

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.

MODEL PREDIKSI TEMPORAL KONSENTRASI POLUTAN DENGAN MENGGUNAKAN LSTM DAN FACEBOOK PROPHET

MUHAMMAD IQBAL SHIDDIQ



**ILMU KOMPUTER
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



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

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Model Prediksi Konsentrasi Polutan dengan Menggunakan LSTM dan *Facebook Prophet*” 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, Agustus 2021

Muhammad Iqbal Shiddiq
G6501202043

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.



RINGKASAN

MUHAMMAD IQBAL SHIDDIQ. Model Prediksi Konsentrasi Polutan dengan Menggunakan LSTM dan *Facebook Prophet*. Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG dan ANNISA.

Hutan adalah salah satu aspek alam yang penting bagi kehidupan. Bencana kebakaran hutan dan lahan (karhutla) masih sering terjadi di berbagai negara, tak terkecuali di Indonesia. Bencana karhutla di Indonesia menimbulkan berbagai dampak negatif, salah satunya adalah bencana kabut asap. Bencana kabut asap di Indonesia menarik perhatian dunia karena asap karhutla dari Indonesia mencapai negara-negara tetangga seperti Malaysia dan Singapura. Bencana kabut asap tersebut dapat menimbulkan dampak langsung pada kesehatan manusia, khususnya saluran pernapasan. Kabut asap yang dihasilkan karhutla mengandung sejumlah gas dan partikel kimia yang berbahaya bagi pernapasan seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO), ozon (O₃), sulfur dioksida (SO₂), dan lainnya. Partikel CO dan CO₂ adalah partikel kimia yang komposisinya paling banyak diakibatkan oleh karhutla.

Salah satu upaya untuk meminimalisir dampak dari bencana kabut asap adalah dengan mengetahui arah sebaran kabut asapnya dan menganalisis nilai konsentrasi polutan pada kabut asap. Model konsentrasi polutan telah dibuat pada penelitian sebelumnya, namun dari hasil evaluasi modelnya belum terlalu baik karena nilai RMSE-nya masih cukup besar dan nilai koefisien korelasinya masih rendah sehingga model belum mampu mengikuti pola fluktuasi data aktualnya. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model prediksi konsentrasi CO dan CO₂ akibat karhutla dengan menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan *Facebook's Prophet*. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu praproses data, pembagian data, pembuatan model dengan beberapa skenario, dan evaluasi model. Penelitian ini berhasil meningkatkan performa dari model prediksi konsentrasi polutan dari penelitian sebelumnya. Model prediksi CO terbaik berhasil dibangun dengan metode *Facebook's Prophet* dan memperoleh nilai koefisien korelasi sebesar 0,616 dan nilai RMSE sebesar 0,014. Model prediksi CO₂ terbaik berhasil dibangun dengan metode *Facebook's Prophet* dan memperoleh nilai koefisien korelasi terbaik sebesar 0,689 dan nilai RMSE sebesar 1,648. Performa model dari setiap skenario sangat dipengaruhi oleh adanya *outlier* pada *dataset*. Dalam penelitian ini model prediksi terbaik untuk konsentrasi CO dan CO₂ diperoleh dengan menggunakan metode *Facebook's Prophet* dan menggunakan *dataset* dari Maret 2019 – Desember 2019.

Kata kunci: CO dan CO₂, *facebook's prophet*, kabut asap, *long short-term memory*, prediksi.



SUMMARY

MUHAMMAD IQBAL SHIDDIQ. Prediction Concentration Model of Pollutants Using LSTM and Facebook Prophet. Supervised by IMAS SUKAESIH SITANGGANG, and ANNISA.

Forests are one of the essential aspects of nature for life. Forest and land fire disasters still frequently occur in various countries, including Indonesia. Forest and land fire disasters in Indonesia have caused different negative impacts, one of which is the haze disaster. The haze disaster in Indonesia attracted worldwide attention because the smoke from forest and land fires from Indonesia reached neighboring countries such as Malaysia and Singapore. The haze disaster can have a direct impact on human health, especially the respiratory tract. The smog produced by forest and land fires contains several gases and chemical particles that are harmful to respiration, such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), nitrogen oxides (NO), ozone (O₃), sulfur dioxide (SO₂), and others. CO and CO₂ particles are chemical particles whose composition is mainly caused by forest and land fires.

One of the efforts to minimize the impact of the haze disaster is to know the direction of the smoke haze distribution and analyze the value of pollutant concentrations in the haze. The pollutant concentration model has been made in previous studies. However, from the evaluation results, the model is not very good because the RMSE value is still quite large, and the correlation coefficient value is still low, so that the model has not been able to follow the fluctuation pattern of the model actual data. This study aims to build a predictive model for CO and CO₂ concentrations due to forest and land fires using Long Short-Term Memory (LSTM) and Facebook's Prophet. This research consists of several stages: data preprocessing, data sharing, modeling with several scenarios, and model evaluation. This study builds a CO prediction model using the Facebook's Prophet algorithm that produces a correlation coefficient of 0.616 and an RMSE of 0.014. The CO₂ prediction model that was created using the Facebook's Prophet algorithm has a correlation coefficient of 0.689 and an RMSE of 1.648. The model performance of each experiment is still strongly influenced by the presence of outliers in the dataset. The best prediction model for CO and CO₂ pollutant concentrations in this study were obtained using Facebook's Prophet method and using a dataset from March 2019 – December 2019.

Keywords: CO and CO₂, Facebook's Prophet, Haze, Long Short-Term Memory, Prediction.



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021,
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.

MODEL PREDIKSI TEMPORAL KONSENTRASI POLUTAN DENGAN MENGGUNAKAN LSTM DAN FACEBOOK PROPHET

MUHAMMAD IQBAL SHIDDIQ

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Komputer

**ILMU KOMPUTER
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

- 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.



Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom, M.Kom

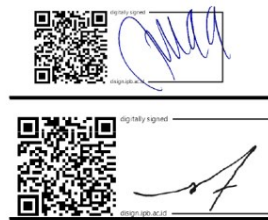
- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan 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 Tesis : Model Prediksi Temporal Konsentrasi Polutan dengan
Menggunakan LSTM dan *Facebook Prophet*
Nama : Muhammad Iqbal Shiddiq
NIM : G6501202043

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom

Pembimbing 2:
Dr. Eng. Annisa, S.Kom, M.Kom



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom.
NIP 19750130 199802 2 001

Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M. Eng.
NIP 19600419 198503 1 002



Tanggal Ujian:
6 Juli 2021

Tanggal Lulus: 04 SEP 2021



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 Januari 2020 sampai bulan Juni 2019 ini ialah meminimalisir dampak dari kebakaran hutan dan lahan di Indonesia, dengan judul “Model Prediksi Temporal Konsentrasi Polutan dengan Menggunakan LSTM dan *Facebook Prophet*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada orang tua, bapak Wastalim Permana, dan ibu Ominah yang telah merawat dan membimbing saya sejak kecil. Ungkapan terima kasih juga disampaikan ibu Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom dan ibu Dr. Eng. Annisa, S.Kom, M.Kom yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada, bapak Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom, M.Kom atas saran dan masukkannya selaku dosen penguji siding akhir tesis penulis. Ungkapan terima kasih juga disampaikan keluarga, serta teman seperjuangan kuliah yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

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

Bogor, Agustus 2021

Muhammad Iqbal Shiddiq



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kebakaran Hutan dan Lahan	5
2.2 Akuisisi Data Penelitian	5
2.3 <i>XGBoost</i>	7
2.4 <i>Long Short-Term Memory</i>	8
2.5 Facebook's Prophet	9
III METODE	11
3.1 Data Penelitian	11
3.2 Tahap Penelitian	12
3.3 Lingkungan Pengembangan	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Praproses Data	18
4.2 Pembagian Data	21
4.3 Pembangunan Model	21
4.4 Evaluasi Model	31
V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	37
RIWAYAT HIDUP	42

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.



DAFTAR TABEL

3.1 Atribut dataset penelitian Shiddiq <i>et al.</i> (2020)	11
3.2 Perbedaan setiap skenario	12
4.1 Atribut kecepatan angin dan arah angin sebelum dan setelah praproses pada atribut VWND	18
4.2 Contoh data sebelum dan setelah normalisasi pada atribut UWND	19
4.3 Peubah penjelas baru yang akan digunakan untuk membuat model	20
4.4 Arsitektur LSTM untuk membuat model prediksi konsentrasi polutan	21
4.5 Nilai-nilai parameter yang dicoba	21
4.6 Nilai-nilai parameter yang dicoba (lanjutan)	22

DAFTAR GAMBAR

1.1 Kerangka pemikiran penelitian	2
2.1 Contoh hasil simulasi <i>trajectory</i> (Shiddiq <i>et al.</i> (2020)	6
2.2 Contoh hasil simulasi disperse polutan (Shiddiq <i>et al.</i> (2020)	6
2.3 Ilustrasi dari <i>XGBoost</i> dalam klasifikasi minat permainan <i>game online</i> (Chen dan Guestrin 2016)	7
2.4 Contoh arsitektur LSTM (Olah 2015)	9
3.1 Sebaran data latih dan data uji dari nilai konsentrasi polutan CO	11
3.2 Sebaran data latih dan data uji dari nilai konsentrasi polutan CO ₂	12
3.3 Tahap penelitian	13
3.4 Tahapan penelitian skenario 1	14
3.5 Tahapan penelitian skenario 2	15
3.6 Tahapan penelitian skenario 3	15
3.7 Tahapan penelitian skenario 4	16
4.1 Plot ACF dan PACF <i>dataset A</i>	19
4.2 Plot ACF dan PACF <i>dataset B</i>	20
4.3 Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 1)	22
4.4 Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 1)	23
4.5 Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 2)	23
4.6 Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 2)	24
4.7 Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan LSTM (Skenario 2)	24
4.8 Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan LSTM (Skenario 2)	25
4.9 <i>Feature Importance XGBoost</i> untuk konsentrasi CO (Skenario 3)	25
4.10 <i>Feature Importance XGBoost</i> untuk konsentrasi CO ₂ (Skenario 3)	26

4.11	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 3)	26
4.12	perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 3)	27
4.13	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan LSTM (Skenario 3)	27
4.14	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan LSTM (Skenario 3)	28
4.15	<i>Feature Importance XGBoost</i> untuk konsentrasi CO (Skenario 4)	28
4.16	<i>Feature Importance XGBoost</i> untuk konsentrasi CO ₂ (Skenario 4)	29
4.17	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 4)	29
4.18	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan <i>Facebook's Prophet</i> (Skenario 4)	30
4.19	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO dengan LSTM (Skenario 4)	30
4.20	Plot perbandingan nilai aktual dan prediksi konsentrasi CO ₂ dengan LSTM (Skenario 4)	31
4.21	Plot perbandingan evaluasi setiap skenario untuk model prediksi CO	31
4.22	Plot perbandingan evaluasi setiap skenario untuk model prediksi CO ₂	32

DAFTAR LAMPIRAN

1	Rata-rata dan simpangan baku beberapa sifat fisik dan kimia tanah dari 78 contoh tanah di Kebun Percobaan Ciheuleut	38
2	Umur, indeks luas daun, dan hasil biji kering jagung yang ditanam pada lima ketinggian tempat	39

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.



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

Perpustakaan IPB University