

INTEGRASI ANALISIS VARIAN PADA ALGORITMA LEBAH UNTUK SELEKSI FITUR PADA MODEL KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT EMBUN BULU

CHAERUR ROZIKIN



**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

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



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

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Integrasi Analisis Varian pada Algoritma Lebah untuk Seleksi Fitur pada Model Klasifikasi Tingkat Keparahatan Penyakit Embun Bulu pada Tanam Melon” 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 disertasi ini.

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

Bogor, 20 Agustus 2024

Chaerur Rozikin
G661190091

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



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

RINGKASAN

CHAERUR ROZIKIN. Integrasi Analisis Varian pada Algoritma Lebah untuk Seleksi Fitur pada Model Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Embun Bulu. Dibimbing oleh AGUS BUONO, SRI WAHJUNI, CHUSNUL ARIF dan WIDODO.

Penyakit pada daun melon dapat diamati melalui gejala yang tampak pada permukaan daun melon. Penyakit daun pada tanaman melon yaitu *downy mildew* (Embun Bulu) memiliki gejala bercak kuning pada area daun melon, *Powdery Mildew* memiliki gejala ada bintik putih pada daun melon dan layu *fusarium* dengan gejala daun dan batang melon tampak layu. Penyakit daun melon yaitu *downy mildew* menyerang bagian daun dengan sangat cepat dan menyebabkan kematian tanaman jika tidak dilakukan tindakan pencegahan secara dini. Deteksi dan Klasifikasi tingkat keparahan penyakit *downy mildew* pada daun melon dapat dilakukan dengan menggunakan tenaga ahli dan hasil analisis laboratorium. Tenaga ahli memiliki kekurangan yaitu tidak semua daerah memiliki tenaga ahli tanaman khususnya penyakit tanaman melon. Hasil analisis lab memiliki kekurangan yaitu tidak semua petani melon memiliki laboratorium untuk mendeteksi penyakit daun pada tanaman melon. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan bantuan teknologi untuk mengenali tingkat keparahan penyakit *downy mildew* secara dini melalui pendekatan *image processing* dan *machine learning*.

Tujuan umum penelitian ini adalah membuat model klasifikasi tingkat keparahan penyakit pada daun tanaman melon dengan akurasi tinggi, waktu komputasi rendah, dan penggunaan memori rendah. Tujuan khusus penelitian ini adalah Pertama membuat model klasifikasi menggunakan model LGBM, kedua membuat model perbandingan pembagian dataset untuk mendapatkan nilai akurasi tertinggi, dan ketiga mengembangkan model seleksi fitur berdasarkan *artificial bee colony optimization* dan Analisis varians sebagai fungsi fitnessnya.

Klasifikasi tingkat keparahan penyakit daun *downy mildew* dibagi kedalam 4 kelas yaitu kelas daun sehat (DS), *downy mildew grade 1* (DM1), *downy mildew grade 2* (DM2), *downy mildew grade 3* (DM3). Dalam klasifikasi tingkat keparahan penyakit daun *downy mildew* membutuhkan data gambar daun. Gambar daun melon tersebut dilakukan praproses dan ekstraksi fitur untuk mendapatkan dataset penyakit daun *downy mildew*. Praproses yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *resize* dan *cropping* gambar daun melon. Ekstraksi fitur yang dilakukan yaitu fitur warna, tepi, entropi dan tekstur. Hasil ekstraksi fitur berupa dataset fitur gabungan. Fitur gabungan rentan terhadap *noise* seperti reduksi fitur dan fitur tidak relevan. Untuk mengatasi masalah tersebut fitur gabungan diseleksi dengan menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC) *Optimization* untuk mendapatkan fitur optimal. Pada tahapan ABC terdapat menghitung fungsi *fitness* dan peneliti banyak menggunakan model akurasi sebagai fungsi *fitness*. Fungsi *fitness* menggunakan model akurasi memiliki kelemahan yaitu proses pencarian fitur membutuhkan waktu lama sehingga tidak efisien. Untuk mengatasi masalah tersebut penelitian ini mengusulkan konsep *Artificial Bee Colony* (ABC) *Optimization* dan Analisis Varian (ANOVA) untuk seleksi fitur yang diberi nama AVABC. ANOVA digunakan untuk menghitung fungsi *fitness* pada tahapan *Artificial Bee Colony* (ABC) *Optimization*.

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.

Hasil pengujian dengan menggunakan model klasifikasi LGBM tanpa seleksi fitur rata-rata akurasi 86,07%, penggunaan CPU 26,20%, penggunaan memori 7,27GB, waktu komputasi 0,44 detik. Hasil pengujian menggunakan seleksi fitur AVABC akurasi 81,61%, penggunaan CPU 15,70%, penggunaan memori 7,38GB, waktu komputasi 0,14 detik. Hasil pengujian dengan menggunakan skenario perbandingan dataset akurasi tertinggi pada skenario 3 dengan pembagian dataset 70% data latih dan 30% data uji. Hasil pengujian performa akurasi model LGBM 85%, *random forest* 82%, dan XGBoost 86%. Proses pencarian fitur terbaik menggunakan *artificial bee colony optimization* dengan fungsi fitness ANOVA membutuhkan waktu 5 menit 23 detik. Proses pencarian fitur terbaik menggunakan *artificial bee colony optimization* dengan fungsi fitness model akurasi seperti *random forest* membutuhkan waktu 14 jam 35 menit 19 detik, LGBM membutuhkan waktu 16 jam 52 menit 04 detik, dan XGBoost membutuhkan waktu 20 jam 08 menit 55 detik.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut hasil klasifikasi dengan data hasil seleksi fitur AVABC memiliki keunggulan dari sisi penggunaan CPU lebih rendah, waktu komputasi lebih cepat dan dari sisi penggunaan memori tidak jauh berbeda sementara kekurangan terletak pada hasil akurasi lebih rendah 4% dibandingkan klasifikasi tanpa menggunakan seleksi fitur. Dari sisi proses pencarian 8 fitur terbaik algoritma *Artificial Bee Colony Optimization* dengan fungsi *fitness* ANOVA memiliki keunggulan dari sisi waktu pencarian fitur terbaik lebih cepat yaitu membutuhkan waktu 5 menit 23 detik.

Kata kunci: ABC, AVABC, daun melon, klasifikasi penyakit, LGBM

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

:

- 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.

SUMMARY

CHAERUR ROZIKIN. Integration of Variant Analysis in the Bee Algorithm for Feature Selection in the Classification Model of the Severity of *downy mildew* Disease. Supervised by AGUS BUONO, SRI WAHJUNI, CHUSNUL ARIF dan WIDODO.

Diseases on melon leaves can be observed through symptoms that appear on the surface of melon leaves. Leaf diseases on melon plants, namely *downy mildew* (*downy mildew*) has symptoms of yellow spots on the melon leaf area, Powdery Mildew has symptoms of white spots on melon leaves and fusarium wilt with symptoms of wilted melon leaves and stems. Melon leaf disease, namely *downy mildew*, attacks the leaves very quickly and causes plant death if early preventive measures are not taken. Detection and classification of the severity of *downy mildew* disease on melon leaves can be done using experts and laboratory analysis results. Experts have weaknesses: not all regions have plant experts, especially for melon plant diseases. The results of laboratory analysis have weaknesses; not all melon farmers have a laboratory to detect leaf diseases in melon plants. This problem can be solved with the help of technology to recognize the severity of *downy mildew* disease early through image processing and machine learning approaches.

The general objective of this study was to create a disease severity classification model for melon plant leaves with high accuracy, low computing time, and low memory usage. The specific objectives of this research are first to create a classification model using the LGBM model; second, to create a comparison model for dividing the dataset to obtain the highest accuracy value; and third, to develop a feature selection model based on artificial bee colony optimization and analysis of variance as a fitness function.

The classification of the severity of *downy mildew* leaf disease is divided into 4 classes, namely healthy leaf class (DS), *downy mildew* grade 1 (DM1), *downy mildew* grade 2 (DM2), *downy mildew* grade 3 (DM3). Classification of the severity of *downy mildew* leaf disease requires leaf imaging data. Melon leaf images were preprocessed and feature-extracted to obtain the *downy mildew* leaf disease dataset. The preprocessing carried out in this study involved resizing and cropping the melon leaf image. The feature extraction carried out is color, edge, entropy, and texture features. The results of the feature extraction are a combined feature dataset. Composite features are susceptible to noise, such as feature redundancy and irrelevant features. To overcome this problem, combined features are selected using the Artificial Bee Colony (ABC) optimization algorithm to obtain optimal features. At the ABC stage, a fitness function is calculated, and many researchers use accuracy models as a fitness function. The fitness function using an accuracy model has a weakness, namely that the feature search process takes a long time, so it is not efficient. To overcome this problem, this research proposes the concept of Artificial Bee Colony (ABC) Optimization and Analysis of Variance (ANOVA) for feature selection, which is named AVABC. ANOVA was used to calculate the fitness function at the Artificial Bee Colony (ABC) optimization stage.

Test results using the LGBM classification model without feature selection average accuracy of 86,07%, CPU usage 26,20%, memory usage 7,27GB, computing time 0,44 seconds. Test results using AVABC feature selection,

accuracy 81,61%, CPU usage 15,70%, memory usage 7,38GB, computing time 0,14 seconds. Test results using the dataset comparison scenario have the highest accuracy in scenario 3 with a dataset divided into 70% training data and 30% test data. The accuracy performance test results for the LGBM model are 85%, *random forest* 82%, and XGBoost 86%. The process of finding the best features using *artificial bee colony optimization* with the ANOVA fitness function required 5 min 23 s. The process of searching for the best features using *artificial bee colony optimization* with an accuracy model fitness function, such as *random forest*, takes 14 h 35 min 19 s, LGBM takes 16 h 52 min 04 s, and XGBoost takes 20 h 08 min 55 s.

Based on the test results, the classification results using AVABC feature selection data have advantages in terms of lower CPU usage, faster computing time, and little difference in terms of memory usage, while the disadvantage lies in the accuracy results being 4% lower than classification without using feature selection. In terms of the search process for the eight best features, the article bee colony optimization algorithm with the ANOVA fitness function has the advantage of finding the best features faster, taking 5 min 23 s.

Keywords: ABC, AVABC, disease classification , LGBM, melon leaves.



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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 20XX
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 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

INTEGRASI ANALISIS VARIAN PADA ALGORITMA LEBAH UNTUK SELEKSI FITUR PADA MODEL KLASIFIKASI TINGKAT KEPARAHAN PENYAKIT EMBUN BULU

CHAERUR ROZIKIN

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor 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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Medria Kusuma Dewi Hardhienata S.Komp., Ph.D
- 2 Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad M.Agr

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Medria Kusuma Dewi Hardhienata S.Komp., Ph.D
- 2 Dr. Oman Komarudin., S.Si., M.Kom



@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

Judul Disertasi: Integrasi Analisis Varian pada Algoritma Lebah untuk Seleksi
Fitur pada Model Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Embun
Bulu

Nama : Chaerur Rozikin
NIM : G661190091

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Agus Bueno, M.Si., M.Kom.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Sri Wahjuni, M.T.



Pembimbing 3:
Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP, M.Si.



Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Widodo, M.S.



Diketahui oleh

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



Dekan FMIPA IPB:
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 19780723 200701 1 001



Tanggal Ujian: 3 April 2024

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu 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 Maret 2024 ini ialah *Machine Learning* dan *Image Processing*, dengan judul “Integrasi Analisis Varian pada Algoritma Lebah untuk Seleksi Fitur pada Model Klasifikasi Tingkat Keparahan Penyakit Embun Bulu”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom, Dr. Ir. Sri Wahjuni, M.T, Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP, M.Si, dan Prof. Dr. Ir. Widodo, M.S yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Deni Karyadi telah membantu dalam mengumpulkan data daun melon, Matthew Martianus Henry telah membantu dalam analisis data, dan staf Laboratorium Klinik Tanaman yang telah membantu selama pengujian data daun melon. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Chaeruddin Alm, Maslikha, serta seluruh keluarga istri tercinta Khozinatun Masfufah dan anak tersayang Arya Dzakky Pradana yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Semoga selalu menjadi support saya dalam meniti perjalanan kehidupan ini dengan penuh kasih sayang dan kebahagiaan aamiin yaa robal alamin.

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

Bogor, 20 Agustus 2024

Chaerur Rozikin

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	6
1.5 Ruang Lingkup	6
1.6 Kebaruan	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Melon	7
2.2 Penyakit Daun Pada Tanaman Melon	7
2.3 Ekstraksi Fitur Warna, Tekstur, dan Tepi	9
2.4 <i>Artificial Bee Colony Optimization</i>	9
2.5 Analisis Varians (ANOVA)	12
2.6 Konsep <i>Light Gradient Boost (LGBM)</i>	12
2.7 Perkembangan Deteksi Penyakit Daun	15
III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Akuisisi Data	35
3.2 Praproses	37
3.3 Ekstraksi Fitur Warna, Tekstur dan Tepi	37
3.4 Dataset Fitur Gabungan	39
3.5 Data Latih dan Data Uji	39
3.6 Evaluasi Model	39
3.7 Rancangan Pengujian	40
IV HASIL MODEL KLASIFIKASI DAN SELEKSI FITUR	41
4.1 Akuisisi Data dan Praproses	41
4.2 Ekstraksi fitur warna, tepi, entropi, dan tekstur	41
4.3 Dataset Fitur Gabungan	43
4.4 Pembangunan Model Klasifikasi Menggunakan Algoritma LGBM	43
4.5 Analisis Perbandingan Persentase Pembagian Dataset	44
4.6 Seleksi Fitur Berdasarkan Algoritma AVABC	46
V ANALISIS HASIL KLASIFIKASI DAN SELEKSI FITUR	52
5.1 Analisis Perbandingan Persentase Data Latih dan Data Uji	52
5.2 Perbandingan Waktu Proses Pemilihan Fitur Terbaik	52
5.3 Analisis Hasil Seleksi Fitur	54
5.4 Analisis Performa Model Klasifikasi	55
5.5 Komparasi Hasil Pengujian Klasifikasi	57
5.6 Analisis Validasi Model Klasifikasi Hasil Seleksi Fitur	60
VI SIMPULAN DAN SARAN	62



6.1	Simpulan	62
6.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN		70
RIWAYAT HIDUP		75

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

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

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

DAFTAR TABEL

1	Syarat tumbuh kembang tanaman melon	7
2	Algoritma <i>Artificial Bee Colony optimization</i>	9
3	Algoritma <i>histogram-based</i>	13
4	Algoritma <i>gradient-based one-side sampling</i>	14
5	Algoritma <i>greedy bundling</i>	14
6	Algoritma <i>merge exclusive feature</i>	15
7	Perkembangan algoritma LGBM untuk klasifikasi	23
8	Perkembangan algoritma seleksi fitur	30
9	Spesifikasi <i>smartphone</i>	35
10	Teknik pengambilan gambar	36
11	Data label tingkat keparahan penyakit	36
12	Kriteria penentuan tingkat keparahan penyakit daun	36
13	Daun melon pada gambar (a) DS, (b) DM1, (c) DM2, (d) DM3	37
14	Pembagian dataset	39
15	Data gambar hasil ekstraksi fitur warna	41
16	Hasil ekstraksi fitur tekstur dari gambar daun melon	42
17	Hasil pengujian dengan berbagai parameter pengujian	43
18	Skenario pembagian dataset	44
19	Hasil seleksi fitur berdasarkan AVABC	50
20	ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> model <i>random forest</i>	50
21	ABC <i>Optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> model akurasi LGBM	51
22	ABC <i>Optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> model akurasi XGBoost	51
23	Waktu komputasi proses seleksi fitur	52
24	Deskripsi fitur	54
25	Data fitur hasil seleksi fitur berdasarkan fungsi <i>fitness</i>	55
26	Hasil pengujian tanpa seleksi fitur	56
27	Klasifikasi dengan dataset hasil seleksi fitur AVABC	56
28	Hasil klasifikasi dengan dataset hasil seleksi fitur ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness random forest</i>	56
29	Klasifikasi dengan dataset hasil seleksi fitur ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> LGBM	57
30	Klasifikasi dengan dataset hasil seleksi fitur ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> XGBoost	57
31	Data gambar daun melon untuk validasi model	60

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 GAMBAR

1	Konsep model klasifikasi penyakit daun	2
2	Daun melon terinfeksi penyakit	8
3	Segitiga penyakit (Jayaraman 2021)	8
4	Sebaran jumlah artikel dari tahun 2015 – 2021	16
5	Perkembangan jenis tanaman	17
6	Jenis penyakit pada tanaman	17
7	Sub tema deteksi penyakit pada daun tanaman	18
8	Jenis objek deteksi penyakit pada daun	19
9	Teknik pengambilan sumber dataset	19
10	Algoritma klasifikasi	22
11	Perkembangan LGBM di berbagai bidang	23
12	Tahapan penelitian	35
13	Data hasil <i>cropping</i> (a) daun sebelum dan (b) sesudah <i>cropping</i>	41
14	Konversi warna (a) RGB ke (b) <i>Grayscale</i>	41
15	Perbandingan akurasi dengan data latih 90% dan data uji 10%	44
16	Perbandingan akurasi dengan data latih 80% dan data uji 20%	45
17	Perbandingan akurasi dengan data latih 70% dan data uji 30%	45
18	Alur algoritma AVABC	47
19	Komparasi waktu pemilihan fitur tiap fungsi <i>fitness</i>	53
20	Performa akurasi model klasifikasi <i>random forest</i> , LGBM, dan XGBoost	58
21	Komparasi penggunaan CPU	59
22	Komparasi penggunaan memori	59
23	Komparasi waktu komputasi proses klasifikasi	60
24	Hasil akurasi validasi model klasifikasi	60

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil pengujian model klasifikasi dengan dataset hasil seleksi ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> ANOVA	71
2	Hasil pengujian model klasifikasi dengan dataset hasil seleksi ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> model akurasi <i>random forest</i>	72
3	Hasil pengujian model klasifikasi dengan dataset hasil seleksi ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> model akurasi LGBM	73
4	Hasil pengujian model klasifikasi dengan dataset hasil seleksi ABC <i>optimization</i> dengan fungsi <i>fitness</i> model akurasi XGBoost	74