

PREDIKSI SIFAT FISIKOKIMIA LEMON (*Citrus limon*) SECARA NONDESTRUKTIF MENGGUNAKAN *NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS)*

MOCHAMAD NAUFAL ALFATIH



**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 Sifat Fisikokimia Lemon (*Citrus limon*) secara Nondestruktif Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun 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

Mochamad Naufal Alfatih
F1401211009

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



ABSTRAK

MOCHAMAD NAUFAL ALFATIH. Prediksi Sifat Fisikokimia Lemon (*Citrus limon*) secara Nondestruktif Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Dibimbing oleh SUTRISNO.

Lemon merupakan buah yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang tidak hanya dimanfaatkan sebagai makanan dan minuman, tetapi juga dalam bidang kesehatan dan kecantikan karena kandungan nutrisinya yang baik. Penentuan sifat fisikokimia pada buah lemon membutuhkan metode yang cepat, efisien, dan nondestruktif. Salah satu metode untuk menentukan sifat fisikokimia pada buah adalah dengan menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Penelitian ini bertujuan menghasilkan metode prediksi sifat fisikokimia pada lemon meliputi Total Padatan Terarut (TPT), total asam, rasio gula-asam, dan kekerasan secara nondestruktif menggunakan NIRS. Sampel yang digunakan adalah buah lemon dengan tiga tingkat kematangan yang berbeda ($n=75$). Pengukuran spektrum NIRS dilakukan menggunakan NIRFlex N-500 *fiber optic solid* dengan panjang gelombang 1000-2500 nm. Pengukuran destruktif TPT, total asam, dan rasio gula-asam dilakukan menggunakan *refractometer* dan pengukuran kekerasan dilakukan menggunakan *rheometer*. Kalibrasi dan validasi dilakukan menggunakan metode *Partial Least Squares* (PLS). Pra-pengolahan dilakukan untuk meningkatkan hasil prediksi dengan jenis pra-pengolahan normalisasi, *Standard Normal Variate* (SNV), *Smoothing Savitzky-Golay* (SSG), dan *de-trending*. Evaluasi hasil kalibrasi dan validasi dilakukan berdasarkan nilai r , SEC, SEP, CV, RPD, dan konsistensi. Prediksi TPT yang terbaik diperoleh dengan pra-pengolahan *de-trending* 1 pada faktor PLS 13 ($r = 0,85$; SEC dan SEP = 0,43 dan 0,49 °Brix; RPD = 1,58; CV = 7,65 %; konsistensi = 92,11%). Parameter total asam diperoleh hasil prediksi yang terbaik dengan pra-pengolahan *Standard Normal Variate* (SNV) pada faktor 8 ($r = 0,81$; SEC dan SEP = 0,59 dan 0,68 %; RPD = 1,22; CV = 10,32%, dan konsistensi = 96,00 %). Prediksi rasio gula-asam didapatkan hasil terbaik dengan pra-pengolahan *Standard Normal Variate* (SNV) pada faktor 11 ($r = 0,87$; SEC dan SEP = 0,13 dan 0,15 °Brix/%; RPD = 1,64; CV = 15,29 %; dan konsistensi = 92,46 %). Sedangkan prediksi parameter kekerasan yang terbaik diperoleh dengan pra-pengolahan *Smoothing Savitzky-Golay* (SSG) pada faktor 12 ($r = 0,72$; SEC dan SEP = 3,90 dan 3,41 N; RPD = 1,13; CV = 9,96 %; dan konsistensi = 97,06 %). Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi kandungan TPT dan rasio gula-asam pada lemon menggunakan NIRS menghasilkan model dengan kemampuan membedakan antara nilai tinggi dan rendah. Sementara itu, prediksi untuk parameter total asam dan kekerasan menghasilkan model yang kurang andal karena nilai RPD yang diperoleh berada di bawah 1,5.

Kata kunci: lemon, NIRS, nondestruktif, PLS

ABSTRACT

MOCHAMAD NAUFAL ALFATIH. Nondestructive Prediction of Physicochemical Properties on Lemon (*Citrus limon*) using Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Supervised by SUTRISNO.

Lemon is a fruit with high economic value, not only utilized in food and beverages, but also in the health and beauty sectors due to its rich nutritional content. Determining the physicochemical properties of lemon requires a fast, efficient, and non-destructive method. One such method is Near Infrared Spectroscopy (NIRS). This study aims to develop a non-destructive prediction method for the physicochemical properties of lemon, including Total Soluble Solids (TSS), total acidity, sugar-acid ratio, and hardness using NIRS. The samples used were lemons at three different maturity levels (n=75). NIRS spectra were measured using the NIRFlex N-500 fiber optic solid within a wavelength range of 1000–2500 nm. Destructive measurements of TSS, total acidity, and sugar-acid ratio were performed using a refractometer, while hardness was measured using a rheometer. Calibration and validation were carried out using the Partial Least Squares (PLS) method. Preprocessing was applied to improve prediction results, including normalization, Standard Normal Variate (SNV), Savitzky-Golay Smoothing (SSG), and de-trending. Calibration and validation results were evaluated based on r , SEC, SEP, CV, RPD, and consistency values. The best prediction for TSS was obtained with de-trending 1 preprocessing at PLS factor 13 ($r = 0,85$; SEC and SEP = 0,43 and 0,49 °Brix; RPD = 1,58; CV = 7,65%; consistency = 92,11%). For total acidity, the best prediction was obtained using SNV preprocessing at factor 8 ($r = 0,81$; SEC and SEP = 0,59 and 0,68%; RPD = 1,22; CV = 10,32%; consistency = 96,00%). The best sugar-acid ratio prediction was achieved using SNV preprocessing at factor 11 ($r = 0,87$; SEC and SEP = 0,13 and 0,15 °Brix/%; RPD = 1,64; CV = 15,29%; consistency = 92,46%). Meanwhile, the best hardness prediction was obtained with Savitzky-Golay Smoothing (SSG) preprocessing at factor 12 ($r = 0,72$; SEC and SEP = 3,90 and 3,41 N; RPD = 1,13; CV = 9,96%; consistency = 97,06%). The results showed that the prediction of Total Soluble Solids (TSS) and sugar-acid ratio in lemon using NIRS produced models capable of distinguishing between high and low values. Meanwhile, the prediction models for total acidity and firmness were less reliable, as indicated by RPD values below 1,5.

Keywords: lemon, NIRS, nondestructive, PLS

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 SIFAT FISIKOKIMIA LEMON (*Citrus limon*)
SECARA NONDESTRUKTIF MENGGUNAKAN *NEAR
INFRARED SPECTROSCOPY* (NIRS)**

MOCHAMAD NAUFAL ALFATIH

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

Tim Pengun pada Ujian Skripsi:

1. Prof. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc
2. Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc

Judul Skripsi : Prediksi Sifat Fisikokimia Lemon (*Citrus limon*) secara
Nondestruktif Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS)

Nama : Mochamad Naufal Alfatih

NIM : F1401211009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr
NIP. 195907201986011002



Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem:
Dr. Ir. Edy Hartulistyoso, M.Sc.Agr
NIP. 196304251989031001



Tanggal Ujian:
30 Juni 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah Prediksi Kandungan Buah, dengan judul “Prediksi Sifat Fisikokimia Lemon (*Citrus limon*) secara Nondestruktif Menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada:

Bapak Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, memberikan arahan, saran, dan masukan yang berharga kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.

Keluarga tercinta, Ayahanda Heri Herawan, Ibunda Sukmawati, dan Kakak Praja Alfitra yang selalu memberikan semangat, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc. dan Bapak Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan agar penelitian ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr. selaku kepala Lab. TPPHP, Bapak Baskara Edi selaku teknisi Lab. TPPHP, serta Bu Khania yang telah banyak membantu penulis dalam proses pengambilan data penelitian.
5. Merdhiko Zidane Darsono dan Hadyan Faruqi Hermawan yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk membantu penulis dalam proses pengambilan dan pengolahan data.
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin dan Biosistem angkatan 58 “Resonance” yang telah memberikan motivasi dan semangat, serta menemani penulis selama menempuh pendidikan sarjana.

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

Bogor, Juni 2025

Mochamad Naufal Alfatih

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	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 Buah Lemon	3
2.2 Sifat Fisikokimia Buah	5
2.3 <i>Near Infrared Spectroscopy</i> (NIRS)	5
2.4 Pra-pengolahan Data Spektrum NIRS	6
2.5 Kalibrasi dan Validasi <i>Partial Least Squares</i> (PLS)	7
III METODE	10
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Prosedur Kerja	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Hasil Pengukuran Destruktif Lemon	16
4.2 Spektra Absorban Buah Lemon	17
4.3 Analisis Pengolahan Data NIRS dengan Metode PLS	17
V SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	32



DAFTAR TABEL

1	Kandungan gizi per 100 gram lemon	4
2	Hasil pengukuran destruktif buah lemon	16
3	Hasil prediksi kandungan TPT lemon menggunakan metode PLS	18
4	Hasil prediksi total asam lemon menggunakan metode PLS	19
5	Hasil prediksi rasio gula-asam lemon menggunakan metode PLS	20
6	Hasil prediksi kekerasan lemon menggunakan metode PLS	21

DAFTAR GAMBAR

1	Buah lemon	3
2	Buah lemon dengan berbagai tingkat kematangan	5
3	Diagram alir prosedur penelitian	11
4	Sampel buah lemon dengan tiga tingkat kematangan yang berbeda	12
5	Proses pengambilan data spektrum lemon	12
6	Pengukuran total padatan terlarut dan total asam lemon	13
7	Pengambilan data rasio gula-asam pada buah lemon	14
8	Pengambilan data kekerasan lemon	14
9	Sebaran data absorban NIRS buah lemon	17
10	Sebaran data TPT dengan pra-pengolahan <i>de-trending</i> 1 menggunakan metode PLS	18
11	Sebaran data total asam dengan pra-pengolahan SNV metode PLS	19
12	Sebaran data rasio gula-asam dengan pra-pengolahan SNV menggunakan metode PLS	20
13	Sebaran data data kekerasan dengan pra-pengolahan SSG menggunakan metode PLS	21