

MODEL *MACHINE LEARNING* UNTUK DETEKSI TINGKAT SERANGAN PENYAKIT FUSARIUM TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN CITRA *DRONE* MULTISPEKTRAL

ANGGA FIRMANSYAH



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
SEKOLAH PASCASARJANA
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan 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 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 “Model *Machine Learning* untuk Deteksi Tingkat Serangan Penyakit Fusarium Tanaman Bawang Merah Menggunakan Citra *Drone* Multispektral” 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, Desember 2024

Angga Firmansyah
F1501231015



@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.

RINGKASAN

ANGGA FIRMANSYAH. Model *Machine Learning* untuk Deteksi Tingkat Serangan Penyakit Fusarium Tanaman Bawang Merah Menggunakan Citra *Drone* Multispektral. Dibimbing oleh MOHAMAD SOLAHUDIN dan SUPRIYANTO.

Bawang merah merupakan komoditas pertanian dengan nilai ekonomi tinggi dan termasuk komoditas unggulan di Indonesia. Seiring pertumbuhan penduduk, tingkat konsumsi bawang merah diproyeksikan terus meningkat sebesar 1,47% per tahun sehingga diperlukan peningkatan produksi dari lahan. Namun, kegagalan budidaya bawang merah sering disebabkan oleh serangan penyakit salah satunya layu fusarium yang dapat menurunkan hasil panen hingga lebih dari 50% total luas lahan. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pemantauan penyakit pada tanaman yaitu *drone* yang dilengkapi dengan kamera. Deteksi penyakit tanaman dapat dilakukan berdasarkan perubahan anatomi pada tanaman secara visual maupun nilai reflektansi cahaya yang dipantulkan oleh tanaman. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan penggunaan kamera RGB dan multispektral untuk deteksi penyakit pada skala kelompok (*grid*). Kamera multispektral digunakan untuk menganalisis nilai reflektansi cahaya dari tanaman. Tujuan penelitian ini yaitu merancang model *machine learning* untuk deteksi tingkat serangan penyakit bawang merah skala kelompok menggunakan citra *drone* multispektral, mengevaluasi kinerja model *machine learning*, dan menerapkan model *machine learning* untuk pembuatan peta deteksi tingkat serangan penyakit tanaman bawang merah.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2024 – November 2024 dengan lokasi pengambilan data citra tanaman bawang merah dilaksanakan di Dusun Bentak, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Proses identifikasi penyakit dilakukan di Laboratorium Klinik Tanaman, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Proses pengolahan data dan perancangan model dilaksanakan di Laboratorium Teknik Bioinformatika dan Laboratorium Siswadi Soepardjo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Alat dan bahan yang digunakan meliputi perangkat pengambilan data lapang, perangkat identifikasi penyakit, dan perangkat perancangan model. Tahapan penelitian terdiri dari survei lahan bawang merah, pengambilan data lapang, identifikasi penyakit menggunakan metode postulat Koch, pengolahan data lapang, perancangan model *machine learning*, evaluasi model, dan implementasi model. Proses pengambilan data citra *drone* dilakukan pada waktu pagi, siang, dan sore hari dengan ketinggian 20, 30, 40, dan 50 m. Penelitian ini menggunakan tiga algoritma *machine learning* yaitu *Support Vector Regression* (SVR), *K-Nearest Neighbour* (KNN), dan *Artificial Neural Network* (ANN) dengan dua parameter evaluasi kinerja model yang digunakan yaitu nilai koefisien determinasi (R^2) dan *Mean Absolute Error* (MAE).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman bawang merah pada lahan penelitian terserang penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum*. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data citra multispektral, diketahui bahwa waktu pengambilan data pagi hari dengan ketinggian *drone* 20 m memberikan hasil terbaik untuk dataset perancangan model. Hasil analisis citra multispektral menunjukkan bahwa tanaman bawang merah yang terserang penyakit merefleksikan spektrum cahaya *Green* (G), *Red Edge* (RE),



dan *Near Infrared* (NIR) lebih rendah, tetapi merefleksikan spektrum *Red* (R) lebih tinggi dibandingkan tanaman sehat. Metode filterisasi objek dengan *software* QGIS berhasil memisahkan antara objek tanaman bawang merah dengan tanah.

Hasil perancangan model menggunakan empat parameter *input* data multispektral (G, R, RE, NIR) didapatkan model ANN dengan struktur 4-6-2-1 sebagai model terbaik untuk deteksi penyakit pada tanaman bawang merah. Hasil pengujian model ANN menunjukkan hasil yang baik dengan nilai R^2 sebesar 0,9194 dan MAE sebesar 0,0618. Hasil pemodelan menggunakan model SVR didapatkan hasil terbaik kedua diikuti dengan model KNN dengan nilai R^2 sebesar 0,8872 dan 0,7949 serta nilai MAE sebesar 0,0704 dan 0,0920. Hasil pengujian model dengan beberapa kombinasi *input band* multispektral menunjukkan hasil terbaik pada empat *input band* multispektral (G, R, RE, NIR), diikuti kombinasi dua *band* multispektral (R, RE). Model ANN yang dikembangkan telah berhasil digunakan untuk deteksi serangan penyakit pada lahan bawang merah secara keseluruhan. Hasil deteksi digunakan untuk pembuatan peta tingkat serangan penyakit tanaman bawang merah yang diklasifikasikan menjadi empat kelas. Berdasarkan analisis peta hasil deteksi model, diketahui bahwa lahan penelitian mayoritas terserang penyakit layu fusarium dengan kategori rendah (11,07%); sedang (31,35%); parah (43,24%); dan sangat parah (14,34%). Hal ini menunjukkan perlunya penanganan segera seperti penyemprotan fungisida pada lahan bawang merah untuk meminimalisasi penurunan hasil panen.

Kata kunci: Bawang merah, citra multispektral, *drone*, layu fusarium, *machine learning*.

SUMMARY

ANGGA FIRMANSYAH. Machine Learning Model for Detection of Fusarium Disease Attack on Shallot Using Drone Multispectral Imagery. Supervised by MOHAMAD SOLAHUDIN and SUPRIYANTO.

Shallots are agricultural commodities with high economic value that are considered key commodities in Indonesia. Along with population growth, shallot consumption is projected to increase by 1.47% per year, necessitating an increase in land production. However, shallot cultivation often fails because of disease attacks, one of which is Fusarium wilt, which can reduce crop yields by more than 50% of the total land area. One technology that can be used to monitor plant diseases is a drone equipped with a camera. Plant disease detection can be performed based on visual anatomical changes in plants and the reflectance value of the light reflected by the plant. This research is a continuation of previous research using RGB and multispectral cameras to detect diseases on a group (grid) scale. A multispectral camera was used to analyze the light reflectance values of the plants. The objective of this research was to design a machine learning model for detecting disease severity in shallots at the group scale using multispectral drone imagery, evaluate the performance of the machine learning model, and apply the machine learning model to create disease severity detection maps for shallot plants.

This study was conducted from March to November 2024, with image data collection from shallot plants in Bentak Village, Grobogan Regency, Central Java. Disease identification was performed at the Plant Clinic Laboratory, Department of Plant Protection, Bogor Agricultural University. Data processing and model design were conducted at the Bioinformatics Engineering Laboratory and the Siswadhi Soepardjo Laboratory, Department of Mechanical and Biosystems Engineering, Bogor Agricultural University. The tools and materials used were field data acquisition, disease identification, and model design devices. The research stages included surveying shallot fields, field data acquisition, disease identification using Koch's postulates, field data processing, machine learning model design, model evaluation, and model implementation. Drone image data were collected in the morning, noon, and afternoon at altitudes of 20 m, 30 m, 40 m, and 50 m. This study employed three machine-learning algorithms: Support Vector Regression (SVR), K-Nearest Neighbor (KNN), and Artificial Neural Network (ANN), with two model performance evaluation parameters: the coefficient of determination (R^2) and Mean Absolute Error (MAE) values.

The results indicated that the shallot plants in the study area were affected by Fusarium wilt caused by the fungus *Fusarium oxysporum*. Based on the processing and analysis of multispectral image data, it was found that the morning image capture and drone altitude of 20 m provided the best results for the model design dataset. Analysis of the multispectral images showed that shallot plants affected by the disease reflected lower spectra of green (G), Red Edge (RE), and near-infrared (NIR) light, but higher red (R) spectra, compared to healthy plants. The object-filtering method using the QGIS software successfully separated shallot plant objects from the soil.

The model design results using four multispectral data input parameters (G, R, RE, and NIR) identified the ANN model with the 4-6-2-1 structure as the best



model for detecting diseases in shallot plants. The ANN model testing showed good results, with an R^2 value of 0.9194 and MAE of 0.0618. The SVR model produced the second-best results, followed by the KNN model with R^2 values of 0.8872 and 0.7949 and MAE values of 0.0704 and 0.0920, respectively. Model testing with several combinations of multispectral bands showed the best results for the four multispectral input bands (G, R, RE, and NIR), followed by the two-band combination (R and RE). The developed ANN model successfully detected disease attacks across the entire shallot field. The results were used to create disease severity maps for shallot plants, which were classified into four categories. Analysis of the detection map revealed that the study area was predominantly affected by Fusarium wilt disease, with low (11.07%), moderate (31.35%), severe (43.24%), and very severe (14.34%) categories. This indicates the need for immediate measures, such as spraying fungicides on shallot fields, to minimize yield reduction.

Keywords: Drone, fusarium wilt, machine learning, multispectral imagery, shallots.

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.

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



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.

MODEL *MACHINE LEARNING* UNTUK DETEKSI TINGKAT SERANGAN PENYAKIT FUSARIUM TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN CITRA *DRONE* MULTISPEKTRAL

ANGGA FIRMANSYAH

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
SEKOLAH PASCASARJANA
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.



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.

Judul Tesis : Model *Machine Learning* untuk Deteksi Tingkat Serangan Penyakit Fusarium Tanaman Bawang Merah Menggunakan Citra Drone Multispektral

Nama : Angga Firmansyah
NIM : F1501231015

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Supriyanto, S.TP., M.Kom.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem:
Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr.
NIP 19620803 198703 1 002



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian:
19 Desember 2024

Tanggal Lulus:
2 Januari 2025



@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.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret sampai November 2024 ini ialah sistem informatika pertanian berbasis *machine learning*, dengan judul “Model *Machine Learning* untuk Deteksi Tingkat Serangan Penyakit Fusarium Tanaman Bawang Merah Menggunakan Citra *Drone* Multispektral”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan dari semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan kuliah maupun penelitian ini. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Jamari (alm), Ibu Martini, Kakak Mardiana Rini Noor Wahid, Adik Rahmania Silvy Aliani, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan do'a, semangat, dan kasih sayang yang tak terhingga;
2. Bapak Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si. dan Bapak Dr. Ir. Supriyanto, S.TP., M.Kom. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta saran yang bermanfaat;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr. selaku dosen penguji ujian akhir sidang tesis, Bapak Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M.Eng. selaku moderator seminar hasil, dan Bapak Dr. Slamet Widodo, S.TP, M.Sc. selaku dosen penguji kolokium;
4. Bapak Asykuri serta semua guru atas limpahan ilmu yang bermanfaat;
5. Direktorat Pengembangan Masyarakat Agromaritim, IPB University atas kesediaannya dalam peminjaman drone DJI Mavic 3 Multispektral;
6. Bapak Bonjok Istiaji, S.P., M.Si. yang telah memberikan izin dan fasilitas Laboratorium Klinik Tanaman untuk identifikasi penyakit tanaman;
7. Bapak Darmoyo dan Bapak Sujimin selaku pemilik lahan bawang merah yang telah memberikan izin dan informasi selama pelaksanaan penelitian;
8. Ade Dimas Kurnia, Rijal Setiawan, Indiv Sultana, Bapak Folkes, Bang Arif Rifan, Bang Yuvicko, Nasir, Mbak Niha, serta rekan sejawat lainnya yang telah membantu memberikan informasi, saran, serta semangat selama penelitian berlangsung;
9. Rekan-rekan Lab. Teknik Bioinformatika, Lab. Siswadhi Soepardjo (Leuwikopo), serta Pascasarjana Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem angkatan 2022 dan 2023 atas dukungan dan kerja samanya;
10. Seluruh pihak yang telah memberikan waktu dan dukungannya baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

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

Bogor, Desember 2024

Angga Firmansyah



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penyakit pada Bawang Merah	4
2.2 Penerapan <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> pada Bidang Pertanian	5
2.3 Kamera Multispektral	6
2.4 <i>Machine learning</i>	8
III. METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Pengamatan Lahan dan Identifikasi Penyakit Tanaman	22
4.2 Hasil Pengambilan Data Citra	25
4.3 Hasil Pengolahan Data Citra Multispektral	28
4.4 Hasil Model <i>Machine learning</i>	30
4.5 Implementasi Model untuk Deteksi Tingkat Serangan Penyakit	38
V. SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	46
RIWAYAT HIDUP	55



DAFTAR TABEL

1	Jenis-jenis penyakit pada bawang merah	4
2	Spesifikasi <i>drone</i> DJI Mavic 3 Multispektral	15
3	Spesifikasi kamera RGB dan multispektral	15
4	Skala pada kelas serangan penyakit	16
5	<i>Hyperparameter tuning</i> pada proses perancangan model	20
6	Data lingkungan pada setiap waktu pengambilan citra	25
7	Pengaruh ketinggian <i>drone</i> terhadap hasil pengambilan data citra	27
8	Hasil pelatihan model pada berbagai <i>hidden layer</i>	34
9	Hasil pengujian data pada beberapa algoritma	37
10	Hasil pelatihan model pada berbagai skenario <i>input band</i> multispektral	38

DAFTAR GAMBAR

1	Jenis-jenis <i>drone</i>	6
2	Kamera multispektral	7
3	Nilai spektrum cahaya	7
4	Struktur ANN <i>Multi Layer Perceptron</i>	11
5	Lokasi pengambilan data	12
6	Tahapan penelitian	13
7	<i>Drone</i> DJI Mavic 3 Multispektral	14
8	Rute penerbangan <i>drone</i> dengan aplikasi DJI Pilot 2	16
9	Proses penggabungan data citra	17
10	Proses filterisasi data citra multispektral.	18
11	Lahan bawang merah di Dusun Bentak, Desa Parakan, Kecamatan Karangrayung, Kabupaten Grobogan sebagai lokasi pengambilan data	22
12	Pengamatan tanaman bawang merah.	23
13	Perbandingan hasil pengamatan tanaman dari lahan dan hasil uji postulat Koch.	24
14	Citra <i>band</i> NIR hasil <i>stitching</i> pada variasi tiga waktu pengambilan data	26
15	Citra <i>band</i> NIR hasil <i>stitching</i> pada variasi empat ketinggian <i>drone</i>	27
16	Citra <i>singleband gray</i> multispektral	28
17	Nilai reflektansi gelombang G, R, RE, NIR pada tanaman bawang merah sehat, bawang merah sakit, dan tanah	29
18	Hasil proses filterisasi citra multispektral <i>band Red Edge</i>	29
19	Hubungan parameter nilai C dan gamma terhadap hasil model SVR pada epsilon 0,1	31
20	Hasil pengujian model pada beberapa kombinasi parameter SVR	32
21	Grafik kinerja pada proses pelatihan dan pengujian model KNN	33
22	Arsitektur model ANN terbaik	35
23	Kurva <i>loss</i> model ANN dengan variabel <i>input</i> G, R, RE, dan NIR	35
24	Hasil deteksi model menggunakan algoritma SVR, KNN, dan ANN	36
25	Peta tingkat serangan penyakit pada tanaman bawang merah	39



DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil identifikasi penyakit tanaman bawang merah	47
2	Tabel waktu matahari mencapai titik tertinggi (<i>solar noon</i>)	51
3	Nilai bobot dan bias pada struktur ANN	52
4	Rumus perhitungan pada setiap tahapan model ANN	53

- 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.