

PREDIKSI KANDUNGAN KIMIA BUAH KELAPA SAWIT SECARA NON-DESTRUKTIF MENGGUNAKAN *PORTABLE SPECTROMETER*

**HADYAN FARUQI HERMAWAN
F1401211071**



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

Perpustakaan IPB University



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*” 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, 13 Juni 2025

Hadyan Faruqi Hermawan
F1401211071

- 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.



ABSTRAK

HADYAN FARUQI HERMAWAN. Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer*. Dibimbing oleh I WAYAN BUDIASTRA.

Kualitas buah kelapa sawit saat panen menjadi kunci dalam meningkatkan mutu minyak kelapa sawit. Salah satu tahap penting adalah penentuan kandungan kimia tandan buah segar (TBS) secara tepat dan akurat. Saat ini, penentuan masih dilakukan secara visual oleh pemanen, yang bersifat subjektif dan kurang akurat. Penentuan secara akurat harus dilakukan di laboratorium dengan waktu dan biaya yang tinggi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode prediksi kandungan kimia buah kelapa sawit (kadar air, kadar asam lemak bebas, dan kadar minyak) secara non-destruktif menggunakan spektrometer portabel. Spektrum reflektansi buah pada panjang gelombang 1350–2500 nm (372 sampel) diukur menggunakan alat spektrometer portabel, selanjutnya kandungan kimia ditentukan dengan metode kimia di laboratorium. Spektra *near infrared* (NIR) diolah menggunakan *pre-treatment normalize, standard normal variate* (SNV) dan *multiplicative scatter correction* (MSC) kemudian dilakukan kalibrasi antara data NIR dan kandungan kimia menggunakan metode *Partial Least Square Regression* (PLSR) dan *Multiple Linear Regression* (MLR). Kemudian dilakukan validasi untuk mengukur performa model kalibrasi. Metode kalibrasi terbaik untuk memprediksi masing-masing kadar air, kadar asam lemak bebas dan kadar minyak adalah PLS dengan 6, 10 dan 9 faktor dengan akurasi ($R^2 = 0,94$; SEC = 5,64%; RPD = 4,38), ($R^2 = 0,70$, SEC = 1,20%; RPD = 1,87) dan ($R^2 = 0,94$; SEC = 4,60%; RPD = 4,49) menggunakan *pre-treatment multiplicative scatter correction* (MSC). Metode PLS mengungguli metode MLR dalam penentuan kandungan kimia dengan metode NIR.

Kata kunci: kandungan kimia, kelapa sawit, MLR, NIR, PLSR

ABSTRACT

HADYAN FARUQI HERMAWAN. Non-Destructive Prediction of Chemical Content of Oil Palm Fruit Using Portable Spectrometer. Supervised by I WAYAN BUDIASTRA.

The quality of oil palm fruit during harvest is the key to improving the quality of palm oil. One important stage is determining the chemical content of fresh fruit bunches (FFB) precisely and accurately. Currently, the determination is still done visually by the harvester, which is subjective and less accurate. Accurate determination must be done in a laboratory with high time and cost. This study aims to develop a method for predicting the chemical content of oil palm fruit (water content, free fatty acid content, and oil content) non-destructively using a portable spectrometer. The fruit reflectance spectrum at a wavelength of 1350–2500 nm (372 samples) was measured using a portable spectrometer, then the chemical content was determined using a chemical method in the laboratory. The near infrared (NIR) spectra were processed using normalize, standard normal variate (SNV) and multiplicative scatter correction (MSC) pre-treatment methods then calibration was carried out between the NIR data and the chemical content using the Partial Least Square Regression (PLSR) and Multiple Linear Regression (MLR) methods. Then validation was carried out to measure the performance of the calibration model. The best calibration method to predict each water content, free fatty acid content and oil content was PLS with 6, 10 and 9 factors with accuracy ($R^2 = 0.94$; $SEC = 5.64\%$; $RPD = 4.38$), ($R^2 = 0.70$, $SEC = 1.20\%$; $RPD = 1.87$) and ($R^2 = 0.94$; $SEC = 4.60\%$; $RPD = 4.49$) using pre-treatment multiplicative scatter correction (MSC). The PLS method outperformed the MLR method in determining chemical content by the NIR method.

Keywords: Chemical content, MLR, NIR, oil palm, PLSR



@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.

PREDIKSI KANDUNGAN KIMIA BUAH KELAPA SAWIT SECARA NON-DESTRUKTIF MENGGUNAKAN *PORTABLE SPECTROMETER*

HADYAN FARUQI HERMAWAN

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. Ir. Emmy Darmawati, M.Si.
- 2 Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si.

Judul Skripsi : Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer*

Nama : Hadyan Faruqi Hermawan

NIM : F1401211071

Disetujui oleh

Pembimbing :

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

NIP. 196110191986011002



Diketahui oleh

Ketua Departemen

Teknik Mesin dan Biosistem:

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

NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(26 Juni 2025)

Tanggal Lulus:

(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanaahu Wa Ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir (skripsi) ini berhasil diselesaikan dengan judul “Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit secara Non-Destruktif Menggunakan *Portable Spectrometer*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S1 Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Dengan tersusunnya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr yang telah meluangkan segenap waktu untuk memberi arahan, masukan dan bimbingan selama penyusunan karya ilmiah.
2. Dr. Ir. Emmy Darmawati, M.Si. dan Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada karya ilmiah.
3. Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. selaku moderator ujian yang telah memberi arahan dan masukan pada karya ilmiah.
4. Prof. Dr. Ir. Yohanes Aris Purwanto, M.Sc dan Dr. Slamet Widodo, S.T.P., M.Sc. yang telah memberi kesempatan untuk menggunakan alat spektrometer portabel sehingga penelitian dapat dilaksanakan.
5. Segenap dosen dan tendik Departemen Teknik Mesin dan Biosistem yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat untuk masa depan.
6. Orangtua serta seluruh keluarga yang senantiasa memberi doa, semangat, motivasi dan dukungan selama penulisan karya ilmiah.
7. Kak Yunisa, Kak Verra, Bang Arief dan Kak Annis yang dengan sukarela meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan ilmu, masukan, bantuan dan semangat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
8. Teman-teman satu bimbingan yang senantiasa membantu dan membersamai selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
9. Teman-teman Resonance angkatan 58 yang memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir.
10. Seluruh pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam penyusunan karya ilmiah.

Akhir kata penulis berharap semoga Allah *Subhanaahu Wa Ta'ala* membalas semua kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan seluruh pihak yang membutuhkan.

Bogor, 13 Juni 2025

Hadyan Faruqi Hermawan

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 ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kelapa Sawit	3
2.2 Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit	4
2.3 <i>Near Infrared Spectroscopy</i> (NIRS)	5
2.4 <i>Pre-treatment</i> Spektrum	6
2.5 <i>Multiple Linear Regression</i> (MLR)	7
2.6 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	7
2.7 <i>Partial Least Square Regression</i> (PLSR)	7
2.8 Evaluasi Model Prediksi	8
2.9 Penelitian NIR pada Kelapa Sawit	8
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	10
3.3.1 Persiapan Sampel Penelitian	12
3.3.2 Pengukuran Spektrum NIR	12
3.3.3 Pengukuran Sifat Kimia	12
3.3.4 <i>Pre-treatment</i> Spektrum NIR	14
3.3.5 Kalibrasi Model	14
3.3.6 Validasi Model	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Karakteristik Spektra Buah Kelapa Sawit	16
4.2 Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit	18
4.3 Hasil Kalibrasi dan Validasi dengan Metode PLS dan PCA-MLR	19
4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Terpilih	19
4.3.2 Kadar Air	20
4.3.3 Kadar Asam Lemak Bebas	23
4.3.4 Kadar Minyak	25
V SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	32
RIWAYAT HIDUP	48



DAFTAR TABEL

1	Luas tanam dan produksi perkebunan tahun 2024	4
2	Kandungan kimia buah kelapa sawit	19
3	Hasil kalibrasi dan validasi untuk prediksi kadar air buah kelapa sawit	22
4	Hasil kalibrasi dan validasi untuk prediksi kadar ALB buah kelapa sawit	24
5	Hasil kalibrasi dan validasi untuk prediksi kadar minyak buah kelapa sawit	26

DAFTAR GAMBAR

1	Susunan buah kelapa sawit (Harun <i>et al.</i> 2016)	3
2	Spektra NIR pada (a) teh, (b) lada hitam dan (c) minyak zaitun (Manley 2014)	5
3	Daerah penyerapan gugus fungsi pada berbagai ikatan molekul	6
4	Diagram alir prosedur penelitian	11
5	Alat NeoSpectra SWS62231	12
6	Spektra reflektansi NIR buah kelapa sawit pada berbagai umur	17
7	Spektra reflektansi hasil <i>pre-treatment</i> (a) <i>normalize</i> ; (b) SNV; dan (c) MSC	17
8	Perubahan kandungan kimia buah kelapa sawit	19
9	<i>Loading plot</i> PCA spektra buah kelapa sawit	20
10	Hasil kalibrasi dan validasi kadar air pada metode (a) PLS dan (b) PCA-MLR	21
11	Hasil kalibrasi dan validasi kadar ALB pada metode (a) PLS dan (b) PCA-MLR	24
12	Hasil kalibrasi dan validasi kadar minyak pada metode (a) PLS dan (b) PCA-MLR	25

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data kandungan kimia buah kelapa sawit	33
2	Langkah perhitungan metode MLR, PCA dan PLS	43
3	Dokumentasi penelitian	46