



PENDUGAAN TINGKAT FERMENTASI KAKAO SECARA NON-DESTRUKTIF DENGAN NIRS

MUHAMMAD DAFFA NUGRAHA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

- 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 mengumumkannya 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 “Pendugaan Tingkat Fermentasi Kakao Secara Non-Destruktif dengan NIRS” 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, 04 Juli 2021



Muhammad Daffa Nugraha

F14170042

@Hak_cipta_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.



ABSTRAK

MUHAMMAD DAFFA NUGRAHA. Pendugaan Tingkat Fermentasi Kakao Secara Non-Destruktif dengan NIRS. Dibimbing oleh SUTRISNO dan EKO HERI PURWANTO.

Deteksi tingkat fermentasi yang cepat dan efisien dapat diwujudkan melalui teknologi *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS) dengan mengukur kadar gula reduksi pada biji kakao yang telah difermentasi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan model kalibrasi terbaik dari metode *Partial Least Squares* (PLS) dan *Principal Component Regression* (PCR) yang dapat digunakan untuk menentukan kadar gula reduksi dan menganalisis korelasi kadar gula reduksi dengan lama fermentasi dari biji kakao. Korelasi data reflektan NIRS dengan kadar gula reduksi biji kakao diolah menggunakan lima pra pengolahan yaitu *Normalization*, *Dg1*, *Dg2*, *Multiple Scatter Correction* (MSC) dan Kombinasi *Normalization* dan *Dg1*. Metode PLS dengan pengolahan data MSC factor 7 memiliki nilai R_2 , r_k , SEC, r_v , SEP, Konsistensi dan RPD masing-masing 0,7413, 0,9115, 0,0855, 0,9449, 0,1037, 82,4312, 2,1904. Metode PCR dengan pengolahan data *Normalization* faktor 9 memiliki nilai R_2 , r_k , SEC, r_v , SEP, Konsistensi dan RDP masing-masing 0,5823, 0,8511, 0,0002, 0,9222, 0,0002, 98,5492, 1,9550. Pendugaan kadar gula reduksi menggunakan NIRS dapat dilakukan. PLS lebih baik dari PCR untuk menduga kadar gula reduksi. Kadar gula reduksi dapat digunakan sebagai salah satu indikator berdasarkan analisis diskriminan dengan $D = -2,589 + 5,654x$, dengan x adalah kadar gula reduksi. Analisis diskriminan belum dapat mengkategorikan tingkat fermentasi berdasarkan hari fermentasi.

Kata kunci: Analisis Diskriminan, Fermentasi, Gula Reduksi, PCR, PLS

ABSTRACT

MUHAMMAD DAFFA NUGRAHA. Prediction of Cocoa Fermentation Level Non-Descriptive with Near Infra Red Spectroscopy. Supervised by SUTRISNO and EKO HERI PURWANTO.

Fast and efficient detection of fermentation rates can be realized through Near Infrared Spectroscopy (NIRS) technology by measuring the reducing sugar content of fermented cocoa beans. The purpose of this study was to determine the best calibration model of the Partial Least Squares (PLS) and Principal Component Regression (PCR) methods that can be used to determine reducing sugar content and analyze the correlation of reducing sugar content with fermentation time of cocoa beans. The correlation of NIRS reflectance data with reducing sugar content of cocoa beans was processed using five pre-processing, namely Normalization, Dg1, Dg2, Multiple Scatter Correction (MSC) and Combination of Normalization and Dg1. The PLS method with MSC data processing factor 7 has the values of R², rk, SEC, rv, SEP, Consistency and RPD respectively 0,7413, 0,9115, 0,0855, 0,9449, 0,1037, 82,4312, 2,1904. The PCR method with data processing Normalization factor 9 has R², rk, SEC, rv, SEP, Consistency and RDP values of 0,5823, 0,8511, 0,0002, 0,9222, 0,0002, 98,5492, 1,9550. Estimation of reducing sugar content using NIRS can be done. PLS is better than PCR for predicting reducing sugar content. Reducing sugar content can be used as an indicator based on discriminant analysis with $D = -2,589 + 5,654x$, where x is reducing sugar content. Discriminant analysis has not been able to categorize the level of fermentation based on the day of fermentation.

Keywords: Discriminant Analysis, Fermentation, Reducing Sugar, PCR, PLS

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021
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.

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.





MUHAMMAD DAFFA NUGRAHA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Ir. Emmy Darmawati, M.Si
- 2 Eko Heri Purwanto, S.TP, M.Sc



Judul Penelitian : Pendugaan Tingkat Fermentasi Kakao Secara Non-Destruktif dengan NIRS
Nama : Muhammad Daffa Nugraha
NIM : F14170042

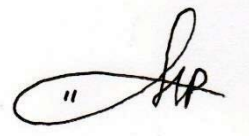
@ Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing I:
Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr
195907201986011002



Pembimbing II:
Eko Heri Purwanto, S.TP, M.Sc
198306112011011013



Diketahui oleh

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem:
Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr
195907201986011002



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan karya ilmiah yang berjudul “Pendugaan Tingkat Fermentasi Kakao Secara Non-Destruktif dengan NIRS”. Penulisan karya ilmiah dan penelitian ini dapat terselesaikan tidak lepas dari bantuan berbagai pihak dan pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis atas segala doa, dukungan dan kasih sayang yang diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr, dan Bapak Eko Heri Purwanto, S.TP, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan, saran dan bimbingannya kepada penulis.
3. Ibu Dr. Ir. Emmy Darmawati, M.Si dan Bapak Eko Heri Purwanto, S.TP, M.Sc, selaku dosen penguji pada ujian sidang skripsi penulis.
4. Teman-teman Teknik Mesin dan Biosistem angkatan 54, terutama Asep dan Zircon atas segala dukungan, semangat dan bantuan yang telah diberikan selama penelitian.
5. Staf dan teknisi Teknik Mesin dan Biosistem yang telah membantu pelaksanaan penelitian, khususnya di Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian IPB.
6. Peneliti, staf dan teknisi Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu pelaksanaan penelitian, khususnya di Laboratorium Terpadu dan Laboratorium Bioenergi
7. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta atas Beasiswa Kartu Jakarta Mahasiswa Unggul (KJMU) yang telah diberikan selama menjalani perkuliahan
8. Farika Febrianti yang selalu memberikan bantuan doa dan semangat serta koreksian selama penyusunan skripsi.
9. Serta seluruh pihak yang telah bersedia memberikan waktu dan bimbingannya untuk membantu penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang pantas atas segala kebaikan yang penulis terima. Penulis berharap semoga usulan penelitian bermanfaat bagi semua pihak dan menjadi bagian dari pengembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, 04 Juli 2021



Muhammad Daffa Nurgaha

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Biji Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L)	3
2.2 Fermentasi	3
2.3 <i>Near Infra Red Spectroscopy</i> (NIRS)	4
2.4 Metode Pengolahan Data Spektrum (Pra Pengolahan)	5
2.5 Kalibrasi dan Validasi	6
2.6 Analisis diskriminan	7
III METODE PENELITIAN	7
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Penelitian	8
3.3.1 Persiapan Bahan	9
3.3.2 Pengukuran Spektra NIRS	11
3.3.3 Pengukuran Kadar Gula Reduksi	12
3.3.4 Pengolahan Data NIRS	12
3.3.5 Kalibrasi dan Validasi	13
3.3.6 Analisis Determinan	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Pengukuran Kadar Gula Reduksi	18
4.2 Analisis Hasil Pengukuran Kadar Gula Reduksi	19
4.3 Analisis Hasil Reflektan Biji Kakao	20
4.4 Pengaruh Praperlakuan Gelombang Spektra NIR	21
4.5 Kalibrasi dan Validasi Spektra NIR terhadap Kadar Gula Reduksi dengan Metode PLS	23

4.6	Kalibrasi dan Validasi Spektra NIR terhadap Kadar Gula Reduksi dengan Metode PLS	25
4.7	Analisis Determinan	27
4.7.1	Uji Multikolinieritas dengan Metode <i>Kolmogorov-smirnov</i>	27
4.7.2	Uji Kenormalan Multivariat	28
4.7.3	Uji Kesamaan Matriks kovarian dengan Metode <i>Box's M</i>	29
4.7.4	Uji Kesamaan Vektor Rataan dengan Metode <i>Fisher Test</i>	29
4.7.5	Analisis Determinan	30
4.7.6	Uji validitas	34
V SIMPULAN DAN SARAN		35
5.1	Simpulan	35
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN		41

DAFTAR TABEL

1	Luas areal perkebunan dan produksi kakao Indonesia tahun 2017 – 2019	1
2	Daerah Spektrum Inframerah	5
3	Data Hasil Pengukuran Kadar Gula Reduksi	18
4	Analisis Hasil Pengukuran Kadar Gula Reduksi	19
5	Analisis ANOVA	19
6	Hasil model kalibrasi dan validasi spektra NIR metode PLS	24
7	Hasil model kalibrasi dan validasi spektra NIR metode PCR	25
8	Nilai <i>sig</i> uji multikolinieritas	27
9	Nilai <i>tolerance</i> dan VIF uji multikolinieritas	27
10	Nilai korelasi uji kenormalan multivariat	28
11	Uji kesamaan matriks kovarian dengan metode <i>Box's M</i>	29
12	<i>Case processing summary</i> uji kesamaan vektor rata-rata	29
13	<i>Directional measures</i> uji kesamaan vektor rata-rata	30
14	Data statistic	30
15	Uji kesamaan rata-rata kelompok	31
16	Uji signifikan	31
17	Uji analisis variabel	31
18	Fungsi analisis diskriminan	32
19	Uji titik <i>cutting score</i>	32
20	Uji ketepatan data	33
21	Nilai <i>eigenvalues</i> dan korelasi	35
22	Data uji gula reduksi biji kakao	48
23	Analisis data hasil uji gula reduksi biji kakao	48

24	Data suhu fermentasi biji kakao	49
25	Data uji kadar air biji kakao fermentasi pertama	50
26	Data uji kadar air biji kakao fermentasi kedua	50
27	Analisis data uji kadar air biji kakao	50

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram Alir Proses Penelitian	8
2	Proses pemananen Buah Kakao	9
3	Buah Kakao yang telah dikupas	9
4	Proses Fermentasi Biji Kakao di Kotak Fermentasi	10
5	Proses Pengeringan Biji Kakao	10
6	a) Biji kakao sebelum proses pengeringan, b) Biji kakao setelah proses pengeringan	11
7	Pengambilan spektra pada sampel menggunakan NIRFlex N-500	11
8	Teknik Kompres Data Dengan Metode PLS	13
9	Teknik Kompres Data Dengan Metode PCR	14
10	Tahapan proses kalibrasi dan validasi	16
11	Grafik data hasil pengukuran kadar gula reduksi	18
12	Spektra original reflektan biji kakao	20
13	Spektrum NIR dengan metode <i>Normalization</i>	21
14	Spektrum NIR dengan metode (a) <i>First Derivative</i> atau dg1 dan (b) <i>Second Derivative</i> atau dg2	22
15	Spektrum NIR dengan metode <i>Multiple Scatter Correction</i> (MSC)	22
16	Spektrum NIR dengan metode kombinasi antara <i>Normalization</i> dan <i>First Derivative</i> atau dg1	23
17	Hasil kalibrasi dan validasi spektra NIR terhadap pendugaan kadar gula reduksi biji kakao dengan pengolahan MSC faktor 9	25
18	Hasil kalibrasi dan validasi spektra NIR terhadap pendugaan kadar gula reduksi biji kakao dengan pengolahan <i>Normalization</i> faktor 9	26
19	(a) grafik uji kenormalan multivariat (b) nilai korelasi	28
20	Proses persiapan fermentasi biji kakao saat (a) pemanenan buah kakao, (b) sortasi buah kakao, (c) pengupasan buah kakao, (d) penimbangan biji kakao, (e) biji kakao scavina siap fermentasi dan (f) biji kakao sulawesi siap fermentasi, (g) masuknya biji kakao kedalam kotak fermentasi, dan (h) fermentasi.	42
21	Proses persiapan bahan penelitian saat (a) pengambilan sampel dari proses fermentasi, (b) pencucian biji kakao dengan abu gosok, (c) pencucian dengan air mengalir, (d) biji kakao sebelum proses pengeringan dengan oven, (e) pengeringan dengan oven, (f) biji kakao setelah proses pengeringan, (g) Pengeringan kedua untuk menurunkan kadar air, dan (h) penggilingan biji kakao hingga menjadi bubuk.	44
22	Proses pengukuran kadar gula reduksi saat (a) pengukuran berat sampel,	

(b) pembuatan larutan standar, (c) pembuatan larutan standar, (d) pembuatan larutan nelson C, (e) Percampuran Sampel dengan larutan nelson C, (f) pemanasan dengan <i>heater</i> , (g) percampuran dengan arsenomolibdat dan (h) pengukuran gula reduksi dengan spektrofotometer	46
23 (a) perangkat NIRS Flex N-500 beserta biji kakao, (b) penempatan biji kakao pada perangkat NIR Flex N-500 dan (c) tumbukan biji kakao yang akan dianalisis.	47
24 Grafik uji kadar gula reduksi biji kakao	48
25 Grafik suhu fermentasi biji kakao	49
26 Grafik kadar air biji kakao (a) fermentasi pertama dan (b) fermentasi kedua	50
27 Tipe penyerapan NIRS	52

DAFTAR LAMPIRAN

1 Proses persiapan fermentasi biji kakao	41
2 Proses persiapan bahan penelitian	43
3 Proses pengukuran kadar gula reduksi	45
4 Proses pengambilan spektra NIRS	47
5 Uji gula reduksi biji kakao	48
6 Suhu fermentasi biji kakao	49
7 Uji kadar air biji kakao	50
8 Tipe penyerapan NIRS	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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.