspot</i> dari model regresi proses Gaussian	17
6	Ilustrasi teknik <i>cross validation</i> pada penelitian	22
7	Perbandingan hasil prediksi dengan data aktual menggunakan <i>Bayesian optimization</i>	23
8	Perbandingan hasil prediksi dengan data aktual menggunakan <i>grid search</i>	24
9	Perbandingan hasil prediksi dengan data aktual menggunakan <i>random search</i>	25
10	Perbandingan nilai RMSE ketiga metode optimisasi	27

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.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Program Matlab untuk konstruksi, pelatihan, dan visualisasi dari model regresi proses Gaussian	33
2	<i>Pseudocode</i> algoritma model regresi proses Gaussian	33
3	<i>Pseudocode</i> algoritma prediksi data menggunakan model regresi proses Gaussian	33

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.