



- 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 KANDUNGAN KIMIA TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT SECARA NON-DESTRUKTIF BERDASARKAN NILAI IMPEDANSI LISTRIK

EPA MALASARI



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



@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 Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Secara Non-Destruktif Berdasarkan Nilai Impedansi Listrik”** 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, Agustus 2026

Epa Malasari
F1401221010



ABSTRAK

EPA MALASARI. Prediksi Kandungan Kimia Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit Secara Non-Destruktif Berdasarkan Nilai Impedansi Listrik. Dibimbing oleh I WAYAN BUDIASTRA.

Mutu tandan buah segar (TBS) kelapa sawit dipengaruhi oleh kandungan kimia buah, terutama kadar air, kadar minyak, dan kadar asam lemak bebas (ALB), yang berperan penting dalam menentukan kualitas minyak sawit yang dihasilkan. Penentuan mutu TBS secara visual cenderung kurang akurat karena bersifat subjektif, sedangkan analisis kandungan kimia melalui pengujian laboratorium memerlukan waktu, biaya, dan tenaga yang relatif besar sehingga kurang efisien. Dibutuhkan metode non-destruktif yang mampu menduga kandungan kimia TBS secara cepat dan efisien. Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik impedansi listrik TBS kelapa sawit pada berbagai tingkat kematangan serta membangun model pendugaan kadar air, kadar minyak, dan kadar asam lemak bebas (ALB) menggunakan metode *Multiple Linear Regression* (MLR). Pengukuran impedansi dilakukan menggunakan LCR meter pada rentang frekuensi 50 Hz–100 kHz terhadap 50 sampel TBS yang terdiri atas lima tingkat kematangan. Data impedansi kemudian diolah menggunakan empat perlakuan *pre-treatment*, yaitu *Original*, *Normalize*, *Standard Normal Variate* (SNV), dan *Multiplicative Scatter Correction* (MSC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai impedansi cenderung menurun seiring meningkatnya frekuensi dan berbeda pada setiap tingkat kematangan buah. Model pendugaan terbaik untuk kadar air diperoleh menggunakan *pre-treatment* SNV dengan nilai $r = 0,97$, $SEC = 3,45\%$, $SEP = 3,25\%$, $CV = 7,68\%$, dan $RPD = 4,08$. Pendugaan kadar minyak juga memberikan hasil terbaik pada *pre-treatment* SNV dengan nilai $r = 0,95$, $SEC = 3,04\%$, $SEP = 3,05\%$, $CV = 9,66\%$, dan $RPD = 3,23$. Sementara itu, pendugaan kadar ALB terbaik diperoleh menggunakan data *Original* tanpa *pre-treatment* dengan nilai $r = 0,90$, $SEC = 0,69\%$, $SEP = 0,77\%$, $CV = 7,72\%$, dan $RPD = 2,22$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa impedansi listrik dengan MLR berpotensi digunakan sebagai metode non-destruktif untuk menduga kadar air, kadar minyak, dan kadar ALB pada TBS kelapa sawit, dengan *pre-treatment* tertentu yang bergantung pada karakteristik parameter yang diprediksi.

Kata kunci: Impedansi listrik, Kadar air, Kadar minyak, MLR, TBS kelapa sawit



ABSTRACT

EPA MALASARI. Prediction of Chemical Content of Oil Palm Fresh Fruit Bunches (FFB) Non-Destructively Based on Electrical Impedance Values. Supervised by I WAYAN BUDIASTRA.

The quality of oil palm fresh fruit bunches (FFB) is influenced by the chemical content of the fruit, especially water content, oil content, and free fatty acid (FFA) content, which plays an important role in determining the quality of the palm oil produced. Visual determination of FFB quality tends to be less accurate due to its subjective nature, while chemical content analysis through laboratory testing requires relatively large time, costs, and energy, making it less efficient. A non-destructive method is needed that can estimate the chemical content of FFB quickly and efficiently. This study aims to determine the electrical impedance characteristics of oil palm FFB at various levels of maturity and to develop a model for estimating water content, oil content, and free fatty acid (FFA) content using the Multiple Linear Regression (MLR) method. Impedance measurements were carried out using an LCR meter at a frequency range of 50 Hz–100 kHz on 50 FFB samples consisting of five levels of maturity. The impedance data were then processed using four pre-treatments, namely Original, Normalize, Standard Normal Variate (SNV), and Multiplicative Scatter Correction (MSC). The results showed that the impedance value tends to decrease with increasing frequency and differs at each level of fruit ripeness. The best estimation model for water content was obtained using SNV pre-treatment with $r = 0.97$, $SEC = 3.45\%$, $SEP = 3.25\%$, $CV = 7.68\%$, and $RPD = 4.08$. Estimation of oil content also gave the best results in SNV pre-treatment with $r = 0.95$, $SEC = 3.04\%$, $SEP = 3.05\%$, $CV = 9.66\%$, and $RPD = 3.23$. Meanwhile, the best estimation of ALB content was obtained using Original data without pre-treatment with $r = 0.90$, $SEC = 0.69\%$, $SEP = 0.77\%$, $CV = 7.72\%$, and $RPD = 2.22$. The results of the study indicate that the electrical impedance with MLR has the potential to be used as a non-destructive method to estimate water content, oil content, and ALB content in oil palm FFB, with certain pre-treatments that depend on the characteristics of the predicted parameters.

Keywords: Electrical impedance, MLR, Oil content, Oil palm FFB, Water content



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 TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT SECARA NON-DESTRUKTIF BERDASARKAN NILAI IMPEDANSI LISTRIK

EPA MALASARI

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:

Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si

2. Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr

Perpustakaan 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.

Judul Skripsi : Prediksi Kandungan Kimia Tandan Buah Segar Kelapa Sawit
Secara Non-Destruktif Berdasarkan Nilai Impedansi Listrik

Nama : Epa Malasari
NIM : F1401221010

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing :

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

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem:

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

Tanggal Ujian:
30 Juli 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa ta'ala atas segala karunia dan ridho-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil penulis selesaikan dengan baik. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 hingga bulan Juli 2026 ini berjudul “Prediksi Kandungan Kimia Tandan Buah Segar Kelapa Sawit Secara Non-Destruktif Berdasarkan Nilai Impedansi Listrik”. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan, bimbingan, serta masukan, kepada penulis selama penelitian hingga penyusunan skripsi.
2. Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si dan Dr. Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, serta masukan demi penyempurnaan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Radite Praeko Agus Setiawan M.Agr selaku moderator sidang yang telah memandu jalannya sidang skripsi.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta bantuan kepada penulis selama menjalani masa studi.
4. Ayahanda tercinta, Almarhumah Ibunda tercinta, kakak tersayang, dan seluruh keluarga besar Jupri, terima kasih atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan, motivasi, serta semangat yang senantiasa diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga terselesaikannya skripsi ini.
5. Kak Puji Rahayu, yang telah dengan sabar memberikan bantuan, arahan, serta berbagi pengetahuan kepada penulis, khususnya selama proses pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi ini.
6. Aditya Sarendra Rachman, yang senantiasa memberikan dukungan, doa, semangat, bantuan dalam proses penelitian dan pengolahan data, serta menjadi tempat berdiskusi dan berkeluh kesah penulis selama penyusunan skripsi ini.
7. Teman-teman satu bimbingan, serta sahabat terdekat penulis, Eci, Safira, Annasa, Moniqa, Aurel, dan rekan-rekan pertemanan selama masa perkuliahan, khususnya Grup "Cibi Cibi", "Sahabat Surga", dan "HUHA wkwk", teman-teman angkatan Vermillion 59, serta seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuan, dukungan, dan doa selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan karya ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Epa Malasari



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Kelapa Sawit	4
2.2 Mutu TBS	5
2.3 Sifat Listrik Bahan Pertanian	6
2.4 Impedansi	7
2.5 Multiple Linear Regression (MLR)	7
2.6 Penggunaan Impedansi pada Produk Pertanian	8
METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	10
HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Kandungan Kimia Tandan Buah Segar Kelapa Sawit	15
4.2 Karakteristik Impedansi Tandan Buah Segar Kelapa Sawit	17
4.3 Kalibrasi dan Validasi dengan Metode MLR	20
SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	38



DAFTAR TABEL

1	Kandungan kimia pada tandan buah segar kelapa sawit	16
2	Hasil kalibrasi dan validasi prediksi kadar air TBS kelapa sawit	22
3	Hasil kalibrasi dan validasi prediksi kadar minyak TBS kelapasawit	23
4	Hasil kalibrasi dan validasi prediksi kadar ALB TBS kelapa sawit	25

DAFTAR GAMBAR

1	Tingkat kematangan TBS kelapa sawit (Suharjito <i>et al.</i> 2023)	6
2	Diagram alir prosedur penelitian	11
3	Tingkat kematangan TBS kelapa sawit (a) mentah, (b) mengkal, (c) matang 1, (d) matang 2, dan (e) lewat matang	12
4	Pengukuran sifat listrik diantara dua plat elektroda	13
5	Grafik kandungan kimia pada tingkat kematangan TBS	16
6	Spektrum impedansi pada berbagai tingkat kematangan TBS tanpa menggunakan <i>pre-treatment</i>	18
7	Spektrum impedansi pada berbagai tingkat kematangan TBS menggunakan <i>pre-treatment</i> Normalize	19
8	Spektrum impedansi pada berbagai tingkat kematangan TBS menggunakan <i>pre-treatment</i> SNV	19
9	Spektrum impedansi pada berbagai tingkat kematangan TBS menggunakan <i>pre-treatment</i> MSC	20
10	Hasil kalibrasi dan validasi kadar air pada pre-treatment SNV dengan metode MLR	22
11	Hasil kalibrasi dan validasi kadar minyak pada pre-treatment SNV dengan metode MLR	23
12	Hasil kalibrasi dan validasi kadar ALB pada data tanpa pre-treatment dengan metode MLR	25

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Lampiran 1 Data kandungan kimia TBS kelapa sawit	34
2.	Lampiran 2 Dokumentasi penelitian	35
3.	Lampiran 3 Contoh perhitungan nilai impedansi	36