

PEMBANGUNAN MODEL PREDIKSI POTENSI KARHUTLA MENGUNAKAN ALGORITMA *MACHINE LEARNING* BERDASARKAN DATA PATROLI

ANGGA BAYU SANTOSO



PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pembangunan Model Prediksi Potensi Karhutla Menggunakan Algoritma *Machine Learning* Berdasarkan Data Patroli” 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, Juni 2024

Angga Bayu Santoso
G6501221026

RINGKASAN

ANGGA BAYU SANTOSO. Pembangunan Model Prediksi Potensi Karhutla Menggunakan Algoritma *Machine Learning* Berdasarkan Data Patroli. Dibimbing oleh IMAS SUKAESIH SITANGGANG dan MEDRIA KUSUMA DEWI HARDHIENATA.

Indonesia mempunyai luas hutan sebesar 120 juta hektar atau 64% dari luas daratannya. Meski demikian, faktanya hutan Indonesia terus mengalami deforestasi. Angka laju deforestasi Indonesia tertinggi terjadi tahun 2018-2019 (844,72 ha/tahun). Sekitar 57% deforestasi Indonesia diakibatkan oleh perubahan penutupan hutan. Salah satu faktornya adalah terjadinya kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Upaya pengendalian karhutla dilakukan dengan pembangunan Sistem Informasi Patroli Pencegahan (SIPP) Karhutla untuk patroli terpadu. Namun, data patroli hanya digunakan untuk observasi dan analisis spasial sederhana dalam modul spasial. Data patroli belum digunakan untuk analisis pencegahan karhutla lebih lanjut.

Sebagai langkah mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan membangun model prediksi potensi karhutla menggunakan algoritma SVM, Random Forest dan XGBoost berdasarkan data patroli. Kemudian dilakukan perbandingan kinerja model prediksi SVM, Random Forest dan XGBoost dalam prediksi potensi karhutla untuk mendapatkan model prediksi terbaik.

Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan data dan eksplorasi data. Praproses data terdiri dari identifikasi dan penanganan *outlier* serta *missing value*, transformasi data dan penanganan ketidakseimbangan kelas data. Kemudian dilakukan tahapan pembagian data dan *k-fold cross validation*. Pembangunan model prediksi menggunakan algoritma SVM, Random Forest dan XGBoost. Setelah itu, dilakukan *hyperparameter tuning*, pengujian model dan evaluasi model. Tahap akhir yaitu perbandingan model dan visualisasi hasil prediksi model terbaik.

Penelitian ini berhasil membangun model prediksi potensi karhutla menggunakan algoritma SVM, Random Forest, dan XGBoost berdasarkan data patroli SIPP karhutla. Model prediksi dibangun melalui tahap praproses data menggunakan metode *Synthetic Minority Oversampling Technique and Edited Nearest Neighbor* (SMOTE-ENN) yang berhasil menangani ketidakseimbangan kelas data. Kemudian, metode *Random Search* berhasil mendapatkan kombinasi *hyperparameter* terbaik untuk optimasi model prediksi.

Performa model prediksi dilihat dari akurasi setelah optimasi model, yaitu SVM-linier (79,65%), SVM-polynomial (76,82%), SVM-rbf (76,75%), SVM-sigmoid (33,82%), Random Forest (94,95%) dan model XGBoost (95,55%). Oleh karena itu, model prediksi terbaik adalah XGBoost (95,55%) untuk prediksi potensi karhutla di Sumatera dan Kalimantan. Model XGBoost dapat mengungguli model prediksi lainnya karena penggunaan teknik *boosting* yang meningkatkan performa model dengan cara mengurangi selisih antara data aktual dan hasil prediksi. Hasil analisis korelasi menunjukkan variabel prediktor dengan korelasi tertinggi terhadap hasil prediksi pada model XGBoost adalah kondisi vegetasi kering, dengan tingkat korelasi (10,69%). Selain itu, faktor iklim dan lingkungan juga mempengaruhi hasil prediksi penelitian ini, sehingga hasilnya dapat berbeda di wilayah yang berbeda.

Kata kunci: kebakaran hutan dan lahan, prediksi, Random Forest, SVM, XGBoost



SUMMARY

ANGGA BAYU SANTOSO. Development of a Prediction Model for Potential Forest and Land Fires using Machine Learning Algorithms Based on Patrol Data. Supervised by IMAS SUKAESIH SITANGGANG, and MEDRIA KUSUMA DEWI HARDHIENATA.

Indonesia has a forest area of 120 million hectares, or 64% of its land area. However, the fact is that Indonesia's forests continue to experience deforestation. Indonesia's highest deforestation rate occurred in 2018-2019 (844.72 ha/year). Around 57% of Indonesia's deforestation was caused by changes in forest cover. One of the factors is the occurrence of forest and land fires (karhutla). Efforts to control forest and land fires are carried out with the development of the Karhutla Prevention Patrol Information System (SIPP) for integrated patrols. However, patrol data is only used for observation and simple spatial analysis in the spatial module. Patrol data has yet to be used for further study of forest and land fire prevention. To overcome these problems, this research aims to build a prediction model of forest and land fire potential using SVM, Random Forest, and XGBoost algorithms based on patrol data. Then, the performance of SVM, Random Forest, and XGBoost prediction models are compared to get the best model.

The research phase began with data collection and exploration. Data preprocessing consists of identifying and handling outliers and missing values, data transformation, and data class imbalance. Then, the data division and k-fold cross-validation stages are carried out. Prediction model building uses SVM, Random Forest, and XGBoost algorithms. After that, hyperparameter tuning, model testing, and model evaluation are performed. The final stage is a model comparison and visualization of the best model prediction results.

This research successfully built a prediction model of forest and land fire potential using SVM, Random Forest, and XGBoost algorithms based on SIPP forest and land fire patrol data. The prediction model is built through a data preprocessing stage using the Synthetic Minority Oversampling Technique and Edited Nearest Neighbor (SMOTE-ENN) method, which successfully handles data class imbalance. Then, the Random Search method successfully obtained the best combination of hyperparameters for prediction model optimization.

The prediction model performance is seen from the accuracy after model optimisation, namely SVM-linear (79.65%), SVM-polynomial (76.82%), SVM-rbf (76.75%), SVM-sigmoid (33.82%), Random Forest (94.95%) and XGBoost model (95.55%). Therefore, the best prediction model is XGBoost (95.55%) for predicting potential forest and land fires in Sumatra and Kalimantan. The XGBoost model can outperform other prediction models due to the use of boosting techniques that improve model performance by reducing the difference between actual data and prediction results. The correlation analysis results show that the predictor variable with the highest correlation to the prediction results in the XGBoost model is dry vegetation conditions, with a correlation level of (10.69%). Furthermore, climate and environmental factors affect this study's prediction results, so that the results can differ in different regions.

Keywords: forest and land fire, prediction, Random Forest, SVM, XGBoost

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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 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



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.

PEMBANGUNAN MODEL PREDIKSI POTENSI KARHUTLA MENGUNAKAN ALGORITMA *MACHINE LEARNING* BERDASARKAN DATA PATROLI

ANGGA BAYU SANTOSO

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

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
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.

**Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:
Dr. Aziz Kustiyo, S.Si., M.Kom**



Judul Tesis : Pembangunan Model Prediksi Potensi Karhutla Menggunakan
Algoritma *Machine Learning* Berdasarkan Data Patroli
Nama : Angga Bayu Santoso
NIM : G6501221026

@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.

Disetujui oleh

dan Pembimbing 1:

Medria Kusuma Dewi Hardhienata, S.Komp., Ph.D.



Pembimbing 2:

Medria Kusuma Dewi Hardhienata, S.Komp., Ph.D.



Diketahui oleh

Plh. Ketua Program Studi:
Dr. Aziz Kustiyo, S.Si, M.Kom.
NIP. 19700719 199802 1 001



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan
Alam:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP. 19780723 200701 1 001



Tanggal Ujian:
28 Mei 2024

Tanggal Lulus:



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 Mei 2023 sampai bulan Juni 2024 ini ialah sistem informasi, dengan judul “Pembangunan Model Prediksi Potensi Karhutla Menggunakan Algoritma *Machine Learning* Berdasarkan Data Patroli”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom. dan Medria Kusuma Dewi Hardhienata, S.Komp., Ph.D. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Bib Paruhum Silalahi, M.Kom dan Dr. Aziz Kustiyo, S.Si., M.Kom. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Balai Pengendalian dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah membantu selama pengumpulan data. Terimakasih kepada Beasiswa Pendidikan Indonesia yang telah membantu pendanaan selama studi dan penelitian ini. Terimakasih kepada Universitas Teknokrat Indonesia untuk seluruh dukungan selama studi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

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

Bogor, Juni 2024

Angga Bayu Santoso

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 ISI

DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Sistem Informasi Patroli Pencegahan (SIPP) Karhutla	6
2.2 <i>Mobile Application</i> SIPP Karhutla	6
2.3 <i>Web-Based Application</i> SIPP Karhutla	7
2.4 Modul Analisis Spasial SIPP Karhutla	8
2.5 Parameter Data SIPP Karhutla	8
2.6 Model Prediksi Kebakaran Hutan dan Lahan	10
2.7 <i>Algoritma Supervised Machine Learning</i>	14
2.8 <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	15
2.9 Random Forest	19
2.10 <i>Extreme Gradient Boosting (XGBoost)</i>	20
2.11 <i>K-fold cross validation</i>	22
2.12 <i>Hyperparameter Tuning</i>	23
2.13 <i>Metode Synthetic Minority Oversampling Technique dan Edited Nearest Neighbor (SMOTE-ENN)</i>	24
III METODE	26
3.1 Studi Area Penelitian	26
3.2 Tahapan Pembangunan Model Prediksi	27
3.3 Lingkungan Pengembangan	33
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pengumpulan data patroli	34
4.2 Eksplorasi data	35
4.3 Praproses data	39
4.4 Pembagian data	47
4.5 <i>K-fold cross validation</i>	47
4.6 Pembangunan model prediksi	47
4.7 <i>Hyperparameter tuning</i>	53
4.8 Pengujian model prediksi	60
4.9 Evaluasi model prediksi	72
4.10 Perbandingan model prediksi	82
4.11 Percobaan implementasi model prediksi terbaik	85

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.



4.12	Visualisasi hasil prediksi model terbaik	87
V	KESIMPULAN DAN SARAN	90
5.1	Simpulan	90
5.2	Saran	90
	DAFTAR PUSTAKA	91
	RIWAYAT HIDUP	96

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	Fitur modul analisis SIPP karhutla	8
2	Data patroli	8
3	Hasil tes dan observasi	9
4	Sosialisasi dan koordinasi data	9
5	Data pemadaman awal selama patroli	10
6	Pengecekan titik panas di lapangan selama kegiatan patroli	10
7	Penelitian model prediksi kebakaran hutan dan lahan	11
8	Atribut data patroli SIPP karhutla	28
9	Penentuan peringkat bahaya kebakaran berdasarkan uji daun tunggal	28
10	Penentuan peringkat bahaya kebakaran berdasarkan uji serasah	29
11	<i>Confusion matrix</i> dua kelas (Han <i>et al.</i> 2012)	31
12	Parameter data patroli SIPP karhutla	34
13	Tipe data patroli SIPP karhutla	35
14	Total kejadian kelas potensi karhutla	39
15	Jumlah <i>outlier</i> variabel numerik	40
16	Batas atas, batas bawah dan nilai minimum	40
17	Akurasi rata-rata model prediksi	52
18	<i>Hyperparameter</i> SVM (Fajri dan Primajaya 2023)	53
19	<i>Hyperparameter</i> Random Forest (Melvin dan Soraya 2023)	53
20	<i>Hyperparameter</i> XGBoost (Melvin dan Soraya 2023)	53
21	<i>Confusion matrix</i> model prediksi SVM-linier	73
22	<i>Confusion matrix</i> model prediksi SVM-polynomial	74
23	<i>Confusion matrix</i> model prediksi SVM-rbf	76
24	<i>Confusion matrix</i> model prediksi SVM-sigmoid	78
25	<i>Confusion matrix</i> model prediksi Random Forest	79
26	<i>Confusion matrix</i> model prediksi XGBoost	81
27	Nilai <i>precision</i> , <i>recall</i> , <i>f1 score</i> dan <i>accuracy</i> (%)	83
28	Hasil analisis perbandingan model prediksi	84
29	Parameter data patroli SIPP karhutla	86
30	Wilayah dengan titik potensi terbanyak di pulau Sumatera	88
31	Wilayah dengan titik potensi terbanyak di pulau Kalimantan	88

DAFTAR GAMBAR

1	Data luas karhutla pulau Sumatera tahun 2013-2022 (Sipongi 2023)	2
2	Data luas karhutla pulau Kalimantan tahun 2013-2022 (Sipongi 2023)	2
3	Komponen dalam SIPP karhutla (Sitanggang <i>et al.</i> 2022)	6
4	Contoh sebuah masalah yang dapat dipisahkan dalam ruang 2 dimensi. Vektor pendukung, ditandai dengan kotak abu-abu, menentukan margin pemisahan terbesar antara dua kelas (Vapnik <i>et al.</i> 1995).	16
5	Ilustrasi kernel linier (Liu <i>et al.</i> 2019)	17
6	Efek dari derajat kernel polynomial (Ben <i>et al.</i> 2008)	17
7	Ilustrasi kernel sigmoid (Kim 2014)	18
8	Ilustrasi kernel RBF (Budiman 2019)	18

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.

9	Struktur algoritma Random Forest (Padovese dan Rodrigues 2019)	20
10	Struktur algoritma XGBoost (Ahmad <i>et al.</i> 2022)	21
11	Metode <i>k-fold cross-validation</i> (Ren <i>et al.</i> 2019)	23
12	Perbandingan antara (a) <i>grid search</i> dan (b) <i>random search</i> pada <i>hyperparameter tuning</i> . Sembilan titik menunjukkan kandidat. Kurva di sebelah kiri dan atas menunjukkan akurasi model (Ezra <i>et al.</i> 2020).	24
13	Ilustrasi metode SMOTE dan ENN (Yang <i>et al.</i> 2022)	25
14	Peta deforestasi Sumatera 2020-2021 (Ratnasari <i>et al.</i> 2022)	26
15	Peta deforestasi Kalimantan 2020-2021 (Ratnasari <i>et al.</i> 2022)	26
16	Tahapan pembangunan model prediksi	27
17	Skema <i>confusion matrix</i> tiga kelas (Wabang <i>et al.</i> 2022)	32
18	Hasil identifikasi distribusi data	36
19	Presentase kelas potensi karhutla	36
20	Jumlah data kelas potensi karhutla	37
21	Jumlah kejadian karhutla pertanggal	37
22	Jumlah kejadian kelas potensi karhutla pertanggal	38
23	<i>Blox plot</i> hasil identifikasi <i>outlier</i>	40
24	<i>Blox plot</i> hasil penanganan <i>outlier</i>	41
25	Hasil identifikasi <i>missing value</i>	41
26	Hasil penanganan <i>missing value</i>	42
27	Hasil <i>encode</i> variabel cuaca pagi	43
28	Hasil <i>encode</i> variabel cuaca siang	43
29	Hasil <i>encode</i> variabel cuaca sore	43
30	Hasil <i>encode</i> variabel jenis dan kondisi tanah	44
31	Hasil <i>encode</i> kondisi vegetasi	44
32	Hasil <i>encode</i> jenis vegetasi (1)	44
33	Hasil <i>encode</i> jenis vegetasi (2)	45
34	Data hasil <i>label encode</i>	45
35	Plot kelas potensi karhutla sebelum resampling	46
36	Hasil penanganan ketidakseimbangan kelas data	47
37	<i>Code</i> pembangunan model prediksi SVM-linier	48
38	<i>Code</i> pembangunan model prediksi SVM-polynomial	49
39	<i>Code</i> pembangunan model prediksi SVM-rbf	49
40	<i>Code</i> pembangunan model prediksi SVM-sigmoid	50
41	<i>Code</i> pembangunan model prediksi Random Forest	51
42	<i>Code</i> pembangunan model prediksi XGBoost	51
43	Plot akurasi rata-rata model prediksi	53
44	<i>Code hyperparameter tuning</i> model prediksi SVM-linier	54
45	<i>Code optimasi</i> model prediksi SVM-linier	54
46	<i>Code hyperparameter tuning</i> model prediksi SVM-polynomial	55
47	<i>Code optimasi</i> model prediksi SVM-polynomial	55
48	<i>Code hyperparameter tuning</i> model prediksi SVM-rbf	56
49	<i>Code optimasi</i> model prediksi SVM-rbf	56
50	<i>Code hyperparameter tuning</i> model prediksi SVM-sigmoid	57
51	<i>Code optimasi</i> model prediksi SVM-sigmoid	57
52	<i>Code hyperparameter tuning</i> model prediksi Random Forest	58
53	<i>Code optimasi</i> model prediksi Random Forest	59

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.

54	<i>Code hyperparameter tuning</i> model prediksi XGBoost	59
55	<i>Code</i> optimasi model prediksi XGBoost	60
56	<i>Code</i> dan hasil prediksi model SVM-linier	61
57	Dataframe hasil prediksi dan data uji model SVM-linier	61
58	Hasil integrasi fitur pada hasil prediksi model SVM-linier	62
59	<i>Code</i> dan hasil prediksi model SVM-polynomial	63
60	Dataframe hasil prediksi dan data uji model SVM-polynomial	63
61	Hasil integrasi fitur pada hasil prediksi model SVM-polynomial	64
62	<i>Code</i> dan hasil prediksi model SVM-rbf	65
63	Dataframe hasil prediksi dan data uji model SVM-rbf	65
64	Hasil Integrasi fitur pada hasil prediksi model SVM-rbf	66
65	<i>Code</i> dan hasil prediksi model SVM-sigmoid	67
66	Dataframe hasil prediksi dan data uji model SVM-sigmoid	67
67	Hasil Integrasi fitur pada hasil prediksi model SVM-sigmoid	68
68	<i>Code</i> dan hasil prediksi model SVM-Random Forest	69
69	Dataframe hasil prediksi dan data uji model Random Forest	69
70	Hasil integrasi fitur pada hasil prediksi model Random Forest	70
71	<i>Code</i> dan hasil prediksi model XGBoost	71
72	Dataframe hasil prediksi dan data uji model XGBoost	71
73	Hasil integrasi fitur pada hasil prediksi model XGBoost	72
74	Perbandingan antara (a) akurasi model prediksi sebelum <i>hyperparameter tuning</i> dan (b) akurasi model prediksi setelah <i>hyperparameter tuning</i> .	84
75	Tahapan percobaan implementasi model prediksi XGBoost	85
76	<i>Code</i> untuk mengunggah model XGBoost	86
77	Hasil prediksi potensi karhutla model XGBoost	87
78	Visualisasi korelasi variabel prediktor dengan variabel target	87
79	Plot spasial hasil prediksi model prediksi XGBoost	88
80	Plot jumlah data perkelas hasil prediksi model XGBoost	89

@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.