



PREDIKSI PARAMETER FENOTIPIK TANAMAN TEBU BERBASIS CITRA *DRONE* MULTISPEKTRAL DAN *MACHINE LEARNING*

FEBRI HASSKAVENDO



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
SEKOLAH PASCASARJANA
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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul : *Prediksi Parameter Fenotipik Tanaman tebu berbasis Citra Drone Multispektral dan Machine Learning* " adalah karya saya dengan arahan Dosen Pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. 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 dibagian akhir tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2024

Febri Hasskavendo
F1501222009

- 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

FEBRI HASSKAVENDO. Prediksi Parameter Fenotipik Tanaman tebu Berbasis Citra Drone Multispektral dan Machine Learning, Dibimbing oleh MOHAMAD SOLAHUDIN, SUPRIYANTO DAN SLAMET WIDODO.

Pengukuran parameter fenotipik merupakan hal penting terkait evaluasi produktivitas tanaman tebu. Pengukuran manual yang ada dinilai kurang efisien sehingga diperlukan metode alternatif yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi pemanfaatan citra drone multispektral dan *machine learning* untuk mengestimasi parameter fenotipik tanaman tebu yang efisien, akurat, murah, dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Data spektrum yang ditangkap oleh drone yaitu *Green*, *Red*, *Red-Edge* dan *NIR* dijadikan input untuk menduga parameter fenotipik yang meliputi nilai brix, jumlah tegakan, diameter batang, dan tinggi tanaman.

Penelitian dilaksanakan mulai Agustus 2023 hingga Maret 2024. Penelitian berlokasi di lahan perkebunan tebu PT PG Rajawali II Sindang Laut Desa Sampih Palutungan, Kecamatan Susukanlebak, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Proses pengolahan *dataset* dan pengembangan model dilaksanakan pada Laboratorium Divisi Teknik Bio-Informatika, Kampus IPB Dramaga. Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data dilapangan yaitu : *Smartphone* yang dilengkapi software Qfield untuk pengambilan data dilapangan, refractometer untuk menghitung nilai brix, jangka sorong/caliper untuk mengukur diameter tanaman tebu , meteran 5 m untuk mengukur tinggi tanaman tebu dan *drone* Parrot Bluegrass dilengkapi kamera multispektral. Laptop HP 240 G8 Notebook PC yang telah terpasang bahasa pemrograman Python. Selanjutnya, perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk akuisisi citra menggunakan *drone* yaitu FreeFlight Pro dan Pix4Dcapture dan Agisoft metashape sedangkan perangkat lunak untuk mendukung pengolahan dataset lapangan yaitu QGis 3.28 Firenze dan Google Colaboratory untuk pengolahan data untuk model *machine learning* yang digunakan.

Berdasarkan hasil pengembangan model *machine learning*, model algoritma ANN paling efektif dalam memprediksi Nilai Brix dengan R^2 0.74 dan RMSE 0.06 serta jumlah tegakan dengan R^2 0.68 dan RMSE 2.13. Semua model belum dapat memprediksi diameter batang dan tinggi tanaman dengan baik. Model terbaik untuk memprediksi tinggi tananaman diperoleh dengan algoritma RF dengan R^2 0.53. dan RMSE 14.09. Algoritma SVR model terbaik untuk memprediksi diameter tanaman dengan R^2 0.39. dan RMSE 0.49. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas suatu algoritma bergantung pada parameter spesifik yang diprediksi dan tidak ada algoritma yang dominan untuk seluruh parameter fenotipik. Berdasarkan parameter fenotipik hasil prediksi analisis volume nira sebesar 13,13 m³, produktivitas gula 7,73 ton/ha, produktivitas tebu 99,76 ton/ha dan rendemen 7,75 %.

Kata kunci : Citra *drone* multispektral, parameter fenotipik, *machine learning*, tebu,

SUMMARY

FEBRI HASSKAVENDO. Prediction of Phenotypic Parameters of Sugarcane Crops Based on Multispectral Drone Imagery and Machine Learning, Supervised by MOHAMAD SOLAHUDIN, SUPRIYANTO AND SLAMET WIDODO.

Measuring phenotypic parameters is important in evaluating the productivity of sugarcane. Existing manual measurements are considered less efficient, so a better alternative method is needed. This research aims to explore the potential of using multispectral drone imagery and machine learning to estimate phenotypic parameters of sugarcane plants that are efficient, accurate, inexpensive, and support sustainable agricultural practices. Spectrum data captured by drones, namely Green, Red, Red-Edge and NIR are used as inputs to estimate phenotypic parameters including brix value, number of stands, stem diameter, and plant height.

The research was conducted from August 2023 to March 2024. The research was located in the sugarcane plantation of PT PG Rajawali II Sindang Laut, Sampih Palutungan Village, Susukanlebak District, Cirebon Regency, West Java. Dataset processing and model development were carried out at the Bio-Informatics Engineering Division Laboratory, IPB Dramaga Campus. The equipment used for data collection in the field is: Smartphone equipped with Qfield software for field data collection, refractometer to calculate brix value, caliper to measure the diameter of sugarcane plants, 5 m metre to measure the height of sugarcane plants and Parrot Bluegrass drone equipped with multispectral camera. HP 240 G8 Notebook PC laptop with Python programming language installed. Furthermore, the software used for image acquisition using drones are FreeFlight Pro and Pix4Dcapture and Agisoft metashape while software to support field dataset processing are QGis 3.28 Firenze and Google Collaboratory for data processing for the machine learning model used.

Based on the results of machine learning model development, the ANN algorithm model is most effective in predicting Brix Value with R^2 0.74 and RMSE 0.06 and the number of stands with R^2 0.68 and RMSE 2.13. All models could not predict stem diameter and plant height well. The best model to predict plant height was obtained by RF algorithm with R^2 0.53 and RMSE 14.09. SVR algorithm was the best model to predict plant diameter with R^2 0.39. and RMSE 0.49. This indicates that the effectiveness of an algorithm depends on the specific parameter being predicted and there is no dominant algorithm for all phenotypic parameters. Based on phenotypic parameters, the prediction results of sap volume analysis are 13.13 m³, sugar productivity is 7.73 tonnes/ha, sugarcane productivity is 99.76 tonnes/ha and yield is 7.75%.

Keywords : Multispectral drone imagery, phenotypic parameters, machine learning, sugarcane,



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip Sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan Pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PREDIKSI PARAMETER FENOTIPIK TANAMAN TEBU BERBASIS CITRA *DRONE* MULTISPEKTRAL DAN *MACHINE LEARNING*

FEBRI HASSKAVENDO

Tesis

Sebagai salah satu syarat 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

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.

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

Judul Tesis : Prediksi Parameter Fenotipik Tanaman Tebu Berbasis Citra
Drone Multispektral dan Machine Learning
Nama : Febri Hasskavendo
NIM : F1501222009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si
NIP. 19650915 199103 1 001



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Supriyanto, S.TP., M.Kom.,IPM
NIP. 19861207 201212 1 001



Pembimbing 3:
Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc
NIP. 19830906 201212 1 001



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
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 : 5 Agustus 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.

PRAKATA

Puji syukur penulis kami sampaikan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini yang telah dilaksanakan sejak bulan Agustus 2023 sampai Februari 2024 berjudul "Prediksi Parameter Fenotipik Tanaman Tebu Berbasis Citra *Drone* Multipektral dan *Machine Learning*"

Tesis ini tersusun atas bimbingan dan kerjasama dengan berbagai pihak selama penulisan, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih penulis kami ucapkan kepada :

1. Alm Ayahanda Hasan basri, Ibunda Asriniwati, Ayah Mertua Fauzi dan Ibu Mertua Warneri , serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan kasih sayangnya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si (Ketua), Bapak Dr. Ir. Supriyanto, S.TP.,M.Kom.,IPM (anggota) dan Bapak Dr. Slamet Widodo, S.TP.,M.Sc (anggota) selaku Komisi Pembimbing tugas akhir yang telah membimbing dan memberi pengarahan materi maupun rohani serta motivasi kepada penulis sehingga penelitian dapat berjalan lancar sampai dengan selesai.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr selaku dosen penguji ujian tesis dan Bapak Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr selaku Kepala Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem yang telah memberi saran dan masukan yang konstruktif dalam penelitian ini.
4. Bapak Eka Putra, SE., MM (Bupati Tanah Datar) dan Bapak Richi Aprian, SH., MH (Wakil Bupati) yang telah memberi kami kesempatan dalam program beasiswa daerah untuk melanjutkan studi program Magister Teknik Pertanian dan Biosistem di IPB.
5. Ibu Sri Mulyani, SP., M.Si (Kepala Dinas Pertanian) , Bapak drh. Varia Warvis, M.Ec.Dev (Sekretraris Dinas) , Bapak/Ibu Kabid di dinas Pertanian dan Bapak/Ibu seluruh staf /karyawan di ruang lingkup dinas pertanian yang telah memberi dukungan dan doa kepada kami.
6. Bapak Kepala BKPSDM Kabupaten Tanah Datar dan seluruh staff ruang lingkup BKPSDM, terkhusus Ibu Della Yolanda yang telah membantu kami mulai dari tahap seleksi penerimaan beasiswa, terlaksananya perkuliahan sampai selesainya masa tugas belajar kami.
7. Istri yang tercinta Evy Mutia.SP, abang Vahza Fariz Maulana, kakak Alyssa Aulia Fadhila dan dedek Alya Amira Fadhila. Kalian adalah penyemangat Ayah dalam kondisi dan situasi apapun serta selalu memberikan doa dan dorongan motivasi sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
8. Manajemen PT.PG Rajawali II Sindang Laut Cirebon yang telah menerima dan membantu dalam pengambilan data di perkebunan tebu.
9. Tim Smart Sugarcane Plantation : Pak Ahmad, Bobin Sebayang, Afdahul Amar, Fadilah Khairani, Akbar Romadon, Barra Putra, Afta yang telah membantu dalam pengambilan data dilapangan.
10. Sdr. Yuvicko, Yoshua (TMB 56), Fachri (TMB 57), Adel (TMB 57) dan rekan Lab. Teknik Bioinformatika atas semua dukungan dan kerjasamanya.

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.



11. Rekan seperjuangan TPB Pascasarjana 2022 dan 2023 atas kerjasama dan dukungannya
12. Ungkapan terima kasih juga disampaikan untuk seluruh pihak yang telah bersedia memberikan masukan, dukungan dan kerjasamanya dalam membantu penyusunan tesis ini

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun dari semua pihak demi penulisan menjadi lebih baik. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

FEBRI HASSKAVENDO

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

DAFTAR ISI

I	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Rumusan Masalah	2
	1.3 Tujuan	2
	1.4 Manfaat	2
	1.5 Ruang Lingkup	2
II	TINJAUAN PUSTAKA	4
	2.1 Botani Tebu	4
	2.2 <i>Drone</i> untuk Parameter Fenotipik tebu	6
	2.3 Aplikasi Kamera Multispektral di Bidang Pertanian	7
	2.4 Teknik Pengolahan dan Analisis Citra	8
	2.5 <i>Interpolasi Ordinary Kriging</i>	9
	2.6 <i>Machine learning</i>	11
III	METODE	14
	3.1 Waktu dan Tempat	14
	3.2 Alat dan Bahan	14
	3.3 Prosedur Penelitian	14
IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
	4.1 Hasil Pengambilan Data Lapangan	27
	4.2 Hasil Pengolahan Data	29
	4.3 Hasil Pengembangan Machine Learning	35
	4.2 Hasil Prediksi Volume Nira, Produktivitas Gula, Produktivitas Tebu dan Rendemen	38
V	SIMPULAN DAN SARAN	43
	5.1 Simpulan	43
	5.2 Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	44
	LAMPIRAN	49
	RIWAYAT HIDUP	63

DAFTAR TABEL

1	Produktivitas varietas unggul tanaman tebu	5
2	Jenis-jenis drone dan spesifikasi umum	7
3	Spesifikasi drone parrot bluegrass dan kamera multispektral	18
4	Deskripsi data lapangan	29
5	Informasi pengambilan citra multispektral	32
6	Deskripsi zonal statistik multispektral	33
7	Hyperparameter model untuk data testing	36
8	Hasil pengembangan algoritma <i>machine learning</i>	37

DAFTAR GAMBAR

1	Jenis-jenis drone	6
2	Sensor multispektral	8
3	Struktur pada <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	13
4	Diagram alir penelitian	15
5	Lokasi penelitian perkebunan tebu di Kabupaten Cirebon	16
6	Skema prosedur akuisisi citra multispektral di perkebunan tebu	17
7	Contoh dari proyek platform Survey GIS yang sama di Qgis dan di Qfield	18
8	Diagram alir proses pengolahan sampel	20
9	Diagram alir proses pengolahan data citra	22
10	Tampilan aplikasi Qfield dan Qgis	27
11	Proses pengambilan data	27
12	Tampilan data lapangan pada aplikasi Qgis	28
13	Peta pengambilan data 62 sampel pada perkebunan tebu	29
14	Model variogram interpolasi kriging	30
15	Peta distribusi spasial hasil interpolasi kriging	31
16	Tampilan <i>flight planner</i> pada Pix4D capture untuk pengambilan data	32
17	Citra multispektral hasil akurasi	32
18	Hasil <i>masking</i> citra multispektral	33
19	Peta distribusi spasial zonal statistik	34
20	Kesesuaian prediksi dan aktual pengembangan algoritma	38

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 LAMPIRAN

1. Data sampel lapangan dalam Qfield	50
2. Data gabungan parameter fenotipik dan citra multispektral	51
3. Hasil data interpolasi kriging parameter fenotipik	52
4. Hasil zonal statistik citra multispektral	53
5. Hasil perhitungan rasio tebu giling	54
6. Kode program model ANN	55
7. Kode program model RF	57
8. Kode program model SVR	59
9. Perhitungan volume nira dan produksi tebu	61
10. Perhitungan produktivitas tebu	62

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.