

PENERAPAN ALGORITMA *RANDOM FOREST REGRESSION* UNTUK DETEKSI KANDUNGAN MANGAN TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS CITRA SENTINEL-2A

KHAIRUNNISA AZ ZAHRA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penerapan Algoritma *Random Forest Regression* untuk Deteksi Kandungan Mangan Tanaman Kelapa Sawit Berbasis Citra Sentinel-2A” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2025

Khairunnisa Az Zahra
F1401211048

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.



ABSTRAK

KHAIRUNNISA AZ ZAHRA. Penerapan Algoritma *Random Forest Regression* untuk Deteksi Kandungan Mangan Tanaman Kelapa Sawit Berbasis Citra Sentinel-2A. Dibimbing oleh KUDANG BORO SEMINAR dan SUDRADJAT.

Kelapa sawit merupakan komoditas utama di Indonesia dengan luas areal perkebunan yang terus berkembang. Namun, produktivitasnya masih tergolong rendah. Salah satu faktor penting yang memengaruhi hasil panen kelapa sawit adalah ketersediaan unsur hara, termasuk mangan (Mn) sehingga pemantauannya sangat krusial untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit. Namun, metode konvensional berbasis sampel dan penggunaan laboratorium untuk mengukur kandungan mangan umumnya memerlukan waktu yang lama, biaya tinggi, dan cakupan spasial yang terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kandungan mangan (Mn) pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut, mineral dan data gabungan dari lahan gambut dan mineral menggunakan citra Sentinel-2A dan algoritma *Random Forest Regression*. Penelitian ini mengintegrasikan data citra Sentinel-2A dan indeks vegetasi sebagai variabel bebas, serta data sampel daun kelapa sawit sebagai variabel terikat. Data citra yang diperoleh melalui tahap pra-proses, yang meliputi *resampling* resolusi citra, *cropping* sesuai dengan peta batas kebun, dan ekstraksi citra menggunakan *point sampling tool*. Data kemudian dibagi menjadi 90% untuk pelatihan dan 10% untuk pengujian model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model spesifik untuk lahan mineral menghasilkan *correctness* yang baik sebesar 86,87%, sedangkan model spesifik pada lahan gambut menghasilkan *correctness* sebesar 76,48% yang masih dapat dikategorikan layak. Model gabungan yang diuji pada keseluruhan data memberikan *correctness* sebesar 77,28%, serta masing-masing 85,27% dan 73,74% ketika diuji pada data mineral dan gambut secara terpisah.

Kata kunci: indeks vegetasi, kelapa sawit, mangan, *random forest regression*, sentinel-2A

ABSTRACT

KHAIRUNNISA AZ ZAHRA. Application of *Random Forest Regression* Algorithm for Manganese Content Detection in Oil Palm Plants Based on Sentinel-2A Imagery. Supervised by KUDANG BORO SEMINAR and SUDRADJAT.

Oil palm is a major agricultural commodity in Indonesia, with plantation areas continuing to expand. However, its productivity remains relatively low. One of the key factors affecting oil palm yield is the availability of nutrients, including manganese (Mn), making its monitoring crucial for improving productivity. Conventional sample-based and laboratory-based methods for measuring manganese content are generally time-consuming, costly, and spatially limited. This study aims to predict manganese (Mn) content in oil palm plantations located on peat soil, mineral soil, and a combination of both using Sentinel-2A imagery and the Random Forest Regression algorithm. The study integrates Sentinel-2A imagery and vegetation indices as independent variables, and manganese content from oil palm leaf samples as the dependent variable. The imagery data underwent preprocessing steps, including resolution resampling, cropping according to plantation boundary maps, and pixel value extraction using point sampling tools. The dataset was then divided into 90% for training and 10% for testing the model. The results show that the site-specific model for mineral soil produced a high correctness of 86,87%, while the model for peat soil achieved a correctness of 76,48%, which is still considered acceptable. The combined model tested on all data yielded a correctness of 77,28%, with 85,27% and 73,74% when tested separately on mineral and peat soil data, respectively.

Keywords: manganese, palm oil, random forest regression, sentinel-2A, vegetation index



@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.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
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.



PENERAPAN ALGORITMA *RANDOM FOREST REGRESSION* UNTUK DETEKSI KANDUNGAN MANGAN TANAMAN KELAPA SAWIT BERBASIS CITRA SENTINEL-2A

KHAIRUNNISA AZ ZAHRA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Skripsi:

1. Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr

Judul Skripsi : Penerapan Algoritma *Random Forest Regression* untuk Deteksi Kandungan Mangan Tanaman Kelapa Sawit Berbasis Citra Sentinel-2A

Nama : Khairunnisa Az Zahra

NIM : F1401211048

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc.

NIP. 195911181985031004



Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Sudradjat, M.S.

NIP. 195411201980031003



Diketahui oleh

Ketua Departemen

Teknik Mesin dan Biosistem :

Dr. Ir. Edy Hartulistiyo, M.Sc.Agr.

NIP 196304251989031001



Tanggal Ujian:
10 Juli 2025

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 Januari 2025 sampai bulan Mei 2025 ini ialah sistem cerdas, dengan judul "Penerapan Algoritma *Random Forest Regression* untuk Deteksi Kandungan Mangan pada Tanaman Kelapa Sawit berbasis Sentinel-2A".

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak (Suheli), Mamah (Ranni Mardella), dan adik saya (Muhammad Rafi Al Arifi) yang selalu mendoakan penulis tanpa henti, memberikan kasih sayang yang tulus, serta dukungan moral dan materil yang senantiasa menguatkan penulis selama menempuh studi ini.
2. Dosen pembimbing yaitu Prof. Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc dan Prof. Dr. Ir. Sudradjat, M.S yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta saran berharga selama penulisan skripsi ini.
3. Dr. Liyanton, S.T.P., M.Agr. selaku dosen penguji dan Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. selaku dosen moderator atas saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Harry Imantho, S.Si., M.Sc yang telah memberikan arahan, wawasan dan bantuan dalam mendukung kelancaran penulisan skripsi ini.
5. Tim PreciPalm yang telah memberikan dan mengizinkan penulis untuk menggunakan data sampel nutrisi, sehingga membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Ahmad Ardiansyah yang selalu memberikan semangat, saran, dan menemani penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Dila, Bagir, dan Alfon selaku teman sebangkuan yang telah banyak membantu, memberikan saran, serta menjadi rekan diskusi yang mendukung selama proses penulisan skripsi ini.
8. Sobat Radian yaitu Ashilah, Aulia, Fadhil, Fikri dan Nibroos yang telah memberi dukungan, dan energi positif kepada penulis selama masa studi dan penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman Divisi Teknik Bioinformatika, atas dukungan dan kebersamaan selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis juga menyadari bahwa penulisan ini masih ada kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dibutuhkan oleh penulis untuk menyempurnakan penelitian ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Khairunnisa Az Zahra

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kelapa Sawit	3
2.2 Lahan Mineral dan Lahan Gambut	3
2.3 Kandungan Mangan Pada Tanaman Kelapa Sawit	4
2.4 Satelit Sentinel 2	4
2.5 Pemanfaatan Algoritma <i>Machine Learning</i> dalam Deteksi Hara Tanaman Sawit	5
2.6 <i>Random Forest Regression</i>	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Kerja	9
3.4 Pengumpulan Data	10
3.5 Praproses Citra Satelit Sentinel-2A	12
3.6 Pengolahan Data dan Pembuatan Model	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Pengolahan Citra Sentinel-2A	15
4.2 Eksplorasi Data	15
4.3 Parameter Indeks Vegetasi	17
4.4 Transformasi dan Normalisasi Data	19
4.5 Pemodelan <i>Random Forest Regression</i> Data Mineral dan Gambut	22
4.6 Pemodelan <i>Random Forest Regression</i> Data Gabungan	28
4.7 Perbandingan Model Data Lahan Mineral, Gambut, dan Gabungan	32
4.8 Visualisasi Sebaran Status Hara Mangan di Lokasi Studi	33
V SIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Simpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	48

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	Rentang kadar mangan pada daun kelapa sawit	4
2	Spesifikasi satelit sentinel-2A	5
3	Fungsi dan spesifikasi peralatan penelitian	8
4	Fungsi bahan penelitian	8
5	Lokasi dan waktu akuisisi citra Sentinel-2A pada lahan mineral	11
6	Lokasi dan waktu akuisisi citra Sentinel-2A pada lahan gambut	11
7	Metrik yang digunakan dalam evaluasi model	13
8	Interpretasi nilai MAPE	14
9	Fitur terpilih berdasarkan hasil korelasi dengan nilai mangan	19
10	Akurasi data uji baseline model <i>random forest regression</i>	23
11	Nilai <i>hyperparameter tuning</i> untuk pelatihan model	24
12	Hasil pemilihan <i>hyperparameter</i> terbaik untuk masing-masing jenis lahan	24
13	Hasil <i>k-fold cross validation</i> model estimasi mangan pada skenario model mineral	25
14	Hasil <i>k-fold cross validation</i> model estimasi mangan pada skenario model gambut	26
15	Nilai akurasi data uji model <i>random forest regression</i> setelah <i>hyperparameter tuning</i>	26
16	Akurasi data uji <i>baseline</i> model <i>random forest regression</i> pada data lahan gabungan	28
17	Hasil pemilihan <i>hyperparameter</i> terbaik pada data lahan gabungan	29
18	Hasil <i>k-fold cross validation</i> model estimasi mangan pada skenario model data lahan gabungan	29
19	Akurasi data uji model <i>random forest regression</i> setelah <i>hyperparameter tuning</i> pada data lahan gabungan	30
20	Perbandingan skenario data pemodelan estimasi mangan	32

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir mekanisme <i>Random Forest Regression</i>	6
2	Diagram alir prosedur penelitian	9
3	Peta Lokasi Pengambilan Sampel Daun Kelapa Sawit	10
4	Proses <i>cloud masking</i> pada citra satelit, a) seleksi awan dan bayangan, b) hasil <i>cloud masking</i>	15
5	Statistik deskriptif nilai reflektansi dan kandungan mangan pada lahan mineral	16
6	Statistik deskriptif nilai reflektansi dan kandungan mangan pada lahan gambut	16
7	Korelasi antara <i>band</i> dan indeks terhadap Mn pada lahan mineral	17
8	Korelasi antara <i>band</i> dan indeks terhadap Mn pada lahan gambut	18
9	Korelasi antara <i>band</i> dan indeks terhadap Mn pada lahan gabungan	18
10	Histogram sebaran data mangan pada lahan mineral	19
11	Histogram sebaran data mangan pada lahan gambut	20
12	Histogram sebaran data mangan pada lahan gabungan	20
13	Histogram sebaran data mangan pada lahan mineral setelah transformasi <i>box-cox</i>	21
14	Histogram sebaran data mangan pada lahan gambut setelah transformasi <i>box-cox</i>	21
15	Histogram sebaran data mangan pada lahan gabungan setelah transformasi <i>box-cox</i>	22
16	Perbandingan nilai prediksi model (merah) dan hasil analisis laboratorium (hijau) pada lahan mineral	27
17	Perbandingan nilai prediksi model (merah) dan hasil analisis laboratorium (hijau) pada lahan gambut	27
18	Perbandingan nilai prediksi model (merah) dan hasil analisis laboratorium (hijau) pada model lahan gabungan dengan data uji gabungan	30
19	Perbandingan nilai prediksi model (merah) dan hasil analisis laboratorium (hijau) pada model lahan gabungan dengan data uji mineral	31
20	Perbandingan nilai prediksi model (merah) dan hasil analisis laboratorium (hijau) pada model lahan gabungan dengan data uji gambut	31
21	Citra Sentinel-2A (a) sebelum penghapusan awan, (b) setelah proses penghapusan awan menggunakan <i>s2cloudless</i>	33
22	Visualisasi prediksi hara mangan (a) sebelum proses interpolasi, (b) setelah proses interpolasi	33
23	Peta status hara mangan perkebunan PT. Kalianusa	34
24	Peta status hara mangan perkebunan PT. Arjuna	34



DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Proses pengolahan citra Sentinel-2A	40
2	Lampiran 2 Citra Sentinel-2A yang telah melalui tahapan s2cloudless	41
3	Lampiran 3 Daftar indeks vegetasi dan formula spektral berbasis Sentinel-2A	42
4	Lampiran 4 Visualisasi sebaran status hara mangan di lahan mineral	44
5	Lampiran 5 Visualisasi sebaran status hara mangan di lahan gambut	46

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