

# **ANALISIS REGRESI *RIDGE ROBUST* PADA PENGUKURAN KADAR GLUKOSA DARAH NON-INVASIF**

**LINDA RASSIYANTI**



**STATISTIKA TERAPAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2020**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





**@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.



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul “Analisis Regresi *Ridge Robust* pada Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasif” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi 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, Oktober 2020

*Linda Rasiyanti*  
G152180221



## RINGKASAN

LINDA RASSIYANTI. Analisis Regresi *Ridge Robust* pada Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasif. Dibimbing oleh ERFIANI dan INDAHWATI.

*Diabetes Mellitus* (DM) merupakan suatu gangguan metabolisme akibat ketidaknormalan sekresi insulin. Penerapan pola hidup sehat dan pendeteksian dini sangat diperlukan sebagai upaya pencegahan DM. Pendeteksian glukosa darah dapat dilakukan menggunakan metode invasif dan non-invasif. Metode invasif mendeteksi kadar glukosa darah dengan cara melukai pasien, sedangkan metode non-invasif dapat mendeteksi kadar glukosa darah tanpa melukai pasien.

Pemodelan kalibrasi merupakan salah satu cara yang dapat menganalisis hubungan kadar glukosa darah invasif dan non-invasif. Permasalahan yang sering terjadi pada pemodelan kalibrasi adalah multikolinieritas dan pencilan. Multikolinieritas dapat menyebabkan nilai selang kepercayaan koefisien regresinya melebar, sehingga cenderung menerima  $H_0$  atau tidak ada koefisien regresi yang signifikan secara statistik. Pencilan dapat membuat segala uji statistika menyimpang, namun jika pencilan dihilangkan dikhawatirkan pencilan tersebut mengandung informasi penting untuk menduga model lebih baik.

Analisis regresi *ridge robust*-MM merupakan salah satu analisis yang dapat mengatasi masalah multikolinieritas dan pencilan dalam pemodelan kalibrasi glukosa darah non-invasif. Analisis ini merupakan gabungan dari regresi *robust* dengan penduga MM yang kekar terhadap pencilan dan regresi *ridge* yang dapat mengatasi multikolinieritas. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model kalibrasi untuk alat non-invasif yang dikembangkan tim non-invasif biomarking IPB menggunakan analisis regresi *ridge robust*-MM.

Data penelitian yang digunakan adalah data glukosa darah invasif dan non-invasif tahun 2017 dan 2019. Data penelitian tahun 2017 dikumpulkan di Departemen Gizi Masyarakat, IPB dan terdiri dari 118 responden. Pengambilan data tahun 2019 bertempat di Kebon Pedes, Kota Bogor dan terdiri dari 74 responden. Peubah respon merupakan kadar glukosa darah invasif yang diperoleh dari laboratorium Prodia. Peubah bebas merupakan hasil pengukuran glukosa darah non-invasif yang berupa residu intensitas.

Hasil penelitian yang diperoleh adalah model modulasi 50 sampai 90 menggunakan instrumen alat non-invasif tahun 2017 lebih baik dibandingkan model lainnya dalam penelitian ini. Nilai SSE,  $RMSE_{adj}$ , dan RMSEP model modulasi 50 sampai 90 menggunakan instrumen alat non-invasif tahun 2017 secara berurut sebesar 0.918, 0.115, dan 0.034. Pemodelan kalibrasi menggunakan regresi *ridge robust*-MM menghasilkan nilai RMSE dan RMSEP lebih kecil dibandingkan analisis regresi komponen utama (RKU), regresi kuadrat terkecil parsial (RKTP) dan *support vector regression* (SVR) yang telah diperoleh pada penelitian terdahulu. Hal ini menunjukkan bahwa regresi *ridge robust*-MM lebih baik dari analisis RKU, RKTP, dan SVR dalam mengatasi masalah dalam pemodelan kalibrasi alat non-invasif glukosa darah.

**Kata kunci:** diabetes mellitus, non-invasif, kalibrasi, regresi *ridge robust*-MM



## SUMMARY

LINDA RASSIYANTI. Ridge Robust Regression Analysis on Measurement of Non-Invasive Blood Glucose Levels. Supervised by ERFIANI and INDAHWATI.

Diabetes Mellitus (DM) is a disease caused by an abnormal insulin secretion. Early detection is needed as an effort to improve the DM. Detection of blood sugar levels can be done by invasive and non-invasive method. The invasive method is done by injuring the limbs while non-invasive methods can detect blood sugar levels without injuring the patient.

Calibration modeling is one of the way that can be used to analyze the relationship between invasive and non-invasive blood glucose levels. The problem that often occurs in calibration modeling are multicollinearity and outliers. Multicollinearity can cause the value of the confidence interval of the regression coefficient will widen, so that it tends to accept  $H_0$  or there is no regression coefficient that is statistically significant. Outliers can make all statistical tests deviate but if outliers are omitted, it is feared that they contain important information to predict a better model.

Ridge robust-MM regression is a analysis method that can overcome the problems in a calibration modeling of non-invasive glucose measurement. This method is a combination of robust regression with MM estimators that robust to outliers and ridge regression that can overcome multicollinearity. This study aims to arrange the calibration model using ridge robust-MM regression.

The data used in this study were invasive and non-invasive blood glucose levels collected in 2017 and 2019. The data of 2017 was collected at Department of Community Nutrition, IPB University and consisted of 118 respondents. The data of 2019 was collected at Kebon Pedes, Bogor City and consisted of 74 respondents. The dependent variable was invasive blood glucose measurement from laboratory tests conducted by Prodia. The independent variables was non-invasive blood glucose measurement.

The results of this study were model of modulations 50 to 90 using non-invasive instruments in 2017 was better than the other model in this study. The SSE,  $RMSE_{adj}$ , and RMSEP values of modulations 50 to 90 model were 0.918, 0.115, and 0.034 respectively. Calibration model using ridge robust-MM regression had smaller RMSE and RMSEP values than principal component analysis (PCA), partial least square (PLS), and support vector regression (SVR) analysis based on previous research. This showed that ridge robust-MM regression is better than PCA, PLS, and SVR analysis to overcome problems in calibration modeling of non-invasive glucose measurement.

**Keywords:** diabetes mellitus, non-invasive, calibration, ridge robust-MM regression

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.



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 2020 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*

# **ANALISIS REGRESI *RIDGE ROBUST* PADA PENGUKURAN KADAR GLUKOSA DARAH NON-INVASIF**

**LINDA RASSIYANTI**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Sains  
pada  
Program Studi Statistika Terapan

**STATISTIKA TERAPAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2020**





@Hak cipta milik IPB University

IPB Univer

- 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.

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis : Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS.

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Sains  
pada  
Program Studi Statistika Terapan

2020  
BOGOR  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
SEKOLAH PASCASARJANA  
STATISTIKA TERAPAN





Judul Tesis : Analisis Regresi *Ridge Robust* pada Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasif

Nama : Linda Rassiyanti

NIM : G152180221

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Erfiani, M.Si.

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Indahwati, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Kusman Sadik, S.Si., M.Si.

196909121997021001

Dekan Sekolah Pascasarjana

Prof.Dr.Ir.Anas Miftah Fauzi, M.Eng

196004191985031002

Tanggal Ujian:  
4 September 2020

Tanggal Lulus: 14 OCT 2020

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.



## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Regresi *Ridge Robust* pada Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non-Invasif” dengan baik.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Kemristekdikti sebagai pemberi dana bantuan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) untuk pengembangan sistem alat pemantau pasien penderita kadar gula darah tinggi secara invasif yang diketuai oleh Ibu Dr. Ir. Erfiani, M.Si. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bunda Dr. Ir. Erfiani, M.Si dan Ibu Dr. Ir. Indahwati, M.Si selaku komisi pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran, serta Ibu Dr. Ir. Anik Djuraidah, MS. selaku penguji luar komisi pembimbing. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Seluruh pengajar, staf, dan karyawan sekolah pascasarjana Departemen Statistika IPB yang telah banyak memberikan ilmu dan arahan selama perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis ini.
2. Orang tua tercinta, Bapak Rasidi dan Ibu Rasijah. Kakak tersayang Septi Rasianti, serta seluruh keluarga yang selalu menjadi penyemangat dan tak henti-hentinya mendoakan untuk keberhasilan penulis.
3. Sahabat-sahabat terbaik Diba Faradina, Raafika Anggraini, Ulfa Citra Mega, Putri Maulidina Fadilah, Kurnia Oktavia, Megita Nur Pratiwi, Ardhi Istiadi, Dewa Ayu Vina, Fietra Listiana, Reka Mustika, Risky Aulia, Indah Dwi Murti, Mona Desbrigita, Arif Kurniawan, dan Novilia Adityawati yang selalu memberi dukungan dan semangat walaupun jauh di mata.
4. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Departemen Statistika IPB yang bersama-sama memberikan doa, semangat dan dukungannya. Terkhusus kepada Puspa, Ain, Mitha, Elda, Ira, Al Hujjah, Nada, dan Aiman.
5. Almamater tercinta IPB University.

Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bogor, Oktober 2020

*Linda Rassiyanti*

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Analisis Regresi Linier	3
2.2 Pencilan	3
2.3 Multikolinieritas	3
2.4 Ukuran Pemusatan dan Penskalaan	5
2.5 Regresi <i>Robust</i>	6
2.6 Regresi <i>Ridge</i>	8
2.7 Regresi <i>Ridge Robust</i>	8
2.8 Ukuran Keباikan Model	9
2.9 Cara Kerja Alat Non-Invasif Pengukuran Kadar Glukosa Darah	10
III METODE	11
3.1 Data	11
3.2 Prosedur Analisis Data	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Eksplorasi Data Glukosa Darah Invasif	14
4.2 Prapemrosesan Data Kadar Glukosa Darah Non-Invasif	16
4.3 Analisis Data	21
4.4 Perbandingan Ukuran Keباikan Model	27
4.5 Evaluasi Pemodelan Kalibrasi Menggunakan <i>Ridge Robust-MM</i>	28
V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	50



## DAFTAR TABEL

1	Interpretasi nilai VIF	4
2	Nilai VIF modulasi 0 sampai 90 tahun 2017	21
3	Nilai kebaikan model modulasi 0 sampai 90 tahun 2017	22
4	Nilai VIF modulasi 50 sampai 90 tahun 2017	23
5	Nilai kebaikan model modulasi 50 sampai 90 tahun 2017	24
6	Nilai VIF modulasi 0 sampai 90 tahun 2019	24
7	Nilai kebaikan model modulasi 0 sampai 90 tahun 2019	25
8	Nilai VIF modulasi 50 sampai 90 tahun 2019	26
9	Nilai kebaikan model modulasi 50 sampai 90 tahun 2019	27
10	Nilai kebaikan model	27
11	Perbandingan hasil ukuran kebaikan model untuk analisis data tanpa pencilan	28
12	Perbandingan hasil ukuran kebaikan model untuk analisis semua data	28
13	Perbandingan rata-rata RMSEP modulasi 50 sampai 90	29

## DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi cara kerja alat non-invasif kadar glukosa darah	10
2	Plot kadar glukosa darah invasif tahun 2017	14
3	Diagram kotak garis kadar glukosa darah invasif tahun 2017	15
4	Plot kadar glukosa darah invasif tahun 2019	15
5	Diagram kotak garis kadar glukosa darah invasif tahun 2019	16
6	Pola residu intensitas terhadap <i>time domain</i> data tahun 2017	17
7	Modulasi 50 sampai 90 untuk satu ulangan data tahun 2017	17
8	Modulasi 0 sampai 40 untuk satu ulangan data tahun 2017	18
9	Pola residu intensitas terhadap <i>time domain</i> data tahun 2019	18
10	Modulasi 50 sampai 90 untuk satu ulangan data tahun 2019	19
11	Modulasi 0 sampai 40 untuk satu ulangan data tahun 2019	19
12	Ilustrasi perhitungan luas satu modulasi	20
13	Plot Y duga terhadap Y aktual model kalibrasi modulasi 0 sampai 90 tahun 2017	22
14	Plot Y duga terhadap Y aktual model kalibrasi modulasi 50 sampai 90 tahun 2017	23
15	Plot Y duga terhadap Y aktual model kalibrasi modulasi 0 sampai 90 tahun 2019	25
16	Plot Y duga terhadap Y aktual model kalibrasi modulasi 50 sampai 90 tahun 2019	26

## DAFTAR LAMPIRAN

Spektrum hasil keluaran alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif 10 modulasi tahun 2017 (A) ulangan 1, (B) ulangan 2, (C) ulangan 3, (D) ulangan 4 dan (E) ulangan 5	34
---	----

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.

2	Spektrum hasil keluaran alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif modulasi 0 sampai 40 tahun 2017 (A) ulangan 1, (B) ulangan 2, (C) ulangan 3, (D) ulangan 4 dan (E) ulangan 5	35
3	Spektrum hasil keluaran alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif 10 modulasi tahun 2019 (A) ulangan 1, (B) ulangan 2, (C) ulangan 3, (D) ulangan 4 dan (E) ulangan 5	36
4	Spektrum hasil keluaran alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif modulasi 0 sampai 40 tahun 2019 (A) ulangan 1, (B) ulangan 2, (C) ulangan 3, (D) ulangan 4 dan (E) ulangan 5	37
5	Nilai tetapan bias dan ukuran kebaikan model <i>ridge robust</i> -MM modulasi 0 sampai 90 tahun 2017	38
6	Nilai tetapan bias dan ukuran kebaikan model <i>ridge robust</i> -MM modulasi 50 sampai 90 tahun 2017	41
7	Nilai tetapan bias dan ukuran kebaikan model <i>ridge robust</i> -MM modulasi 0 sampai 90 tahun 2019	44
8	Nilai tetapan bias dan ukuran kebaikan model <i>ridge robust</i> -MM modulasi 50 sampai 90 tahun 2019	47







@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.