

MODEL PREDIKSI NIR UNTUK KUANTIFIKASI SUKROSA, GLUKOSA DAN FRUKTOSA PADA BATANG, NIRA DAN GULA DARI BATANG SAWIT

SHARLY CLAUDIA ALGHAI SANI



**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Model Prediksi NIR untuk Kuantifikasi Sukrosa, Glukosa dan Fruktosa pada Batang, Nira dan Gula dari Batang Sawit” 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 tesis ini.

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

Bogor, Juni 2025

Sharly Claudia Alghai Sani
F2501231054

- 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

SHARLY CLAUDIA ALGHAI SANI. Model Prediksi NIR untuk Kuantifikasi Sukrosa, Glukosa dan Fruktosa pada Batang, Nira dan Gula dari Batang Sawit. Dibimbing oleh DASE HUNAEFI dan FALEH SETIA BUDI.

Kelapa sawit merupakan komoditas utama Indonesia dengan produksi limbah batang sawit yang sangat melimpah, terutama dari proses replanting. Limbah ini berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku nira untuk produksi gula merah. Namun, pengrajin gula masih menghadapi kendala dalam mengukur kandungan gula secara akurat karena keterbatasan akses terhadap metode analisis seperti *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC), yang bersifat destruktif dan biayanya mahal. Penelitian ini bertujuan mengkaji potensi penggunaan *Near-Infrared Spectroscopy* (NIR) sebagai metode alternatif yang cepat, non-destruktif, dan ekonomis untuk analisis kuantitatif kandungan total padatan terlarut, sukrosa, glukosa, fruktosa, dan total gula dalam batang sawit, nira, dan produk gula merah. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan dan memvalidasi model prediksi kadar gula berbasis data NIR yang mempertimbangkan berbagai faktor yang memengaruhi kualitas nira. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pengrajin gula meningkatkan efisiensi produksi dan pemantauan kualitas bahan baku secara *real-time* serta menekan biaya produksi dengan tetap menjaga akurasi analisis.

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pegajahan, Kecamatan Pegajahan, Kabupaten Serdang Bedagai dan Laboratorium Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang, nira, juruh dan gula merah dari batang sawit. Penelitian ini terdiri dari lima tahapan, yaitu persiapan sampel, proses pengukuran destruktif dengan menggunakan HPLC, pengukuran total padatan terlarut dengan *refractometer*, dan pengukuran non destruktif dengan menggunakan NIR. Hasil data yang diperoleh dikalibrasi dengan metode *Partial Least Square Regression* (PLSR) menggunakan perangkat bawaan MicroNIR OnSite dan Microsoft Office Excel. Model yang diperoleh dievaluasi menggunakan parameter statistik diantaranya nilai koefisien determinasi (R^2), konsistensi, *standard error calibration* (SEC), *standard error prediction* (SEP), *root mean squares error of calibration* (RMSEC), *root mean squares error of cross validation* (RMSECV), *limit of detection* (LOD), dan *limit of quantification* (LOQ).

Model *Partial Least Square Regression* (PLSR) berbasis NIR menunjukkan potensi untuk memprediksi kadar sukrosa, glukosa, fruktosa, dan total padatan terlarut (TPT) pada batang, nira, dan gula merah dari batang sawit. TPT pada nira dan juruh memberikan hasil terbaik dengan nilai R^2 sebesar 0,9988 dan *Standard Error of Prediction* (SEP) sebesar 0,7440 °Brix, menunjukkan bahwa NIR sangat efektif untuk analisis TPT secara non-destruktif. Gula monosakarida seperti glukosa dan fruktosa pada nira juga dapat diprediksi dengan akurasi moderat atau R^2 lebih besar dari 0,85, meskipun kesalahan prediksi (SEP) meningkat pada konsentrasi tinggi akibat interferensi senyawa non-gula.

Terdapat keterbatasan model yang diperoleh pada batang sawit dan gula merah. Sampel batang memiliki akurasi model yang rendah yaitu R^2 kurang dari 0,7 karena heterogenitas sampel dan dominasi senyawa structural seperti lignin dan



selulosa yang mengganggu spektrum NIR. Berbeda dengan sampel gula merah, meskipun nilai R^2 yang diperoleh tinggi untuk glukosa yaitu 0,99128, kesalahan prediksi (SEP) = 7,10252 g/100g dan saturasi spektrum pada sukrosa (SEP) = 14,4452 g/100g menunjukkan keterbatasan instrumen dalam mendeteksi matriks padat berkadar gula tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh rentang panjang gelombang spektrometer yang terbatas yaitu 950–1650 nm yang tidak mencakup puncak absorpsi kunci ikatan C-O dan O-H pada rentang 1700–2500 nm.

Kata kunci: destruktif, HPLC, PLSR, refraktometer, spectrometer

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.



ABSTRACT

SHARLY CLAUDIA ALGHAI SANI. NIR Model Prediction for the Quantification of Sucrose, Glucose and Fructose in Stems, Nira and Sugar from Palm Stems. Supervised by DASE HUNAEFI and FALEH SETIA BUDI.

Oil palm is a major commodity in Indonesia with abundant production of palm trunk waste, especially from the replanting process. This waste has the potential to be utilized as a source of nira (juice of palm trunk) for palm sugar production. However, sugar artisans still face obstacles in accurately measuring sugar content due to limited access to analytical methods such as High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), which are expensive and destructive. This study aimed to assess the potential use of Near-Infrared Spectroscopy (NIR) as a fast, non-destructive, and economical alternative method for quantitative analysis of total soluble solids, sucrose, glucose, fructose, and total sugar content in palm trunks, sap, and brown sugar products. The research also aimed to develop and validate a sugar content prediction model based on NIR data that considers various factors that affect nira quality. The results of this research were expected to help sugar craftsmen improve production efficiency and real-time monitoring of raw material quality and reduce production costs while maintaining analysis accuracy.

This research was conducted in Pegajahan Village, Pegajahan Subdistrict, Serdang Bedagai Regency and the Laboratory of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Technology, Bogor Agricultural University. The materials used in this study were palm trunks, sap, juruh and brown sugar from palm trunks. This research consists of five stages, namely sample preparation, destructive measurement process using HPLC, measurement of total soluble solids with a brix refractometer, and non-destructive measurement using NIR. The data obtained will be calibrated using the Partial Least Square Regression (PLSR) method using MicroNIR OnSite and Microsoft Office Excel. The model obtained will be evaluated using statistical parameters including the coefficient of determination (R^2), consistency, standard error of calibration (SEC), standard error of prediction (SEP), root mean squares error of calibration (RMSEC), root mean squares error of cross validation (RMSECV) *limit of detection* (LOD), and *limit of quantification* (LOQ).

The NIR-based Partial Least Square Regression (PLSR) model showed potential for predicting sucrose, glucose, fructose, and total soluble solids (TPT) levels in trunk, juice, and palm sugar. TPT in juice and juruh gave the best results with an R^2 value of 0.9988 and Standard Error of Prediction (SEP) of 0.7440 °Brix, indicating that NIR is very effective for non-destructive analysis of TPT. Sugars (mono saccharide) such as glucose and fructose in the juice could also be predicted with moderate accuracy or R^2 greater than 0.85, although the prediction error (SEP) increased at high concentrations due to interference from non-sugar compounds.

There are limitations to the models obtained for palm trunks and brown sugar. The stem samples had low model accuracy of R^2 less than 0.7 due to sample heterogeneity and the dominance of structural compounds such as lignin and cellulose that interfere with the NIR spectrum. In contrast to the brown sugar samples, although the R^2 value obtained was high for glucose at 0.99128, the prediction error (SEP) = 7.10252 g/100g and spectrum saturation at sucrose or SEP 14.4452 g/100g showed the limitations of the instrument in detecting high sugar

content solid matrices. This could be due to the limited spectrometer range of 950-1650 nm which does not include the key absorption peaks of C-O and O-H bonds in the 1700-2500 nm range.

Keywords: destructive, HPLC, PLSR, refractometer, spectrometer

@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 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.

MODEL PREDIKSI NIR UNTUK KUANTIFIKASI SUKROSA, GLUKOSA DAN FRUKTOSA PADA BATANG, NIRA DAN GULA DARI BATANG SAWIT

SHARLY CLAUDIA ALGHAI SANI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu Pangan

**PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
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.

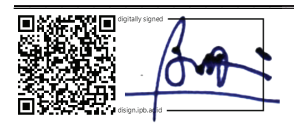
Tim Penguji pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Didah Nur Faridah, S.T.P.,M.Si.

Judul Tesis : Model Prediksi NIR untuk Kuantifikasi Sukrosa, Glukosa dan Fruktosa pada Batang, Nira dan Gula dari Batang Sawit
Nama : Sharly Claudia Alghai Sani
NIM : F2501231054

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr.-Ing. Dase Hunaefi, S.TP, Mfood.ST.

Pembimbing 2:
Dr. Faleh Setia Budi S.T., M.T.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Harsi D. Kusumaningrum
NIP 19640502 199303 2 004

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
NIP 19680804 199303 1 004



Tanggal Ujian:
16 Juni 2025

Tanggal Pengesahan:
15 Juli 2025



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul dalam penelitian yang dilaksanakan sejak April 2024 sampai Januari 2025 ini adalah Model Prediksi NIR untuk Kuantifikasi Sukrosa, Glukosa dan Fruktosa pada Batang, Nira dan Gula dari Batang Sawit. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Orang tua, saudara dan keluarga tercinta yang selalu memberi doa, dukungan dan motivasi lahir batin selama penulis melaksanakan studi.
2. Dr.-Ing. Dase Hunaefi, S.TP, Mfood.ST. dan Dr. Faleh Setia Budi S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tesis yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam persiapan pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tesis ini berhasil diselesaikan.
3. Dr.-Ing. Dase Hunaefi, S.TP, Mfood.ST. atas pendanaan yang telah diberikan selama proses penelitian berlangsung.
4. Prof. Dr. Didah Nur Faridah, S.T.P.,M.Si. selaku dosen penguji tugas akhir yang telah memberikan saran dan koreksi dalam karya ilmiah ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Ilmu Pangan yang telah banyak memberikan ilmu dan bimbingan selama penulis menjalankan studi hingga akhir.
6. Staf Komisi Pendidikan Program Studi Ilmu Pangan yang telah banyak membantu dan memberikan pelayanan dan penyelesaian penelitian penulis dengan baik.
7. Jajaran pengurus dan pekerja di Kebun Kelapa Sawit Desa Pegajahan, Kecamatan Pegajahan, Kabupaten Serdang Bedagai yang telah memberikan izin lokasi penelitian dan telah banyak membantu selama penulis melaksanakan penelitian.
8. Jajaran pengurus dan laboran di Laboratorium Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor yang telah membersamai penelitian dan telah banyak membantu selama penulis melaksanakan penelitian.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2025

Sharly Claudia Alghai Sani



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

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	i
DAFTAR GAMBAR	i
DAFTAR LAMPIRAN	ii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kelapa Sawit	5
2.2 Nira Sawit	6
2.3 Gula	6
2.4 <i>High-Performance Liquid Chromatography</i> (HPLC)	6
2.5 <i>Near-Infrared Spectroscopy</i> (NIR)	8
2.6 <i>Partial Least Square Regression</i> (PLS-R)	8
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11
3.4 Analisis data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Hasil Pengukuran Destruktif Batang, Nira, dan Gula dari Batang Sawit	17
4.2 Analisis Spektrum Absorban Batang, Nira, dan Batang Sawit	21
4.3 Analisis Pengolahan Data dengan Metode <i>Partial Least Square Regression</i>	27
V SIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Simpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41
RIWAYAT HIDUP	51



@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.

DAFTAR TABEL

1	Hasil uji analisis HPLC sampel umbut batang sawit	17
2	Hasil uji analisis HPLC sampel batang (<i>increment borer</i>)	18
3	Hasil uji analisis HPLC sampel nira	19
4	Hasil uji analisis HPLC sampel juruh	20
5	Hasil uji analisis HPLC sampel gula merah	20
6	Hasil pengolahan data total padatan terlarut, glukosa, fruktosa, sukrosa, dan total gula sampel umbut batang	27
7	Hasil pengolahan data total padatan terlarut, glukosa, fruktosa, sukrosa, dan total gula sampel <i>increment borer</i>	29
8	Hasil pengolahan data total padatan terlarut, glukosa, fruktosa, sukrosa, dan total gula sampel nira dan juruh	30
9	Hasil pengolahan data total padatan terlarut, glukosa, fruktosa, sukrosa, dan total gula sampel gula merah	32

DAFTAR GAMBAR

1	Kelapa sawit (a) morfologi (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) dan (b) penampang melintang batang pohon kelapa sawit (Greenshields et al. 2023)	5
2	<i>High-performance liquid chromatography</i> (Dandekar et al. 2024)	7
3	Juruh batang kelapa sawit	11
4	Diagram alir penelitian	15
5	Spektrum absorban NIR sampel batang sawit bagian umbut batang <i>raw data</i>	21
6	Spektrum absorban NIR sampel batang sawit bagian umbut batang <i>preprocessed data: first derivative, standard normal variate</i> (SNV)	22
7	Spektrum absorban NIR sampel batang sawit bagian <i>increment borer raw data</i>	22
8	Spektrum absorban NIR sampel batang sawit bagian <i>increment borer preprocessed data: first derivative, standard normal variate</i> (SNV)	23
9	Spektrum absorban NIR sampel nira <i>raw data</i>	24
10	Spektrum absorban NIR sampel nira <i>preprocessed data: first derivative, standard normal variate</i> (SNV)	25
11	Spektrum absorban NIR sampel gula merah <i>raw data</i>	25
12	Spektrum absorban NIR sampel gula merah <i>preprocessed data: first derivative, standard normal variate</i> (SNV)	26
13	Kurva prediksi dan referensi (a) glukosa (b) fruktosa (c) sukrosa (d) total gula sampel umbut batang	28
14	Kurva prediksi dan referensi (a) glukosa (b) fruktosa (c) sukrosa (d) total gula sampel <i>increment borer</i>	30
15	Kurva prediksi dan referensi (a) glukosa (b) fruktosa (c) sukrosa (d) total gula (e) total padatan terlarut batang sawit sampel nira	31

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

Kurva prediksi dan referensi (a) glukosa (b) fruktosa (c) sukrosa (d) total gula batang sawit sampel gula sawit	33
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

@Hak cipta milik IPB University

1. Gambar peta wilayah Desa Pegajahan	42
2. Hasil uji <i>high performance liquid chromatography</i> pada sampel umbut batang	43
3. Hasil uji <i>high performance liquid chromatography</i> pada sampel <i>increment borer</i>	44
4. Hasil uji <i>high performance liquid chromatography</i> pada sampel nira	45
5. Hasil uji <i>high performance liquid chromatography</i> pada sampel juruh	47
6. Hasil uji <i>high performance liquid chromatography</i> pada sampel gula	48
7. Proses olah data <i>partial least squares regression</i> (PLSR)	49

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.