



PREDIKSI JUMLAH *HOTSPOT* DI KALIMANTAN MENGUNAKAN MODEL *LONG SHORT-TERM MEMORY* BERDASARKAN INDIKATOR IKLIM

MUHAMMAD DARYL FAUZAN



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



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Prediksi Jumlah *Hotspot* di Kalimantan Menggunakan Model *Long Short-Term Memory* 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

Muhammad Daryl Fauzan
G5401201087

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.

ABSTRAK

MUHAMMAD DARYL FAUZAN. Prediksi Jumlah *Hotspot* di Kalimantan Menggunakan Model *Long Short-Term Memory* Berdasarkan Indikator Iklim. Dibimbing oleh SRI NURDIATI dan MOCHAMAD TITO JULIANTO.

Kebakaran hutan dan lahan sudah menjadi fenomena yang memprihatinkan di Indonesia. Sebagai mitigasi, titik panas (*hotspot*) digunakan sebagai tahap awal untuk mengidentifikasi kebakaran. Dalam upaya memprediksi jumlah *hotspot*, model *deep learning* seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) dapat digunakan. Tujuan penelitian ini adalah membangun arsitektur model LSTM terbaik untuk memprediksi jumlah *hotspot* di Kalimantan berdasarkan indikator iklim. Model dilatih menggunakan metode *glorot uniform* sebagai metode inisiasi bobot, *optimizer* Nadam dengan *learning rate* 0,001, dan *early stopping* sebagai regularisasi model pada data *training* dengan proporsi sebesar 80%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM yang terbaik pada penelitian ini adalah model dengan 2 *layer* LSTM dan 4 *dense layer* yang dilatih untuk meminimumkan *Root Mean Squared Error* (RMSE) sebagai *loss function*. Model tersebut menggunakan *window* berukuran 12 dan *hidden layer* dengan 64 *node*. Pada data *testing*, model mampu memprediksi jumlah *hotspot* dengan *explained variance score* sebesar 83,4%.

Kata kunci: bobot, *dense*, *hotspot*, *layer*, LSTM

ABSTRACT

MUHAMMAD DARYL FAUZAN. Predicting the Number of Hotspots in Kalimantan Using Long Short Term Memory Model Based on Climate Indicators. Supervised by SRI NURDIATI and MOCHAMAD TITO JULIANTO.

Forest and land fires have become a concerning phenomenon in Indonesia. As mitigation, hotspots are used as an early stage to identify fires. In an effort to predict the number of hotspots, deep learning models such as Long Short-Term Memory (LSTM) can be used. The purpose of this research is to build the best LSTM model architecture to predict the number of hotspots in Kalimantan based on climate indicators. The model is trained using the *glorot uniform* method as a weight initiation method, Nadam optimizer with a learning rate of 0.001, and early stopping as model regularization on training data with a proportion of 80%. The results shows that the best LSTM model in this research is a model with 2 LSTM layers and 4 dense layers trained to minimize the Root Mean Squared Error (RMSE) as a loss function. The model uses a window of size 12 and a hidden layer with 64 nodes. On testing data, the model is able to predict the number of hotspots with an explained variance score of 83.4%.

Keywords: *dense*, *hotspot*, *layer*, LSTM, weight



© 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.

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.



**PREDIKSI JUMLAH *HOTSPOT* DI KALIMANTAN
MENGUNAKAN MODEL *LONG SHORT-TERM MEMORY*
BERDASARKAN INDIKATOR IKLIM**

MUHAMMAD DARYL FAUZAN

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.

Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. Ir. Endar Hasafah Nugrahani, M.S.

@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 merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Prediksi Jumlah *Hotspot* di Kalimantan Menggunakan Model
Long Short-Term Memory Berdasarkan Indikator Iklim

Nama : Muhammad Daryl Fauzan

NIM : G5401201087

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sri Nurdiati, 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: 22 Mei 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 Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2023 sampai bulan April 2024 ini ialah *deep learning* dengan judul “Prediksi Jumlah *Hotspot* di Kalimantan Menggunakan Model *Long Short-Term Memory* Berdasarkan Indikator Iklim”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Alfrets Kurniawan Sondakh dan ibu Sintia Arbaya Nasution selaku orang tua dari penulis serta keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa kepada penulis,
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc. selaku dosen pembimbing 1, Mochamad Tito Julianto, M.Kom. selaku dosen pembimbing kedua, serta Mohamad Khoirun Najib selaku asisten dosen pembimbing 1 yang telah memberikan ilmu, waktu, serta saran untuk membimbing dan membantu penulis,
3. Seluruh dosen dan asisten dosen di Departemen Matematika FMIPA IPB yang telah memberikan ilmu kepada penulis,
4. Seluruh staf Departemen Matematika FMIPA IPB yang sudah membantu administrasi penulis,
5. Teman-teman satu bimbingan, yaitu Isnayni Feby Hawari, Hari Nurdianto, Syukri Arif Rafhida, Amanda Nabila, dan Suci Nur Setyawati yang telah menemani penulis selama menyelesaikan karya ilmiah,
6. Grup Kelompok Sinergi, Grup Kalbun, serta teman-teman di Departemen Matematika FMIPA IPB yang telah berjuang bersama penulis selama kuliah,
7. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulisan karya ilmiah ini yang tidak dapat disebutkan satu-satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan baik di bidang Matematika, Statistika, maupun Ilmu Komputer.

Bogor, Juli 2024

Muhammad Daryl Fauzan



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Curah Hujan, Hari Tanpa Hujan, dan Anomali Curah Hujan	3
2.2 El Niño- <i>Southern Oscillation</i> dan <i>Indian Ocean Dipole</i>	3
2.3 Stasioneritas	4
2.4 <i>Autocorrelation Function</i> dan <i>Partial Autocorrelation Function</i>	4
2.5 <i>Artificial Neural Network</i>	4
2.6 <i>Recurrent Neural Network</i>	8
2.7 <i>Long Short-Term Memory</i>	10
2.8 <i>Backpropagation</i>	11
2.9 Inisiasi Bobot dan Bias	13
2.10 <i>Early Stopping</i>	13
2.11 Metrik Evaluasi	14
III METODE	15
3.1 Sumber dan Jenis Data	15
3.2 Tahapan Penelitian	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Eksplorasi Data	18
4.2 Preparasi Data	20
4.3 Konstruksi Model	20
4.4 Pelatihan Model	21
4.5 Evaluasi Model	22
V SIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Simpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	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.

DAFTAR TABEL

1	Ulasan data penelitian	15
2	Parameter model LSTM	20

DAFTAR GAMBAR

1	Arsitektur model <i>Artificial Neural Network</i>	5
2	Arsitektur <i>perceptron</i> pada 1 <i>node</i>	6
3	Visualisasi fungsi linear, ReLU, sigmoid, dan tanh	7
4	Ilustrasi model RNN	8
5	Skema (a) <i>many to one</i> dan (b) <i>many to many</i>	9
6	Arsitektur model LSTM	10
7	Diagram alir penelitian	17
8	Tren jumlah <i>hotspot</i>	18
9	Diagram ACF dan PACF	19
10	Desain Model	21
11	EVS model yang dilatih dengan <i>loss function</i> MSE	22
12	EVS model yang dilatih dengan <i>loss function</i> MAE	23
13	EVS model yang dilatih dengan <i>loss function</i> RMSE	24
14	Model terbaik dari setiap <i>loss function</i>	24
15	perbandingan data aktual dengan model 2 LSTM 4 <i>dense</i> yang dilatih dengan <i>loss function</i> RMSE dengan <i>window</i> berukuran 12.	25

DAFTAR LAMPIRAN

1	Bahasa pemrograman serta <i>package</i> yang digunakan untuk analisis data serta membangun model LSTM	31
2	<i>Pseudocode</i> dari pelatihan model	31
3	<i>Code</i> untuk membuat variabel independen serta variabel dependen yang dilatih oleh model LSTM dalam bahasa pemrograman Python	31
4	<i>Code</i> untuk mendefinisikan RMSE serta <i>early stopping</i>	32
5	<i>Code</i> untuk membangun salah satu model LSTM, yaitu model LSTM dengan 2 <i>layer</i> LSTM serta 4 <i>dense layer</i>	32