



# **MODEL KALIBRASI UNTUK PREDIKSI KADAR GULA DARAH NON-INVASIF MENGGUNAKAN REGRESI KUANTIL KOMPONEN UTAMA**

**SITI ARITA NOVIA**



**STATISTIKA TERAPAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**



### @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 LAPORAN TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan tesis dengan judul “Model Kalibrasi untuk Prediksi Kadar Gula Darah Non-Invasif Menggunakan Regresi Kuantil Komponen Utama” 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 laporan tesis ini.

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

Bogor, Januari 2021

Siti Arita Novia  
NIM G152180301

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.



## RINGKASAN

SITI ARITA NOVIA. Model Kalibrasi untuk Prediksi Kadar Gula Darah Non-invasif menggunakan Regresi Kuantil Komponen Utama. Dibimbing oleh ERFIANI dan AJI HAMIM WIGENA.

Diabetes Melitus (DM), merupakan penyakit gangguan metabolisme menahun akibat pankreas tidak memproduksi cukup insulin (hormon yang mengatur gula darah) atau tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif. Akibatnya, terjadi peningkatan konsentrasi glukosa di dalam darah (hiperglikemia). Jika DM tidak segera diatasi, maka dapat mengakibatkan komplikasi yang berujung pada kematian. DM merupakan salah satu masalah kesehatan global dengan keadaan darurat yang paling cepat berkembang pada abad ke-21, oleh karena itu perlu adanya tindakan pencegahan. Salah satunya dengan pengecekan kadar gula darah secara rutin. Pengecekan kadar gula darah biasanya dilakukan secara invasif (jarum suntik dan glukometer) yang bersifat melukai tubuh, membutuhkan waktu yang cukup lama, dan biaya yang cukup mahal. Permasalahan ini membuat tim biomarking IPB mencoba mengembangkan alat pemantau gula darah secara non-invasif yang bersifat tanpa melukai tubuh. Pengembangan alat pemantau ini memerlukan analisis model kalibrasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat data pencilan pada hasil pengukuran kadar gula darah invasif. Dalam penelitian tersebut data pencilan dihilangkan. Data pencilan pada kasus ini tidak dapat dihilangkan begitu saja. Hal ini dikarenakan data pencilan dapat memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap hasil keputusan.

Metode regresi kuantil diterapkan pada kasus ini, mengingat bahwa metode tersebut kekar terhadap pencilan dan tidak membutuhkan asumsi distribusi normal. Pemodelan kalibrasi memerlukan pereduksian peubah terlebih dahulu, sebab secara umum data kalibrasi memiliki multikolinearitas yang tinggi antar peubah penjelas. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu Analisis Komponen Utama.

Penelitian ini bertujuan membangun model kalibrasi untuk memprediksi kadar gula darah non-invasif dengan metode Regresi Kuantil Komponen Utama. Peubah respon ( $Y$ ) dalam penelitian ini adalah hasil pengukuran gula darah invasif berupa kadar gula darah (mg/dL). Peubah penjelas ( $X$ ) adalah data hasil pengukuran darah non-invasif berupa spektrum residu intensitas cahaya untuk setiap *time domain*. Penelitian ini menggunakan data pengamatan tahun 2017 dan tahun 2019 dengan desain alat yang berbeda. Pada tahun 2017, desain alat dengan cahaya yang ditangkap oleh sensor adalah cahaya yang dilewatkan oleh darah. Pada tahun 2019, cahaya yang ditangkap oleh sensor adalah cahaya yang diserap oleh darah. Sebelum melakukan pemodelan, terlebih dahulu dilakukan pra pemrosesan data dengan dua pendekatan. Pertama, pendekatan dengan peringkasan luas daerah dibawah kurva residu intensitas untuk setiap periode waktu (luas periode). Kedua, pendekatan dengan peringkasan luas daerah dibawah kurva residu intensitas untuk setiap saat lampu menyala (luas puncak). Model dibangun dengan berbagai kuantil dan beberapa jumlah komponen utama yang dipilih berdasarkan berbagai proporsi keragaman kumulatif.



Hasil analisis diperoleh bahwa secara keseluruhan nilai RMSEP dari data peringkasan luas periode lebih stabil dibandingkan peringkasan luas puncak. Kuantil ke-0,6 memiliki nilai RMSEP 0,0184 merupakan kuantil terbaik dalam memprediksi kadar gula darah non-invasif berdasarkan proporsi keragaman kumulatif 90%. Penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu nilai prediksi yang diperoleh tidak mengikuti pola data aktual. Kelemahan lain dari penelitian ini adalah korelasi antara data aktual dan prediksi masih belum kuat.

Kata kunci: analisis komponen utama, diabetes melitus, model kalibrasi, non-invasif, regresi kuantil.

- 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.



## SUMMARY

SITI ARITA NOVIA. The Calibration Model for Predicting Non- Invasive Blood Glucose Levels by Using the Principal Component of Quantile Regression. Supervised by ERFIANI, and AJI HAMIM WIGENA..

Diabetes mellitus (DM), a chronic metabolic disorder, is caused by pancreas inability to produce enough insulin (a hormone that regulates blood glucose) or of which the body cannot use the insulin produced effectively. As a result, there is an increase in the concentration of glucose in the blood (hyperglycemia). If it is not immediately prevented or addressed, DM will induce complications leading to death. DM is one of the global health problems with the fastest-growing emergency in the 21st century, so it is necessary to take preventive actions. Including checking blood glucose levels regularly. Furthermore, blood glucose level test is usually conducted in invasive ways such as by using injection and a glucometer which may injure the body. This method is takes times and spends a big expense. Based on those phenomena, the IPB bio marking team was motivated to develop a non-invasive blood glucose monitoring device that is non-injurious for the body. The development of this blood test requires calibration analysis model. The previous research had shown that there were outlier data on the results of invasive blood glucose levels measurement. However, in the study the outlier data were omitted. The outlier data in this case cannot be simply omitted, because there was suspicion of which a respondent has a blood glucose level that is extremely higher than the normal blood glucose level.

The quantile regression method was applied in this case, since the method is robust to outliers and does not need a normal distribution assumption. However, the calibration modeling requires a variable reduction in advance because in general, the calibration data is highly multi collinear in explanatory variables. The method that can be used to solve this problem is the principal component analysis.

This study aimed to build a calibration model for predicting non-invasive blood glucose level by using the principal component of Quantile Regression method. The response variable ( $Y$ ) was the result of invasive measurements in the form of blood glucose levels (mg/dL). The explanatory variable ( $X$ ) was the result of non – invasive measurement in the form of a spectrum of residual light intensity toward the *time domain*. This study applied 2017 and 2019 data with different tool designs. In 2017, the design of the tool with the light captured by the sensor was the light transmitted/passed by the bloods. In 2019, the tool designed sensor which captured the light reflected by the bloods. Prior to modeling, data pre-processing was carried out by two approaches. First, the approach was to summarize the area under the residual intensity curve for each periode time (period area). Second, the approach was to summarize the area under the residual intensity curve for each the lamps were on (peak area). The model was constructed by various quantiles and several numbers of principal components which were selected based on various proportions of the cumulative variance.

Based on our analysis, overall RMSEP value from *summarizing period area* data were steadier compared to *summarizing of peak area*. The sixth quantile had RMSEP value of 0,0184, which was the best in predicting blood glucose level tested non-invasively according to proportion of the cumulative variance of 90%. However, our study showed weakness in prediction value which did not follow actual data pattern. Moreover, the correlation between actual data and its prediction still not strong enough.

Keys: calibration model, diabetes mellitus, principal component analysis, quantile regression.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





© 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.





# **MODEL KALIBRASI UNTUK PREDIKSI KADAR GULA DARAH NON - INVASIF MENGGUNAKAN REGRESI KUANTIL KOMPONEN UTAMA**

**SITI ARITA NOVIA**

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

**STATISTIKA TERAPAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
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.



Judul Tesis : Model Kalibrasi untuk Prediksi Kadar Gula Darah Non-Invasif  
Menggunakan Regresi Kuantil Komponen Utama

Nama : Siti Arita Novia  
NIM : G152180301

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr Ir Erfiani, MSi

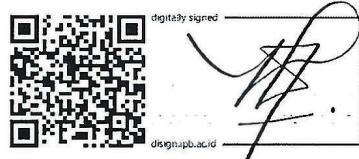


Pembimbing 2:  
Prof Dr Ir Aji Hamim Wigena, MSc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Dr Kusman Sadik, MSi  
NIP. 196909121997021000



Dekan Sekolah Pascasarjana:  
Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, MEng  
NIP. 196004191985031002



Tanggal Ujian:  
23 November 2020

Tanggal Lulus: 11 3 JAN 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.



## PRAKATA

*Alhamdulillah rabbil'alamin*, segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* mengiringi limpahan rahmat dan Karunia-Nya yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada nabi kita yang mulia, Nabi Muhammad *shallallahu 'alayhi wa sallam*. Penulisan tesis yang berjudul “Model Kalibrasi untuk Prediksi Kadar Gula Darah Non-invasif menggunakan Regresi Kuantil Komponen Utama” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada program studi Statistika Terapan Departemen Statistika Institut Pertanian Bogor.

Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Dr Erfiani, MSi, dan Bapak Prof Dr Ir Aji Hamim Wigena, MSc selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan, waktu, dan ilmu yang bermanfaat.
2. Ibu Dr Utami Dyah Syafitri, SSi, MSi selaku penguji luar komisi.
3. Seluruh staf pengajar dan staf non pengajar sekolah pascasarjana Departemen Statistika IPB yang telah banyak memberikan ilmu dan arahan selama perkuliahan hingga selesainya penyusunan tesis ini.
4. Ayahanda, Ibunda, dan anggota keluarga lainnya atas semua nasihat, kerja keras, pengorbanan, perhatian, doa dan kasih sayang yang tulus kepada penulis. Semoga Allah senantiasa memberkahi, menjaga, dan menyayangi kalian.
5. Seluruh rekan-rekan satu bimbingan dan satu tim non-invasif, khususnya Kania, Linda, Arif, dan Astra atas kerja sama dan ilmunya.
6. Seluruh rekan-rekan S2 Statistika/Statistika Terapan khususnya Angkatan 2018.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bogor, Januari 2021

*Siti Arita Novia*



## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Diabetes Melitus (DM)	4
2.2 Alat Pemantau Kadar Gula Darah Non-invasif	4
2.3 Multikolinearitas	6
2.4 Analisis Komponen Utama	7
2.5 Regresi Kuantil	7
2.6 Uji Keباikan Model	9
III METODE	10
3.1 Data	10
3.2 Metode Pengukuran Kadar Gula Darah	10
3.3 Prosedur Analisis Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Eksplorasi Data	12
4.1.1 Kadar Gula Darah Invasif	12
4.1.2 Deskripsi Data Hasil Pengukuran Non-invasif	14
4.2 Reduksi Dimensi Peubah	18
4.3 Ukuran Keباikan Model	19
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	32



## DAFTAR TABEL

1	Pengaturan modulasi pada periode alat pengukuran non-invasif	5
2	Statistika deskriptif data invasif	13
3	Jumlah KU untuk pemodelan regresi kuantil	18
	Nilai RMSEP pada berbagai kuantil data tahun 2017	19
	Nilai RMSEP pada berbagai kuantil data tahun 2019	20

## DAFTAR GAMBAR

	Ilustrasi kerja alat pemantau gula darah non-invasif	4
	Ilustrasi grafik residu intensitas untuk setiap <i>time domain</i>	6
	Ilustrasi peringkasan luas trapesium di bawah spektrum	11
4	Diagram kotak garis kadar gula darah invasif tahun 2017	12
5	Diagram kotak garis kadar gula darah invasif tahun 2019	13
6	Grafik pengukuran non-invasif salah satu ulangan responden tahun 2017	14
7	Grafik pengukuran non-invasif salah satu ulangan responden tahun 2019	14
8	Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2017 dengan kadar gula darah sama	15
9	Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2017 dengan kadar gula darah beda	16
10	Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2019 dengan kadar gula darah sama	16
11	Perbandingan grafik non-invasif dari dua responden 2019 dengan kadar gula darah beda	17
12	Grafik data aktual dengan perolehan nilai prediksi	21
13	Korelasi antara data aktual dengan nilai prediksi	22

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Nilai VIF peubah X data tahun 2017 dan tahun 2019	27
2a	Hasil AKU peringkasan luas periode data tahun 2017	28
2b	Hasil AKU peringkasan luas puncak data tahun 2017	29
3a	Hasil AKU peringkasan luas periode data tahun 2019	30
3b	Hasil AKU peringkasan luas puncak data tahun 2019	31
4a	Nilai RMSEP berdasarkan peringkasan data periode tahun 2017	32
4b	Nilai RMSEP berdasarkan peringkasan data puncak tahun 2017	33
5a	Nilai RMSEP berdasarkan peringkasan data periode tahun 2019	34
5b	Nilai RMSEP berdasarkan peringkasan data puncak tahun 2019	35

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.