

PREDIKSI KANDUNGAN KIMIA BUAH KELAPA SAWIT SECARA NON-DESTRUKTIF MENGGUNAKAN *PORTABLE SPECTROMETER* DENGAN METODE *MACHINE LEARNING* DAN PLSR

AHMAD SARIFUDIN



**PROGRAM STUDI SARJANA
TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer* dengan Metode *Machine Learning* dan PLSR” 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 16 Juli 2026

Ahmad Sarifudin
F1401221017



ABSTRAK

AHMAD SARIFUDIN. Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer* dengan Metode *Machine Learning* dan PLSR. Dibimbing oleh I WAYAN BUDIASTRA.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Kandungan buah kelapa sawit sangat menentukan mutu minyak yang dihasilkan. Penentuan kandungan buah kelapa sawit saat ini masih dilakukan secara konvensional dengan cara visual yang subjektif dan dengan laboratorium yang memakan waktu serta biaya tinggi. Metode yang efektif dibutuhkan, salah satunya dengan menggunakan spektrometer portabel yang lebih efisien dan tidak merusak buah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode prediksi kandungan kadar air, kadar minyak, dan kadar asam lemak bebas buah kelapa sawit dengan menggunakan instrumen SCiO NIR portabel dengan metode SVR dan PLSR. Sebanyak 408 sampel buah kelapa sawit diukur reflektansinya pada panjang gelombang 740-1070 nm, selanjutnya data kimia buah ditentukan melalui analisis kimia laboratorium. Spektra reflektan hasil pengukuran diolah menggunakan pra-pemrosesan spektra *smoothing savitzky-golay*, *detrending*, *normalize*, *standard normal variate* (SNV), dan kombinasi SNV+*smoothing* SG yang diolah menggunakan *software The Unscrambler X* kemudian dilakukan kalibrasi dan validasi untuk mengukur performa metode. Hasil terbaik untuk memprediksi kadar air dan minyak masing-masing adalah metode SVR menggunakan *pre-treatment normalize* dan SNV dengan akurasi ($R^2 = 0,99$; SEC = 2,75%; SEP = 3,37%; RPD = 6,72), ($R^2 = 0,92$; SEC = 5,02%; SEP = 5,64%; RPD = 3,12). Sedangkan hasil terbaik untuk prediksi kadar ALB adalah metode PLSR dengan 15 *factor component* tanpa *pre-treatment* ($R^2 = 0,51$; SEC = 1,38%; SEP = 1,37%; RPD = 1,42). Metode kalibrasi SVR dengan *pre-treatment normalize* dan SNV dari pengukuran *portable spectrometer* dapat digunakan untuk prediksi kadar minyak dan air secara akurat, namun metode tidak dapat digunakan untuk prediksi kadar asam lemak secara akurat.

Kata kunci : kelapa sawit, *machine learning*, NIR, PLSR, SVR



ABSTRACT

AHMAD SARIFUDIN. Non-Destructive Prediction of the Chemical Composition of Oil Palm Fruits Using a Portable Spectrometer with Machine Learning and PLSR Methods. Supervised by I WAYAN BUDIASTRA.

Indonesia is one of the world's largest producers of palm oil. The composition of the oil palm fruit is a key determinant of the quality of the oil produced. Currently, the composition of the oil palm fruit is still determined using conventional methods, such as subjective visual inspection and laboratory testing, which are time consuming and costly. An effective method is needed, such as the use of a portable spectrometer that is more efficient and does not damage the fruit. This study aims to develop a method for predicting the moisture content, oil content, and free fatty acid content of oil palm fruit using a portable SCiO NIR instrument with SVR and PLSR methods. The reflectance of 408 oil palm fruit samples was measured at wavelengths of 740-1070 nm, and the fruit's chemical data were subsequently determined through laboratory chemical analysis. The measured reflectance spectra were processed using Savitzky-Golay (SG) smoothing, detrending, normalization, standard normal variate (SNV), and a combination of SNV and SG smoothing via The Unscrambler X software. Calibration and validation were then performed to assess the method's performance. The best results for predicting moisture and oil content, respectively, were obtained using the SVR method with normalization pre-processing and the SNV method, with an accuracy of ($R^2 = 0,99$; $SEC = 2,75\%$; $SEP = 3,37\%$; $RPD = 6,72$), ($R^2 = 0,92$; $SEC = 5,02\%$; $SEP = 5,64\%$; $RPD = 3,12$). Meanwhile, the best results for predicting ALB content were obtained using the PLSR method with 15 principal components without pre-treatment ($R^2 = 0.51$; $SEC = 1,38\%$; $SEP = 1,37\%$; $RPD = 1,42$). The SVR calibration method with normalization and SNV pre-treatment of portable spectrometer measurements can be used to accurately predict oil and water content, but the method cannot be used to accurately predict fatty acid content.

Keywords: machine learning, NIR, oil palm, PLSR, SVR



@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 2026
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.

PREDIKSI KANDUNGAN KIMIA BUAH KELAPA SAWIT SECARA NON-DESTRUKTIF MENGGUNAKAN *PORTABLE SPECTROMETER* DENGAN METODE *MACHINE LEARNING* DAN PLSR

AHMAD SARIFUDIN

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

**PROGRAM STUDI SARJANA
TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Ir. Lilik Pujiantoro Eko Nugroho, M. Agr.
- 2 Dr. Eng. Obie Farobie, S. Si., M.Si.



Judul Skripsi : Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer* dengan Metode *Machine Learning* dan PLSR.

Nama : Ahmad Sarifudin
NIM : F1401221017

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M. Agr.
NIP. 196110191986011002

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem:

Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiwa, M.Sc. Agr.
NIP. 196304251989031001

Tanggal Ujian:
(10 Juli 2026)

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Skripsi dengan judul “Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit Secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer* dengan Metode *Machine Learning* dan PLSR” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknik dan Teknologi, Institut Pertanian Bogor. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa adanya bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr yang telah memberi arahan, masukan dan bimbingan selama penyusunan karya ilmiah ini.
2. Dr. Ir. Lilik Pujiantoro Eko Nugroho, M. Agr. dan Dr. Eng. Obie Farobie, S. Si., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada karya ilmiah.
3. Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. sebagai moderator ujian yang telah memberi arahan dan masukan pada karya ilmiah.
4. Segenap dosen dan tendik Program Studi Teknik Mesin dan Biosistem yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat.
5. Ibu tercinta yang selalu mendoakan penulis tanpa henti, abang dan kakak yang selalu mendukung, serta seluruh keluarga yang senantiasa memberi doa, semangat, motivasi dan dukungan selama penulisan karya ilmiah.
6. Kak Cindy Grasia yang selalu mendengarkan keluh kesah dan memberikan dukungan kepada penulis. Kak Annisy Syahida yang dengan sukarela meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan masukan, bantuan dan semangat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Teman Senior Resident yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
8. Teman-teman satu bimbingan yang senantiasa membantu dan membersamai selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
9. Teman Vermilion angkatan 59 yang memberikan semangat kepada penulis.
10. Semua pihak yang banyak membantu dan memberi saran kepada penulis.

Penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor 16 Juli 2026

Ahmad Sarifudin



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kelapa Sawit	3
2.2 <i>Portable Near Infrared Spectroscopy</i>	4
2.3 <i>Pre-treatment</i> Spektrum	5
2.4 <i>Machine Learning</i>	6
2.5 <i>Support Vector Regression</i>	7
2.6 <i>Partial Least Squares Regression</i>	8
2.7 Penelitian Kandungan Kimia dengan NIR pada Kelapa Sawit	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Perubahan Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit	16
4.2 Karakteristik NIR Spektra Buah Kelapa Sawit	18
4.3 Hasil Kalibrasi dan Validasi dengan Metode SVR dan PLSR	20
V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Tabel 1 Kandungan kimia buah sawit pada tingkat kematangan berbeda	3
2	Tabel 2 Kandungan kimia buah kelapa sawit	17
3	Tabel 3 Hasil kalibrasi dan prediksi kadar air buah kelapa sawit	22
4	Tabel 4 Hasil kalibrasi dan prediksi kadar minyak buah kelapa sawit	25
5	Tabel 5 Hasil kalibrasi dan prediksi kadar ALB buah kelapa sawit	28

DAFTAR GAMBAR

1	Gambar 1 Morfologi buah kelapa sawit (PASPI 2024)	3
2	Gambar 2 Interaksi NIR dengan buah kelapa sawit	5
3	Gambar 3 Struktur dan prinsip model SVR (a) vektor pendukung dengan struktur SVR; (b) mekanisme pemetaan dataset dengan fungsi kernel; (c) diagram alir SVR dengan fungsi kernel dan variabel slack (Tran Quang <i>et al.</i> 2022)	7
4	Gambar 4 Diagram alir prosedur penelitian	11
5	Gambar 5 Cara pengukuran NIR dengan SCiO portabel	12
6	Gambar 6 Grafik perubahan kandungan kimia buah kelapa sawit	17
7	Gambar 7 Spektra absorban buah kelapa sawit	19
8	Gambar 8 Spektra absorban hasil <i>pre-treatment</i> (a) <i>smoothing</i> SG; (b) SNV; (c) <i>normalize</i> ; (d) SNV + <i>smoothing</i> SG	20
9	Gambar 9 Plot hubungan kadar air prediksi dan aktual pada metode (a) SVR dan (b) PLSR	22
10	Gambar 10 Plot hubungan kadar minyak prediksi dan aktual pada metode (a) SVR dan (b) PLSR	25
11	Gambar 11 Plot hubungan kadar ALB prediksi dan aktual pada metode (a) SVR dan (b) PLSR	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Data Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit	38
2	Lampiran 2 Pengolahan Data	47