

PREDIKSI KANDUNGAN KIMIA BUAH KELAPA SAWIT SECARA NONDESTRUKTIF BERDASARKAN KARAKTERISTIK ADMITANSI LISTRIK DAN METODE KALIBRASI *PRINCIPAL COMPONENT REGRESSION*

NAWAL ALHAKIM ARTA



**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 “Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit Secara Nondestruktif Berdasarkan Karakteristik Admitansi Listrik dan Metode Kalibrasi *Principal Component Regression*” 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, Juni 2025

Nawal Alhakim Arta
F1401211047

- 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

NAWAL ALHAKIM ARTA. Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit Secara Nondestruktif Berdasarkan Karakteristik Admitansi Listrik dan Metode Kalibrasi *Principal Component Regression*. Dibimbing oleh I WAYAN BUDIASTRA.

Industri minyak sawit Indonesia berkembang pesat dan berkontribusi terhadap industri minyak nabati dunia. Penentuan kematangan buah kelapa sawit secara konvensional kurang akurat, metode destruktif membutuhkan waktu dan biaya yang besar sehingga diperlukan metode nondestruktif untuk mengurangi waktu dan biaya. Penelitian ini bertujuan memprediksi kadar air, minyak, dan asam lemak bebas (ALB) buah kelapa sawit berdasarkan admitansi listriknya menggunakan *principal component regression* (PCR). Sampel diukur sifat admitansi listriknya pada frekuensi 50 Hz-5 MHz menggunakan LCR meter, selanjutnya diukur kadar air, minyak, dan ALB menggunakan metode kimia. Data admitansi diolah menggunakan dua *pre-treatment* dan kemudian hasilnya dikalibrasi dengan data kimianya. Prediksi terbaik kadar air adalah admitansi tanpa menggunakan *pre-treatment* (PC-13) ($r=0,91$, $SEC=8,87\%$, $SEP=9,63\%$, $CV=15,20\%$, $RPD=2,49$, konsistensi = 102,80%). Prediksi kadar minyak terbaik diperoleh menggunakan admitansi dengan *pre-treatment deresolve* (PC-18) ($r=0,92$, $SEC=7,26\%$, $SEP=7,21\%$, $CV=44,84\%$, $RPD=2,49$, konsistensi = 100,69%). Sedangkan prediksi kadar ALB terbaik didapat menggunakan admitansi dengan *pre-treatment normalization* (PC-14) ($r=0,70$, $SEC=1,46\%$, $SEP=1,46\%$, $CV=39,67\%$, $RPD=1,29$, konsistensi = 100,20%). Metoda impedansi dan PCR yang dikembangkan dapat digunakan untuk memprediksi kadar minyak dan kadar air buah sawit secara nondestruktif, sedangkan untuk prediksi kadar asam lemak bebas belum dapat diterapkan.

Kata kunci: admitansi, kadar air, kadar ALB, kadar minyak, kelapa sawit, PCR

ABSTRACT

NAWAL ALHAKIM ARTA. Nondestructive Prediction of Oil Palm Fruit Chemical Content Based on Electrical Admittance Characteristics and Principal Component Regression Calibration Method. *Supervised by* I WAYAN BUDIASTRA.

The Indonesian palm oil industry is rapidly developing and contributes significantly to the global vegetable oil industry. Conventional methods for determining oil palm fruit ripeness are often inaccurate, and destructive methods are time-consuming and costly. Therefore, a nondestructive method is needed to reduce both time and expense. This research aims to predict the moisture, oil, and free fatty acid (FFA) content of oil palm fruit based on its electrical admittance using Principal Component Regression (PCR). Sample's electrical admittance properties were measured at frequencies from 50 Hz to 5 MHz using an LCR meter, and their moisture, oil, and FFA content were subsequently determined using chemical methods. Admittance data were processed using two pre-treatments, and the results were then calibrated with the chemical data. The best prediction for moisture content was achieved using raw admittance data without pre-treatment (PC-13), yielding an ($r=0.91$, $SEC=8.87\%$, $SEP=9.63\%$, $CV=15.20\%$, $RPD=2.49$, consistency = 102.80%). The best oil content prediction was obtained using admittance data with deresolve pre-treatment (PC-18), resulting in an ($r=0.92$, $SEC=7.26\%$, $SEP=7.21\%$, $CV=44.84\%$, $RPD=2.49$, consistency = 100.69%). Meanwhile, the best FFA content prediction was achieved using admittance data with normalization pre-treatment (PC-14), yielding an ($r=0.70$, $SEC=1.46\%$, $SEP=1.46\%$, $CV=39.67\%$, $RPD=1.29$, consistency = 100.20%). The developed impedance and PCR method can be used for nondestructive prediction of oil and moisture content in oil palm fruit, but it is not yet applicable for predicting free fatty acid content.

Keywords: admittance, FFA, moisture content, oil content, oil palm fruit, PCR



@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 NONDESTRUKTIF BERDASARKAN
KARAKTERISTIK ADMITANSI LISTRIK DAN METODE
KALIBRASI *PRINCIPAL COMPONENT REGRESSION***

NAWAL ALHAKIM ARTA

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. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr
- 2 Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si



Judul Skripsi : Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit Secara
Nondestruktif Berdasarkan Karakteristik Admitansi Listrik dan
Metode Kalibrasi *Principal Component Regression*.

Nama : Nawal Alhakim Arta

NIM : F1401211047

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

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:
1 Juli 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah dengan judul “Prediksi Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit Secara Nondestruktif Berdasarkan Karakteristik Admitansi Listrik dan Metode Kalibrasi *Principal Component Regression*” berhasil diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melaksanakan Tugas Akhir pada program Strata-1 Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

1. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr yang telah meluangkan waktu untuk memberi arahan, masukan dan bimbingan selama penyusunan karya ilmiah.
2. Dr. Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugroho, M.Agr dan Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si selaku dosen penguji skripsi dan Dr. Slamet Widodo, S.TP, M.Sc selaku dosen moderator sidang skripsi.
3. Segenap dosen dan tendik Departemen Teknik Mesin dan Biosistem yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat untuk masa depan.
4. Orangtua tercinta, Bapak A. Thohir S. dan Ibu Ariningsun, serta ketiga saudara saya dan seluruh keluarga yang senantiasa memberi doa, semangat, motivasi dan dukungan selama penulisan karya ilmiah.
5. 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.
6. Teman-teman satu bimbingan yang senantiasa membantu dan membersamai selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Teman-teman Resonance angkatan 58 yang memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir.
8. 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. Dan semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

Nawal Alhakim Arta

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
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 Tanaman Kelapa Sawit	3
2.2 Mutu dan Standar Buah Kelapa Sawit	4
2.3 Admitansi	4
2.4 Spektroskopi Listrik dan Bahan Dielektrik	5
2.5 <i>Pre-treatment</i>	5
2.6 Principal Component Regression (PCR)	5
2.7 Pengukuran Nondestruktif pada Bahan Pertanian	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
3.3.1 Persiapan Sampel Penelitian	9
3.3.2 Pengukuran Sifat Listrik	9
3.3.3 Pengukuran Sifat Kimia	10
3.3.4 <i>Pre-treatment</i> data listrik	11
3.3.5 Kalibrasi model menggunakan <i>Principal Component Regression</i>	12
3.3.6 Validasi model	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Kandungan Kimia Buah Kelapa Sawit	13
4.2 Karakteristik Admitansi Buah Kelapa Sawit (tanpa dan dengan <i>pre-treatment</i>)	15
4.3 Kalibrasi dan Validasi dengan Metode PCR	17
4.3.1 Kadar Air	17
4.3.2 Kadar Minyak	18
4.3.3 Kadar Asam Lemak Bebas	20
V SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	32



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

Kandungan kimia buah kelapa sawit	14
Hasil kalibrasi dan validasi untuk prediksi kadar air buah kelapa sawit	18
Hasil kalibrasi dan validasi untuk prediksi kadar minyak buah kelapa sawit	19
Hasil kalibrasi dan validasi untuk prediksi kadar asam lemak bebas buah kelapa sawit	21

DAFTAR GAMBAR

1 Struktur buah sawit jenis <i>tenera</i> (a) mesokarp (b) endosperm/kernel (c) eksokarp	3
2 Diagram alir prosedur penelitian	8
3 Bagian brondol sawit yang dijadikan sampel	9
4 Pengukuran sifat listrik diantara dua buah plat elektroda	10
5 Perubahan kandungan kimia buah kelapa sawit	14
6 Spektrum admitansi per satuan berat pada berbagai umur tanpa <i>pre-treatment</i>	15
7 Spektrum admitansi per satuan berat pada berbagai umur menggunakan <i>pre-treatment normalization</i>	16
8 Spektrum admitansi per satuan berat pada berbagai umur menggunakan <i>pre-treatment deresolve</i>	16
9 Hasil kalibrasi dan validasi kadar air pada metode PCR	18
10 Hasil kalibrasi dan validasi kadar minyak pada metode PCR	19
11 Hasil kalibrasi dan validasi kadar asam lemak bebas pada metode PCR	21

DAFTAR LAMPIRAN

1 Lampiran 1 Data kandungan kimia buah kelapa sawit	27
2 Lampiran 2 Grafik dari sifat kimia buah kelapa sawit	29
3 Lampiran 3 Dokumentasi penelitian	30