



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak melanggar keperluan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KLASIFIKASI KADAR GLUKOSA DARAH KELUARAN ALAT NON-INVASIF MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE* DAN *RANDOM FOREST*

YULI WIBAWATI



**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 :

- Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak melanggar kebenaran 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 PERLIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan tesis dengan judul “Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Keluaran Alat Non-Invasif Menggunakan *Support Vectore Machine* dan *Random Forest*” 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, Agustus 2021

Yuli Wibawati

G152170061

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak mengikuti keperluan yang wajar 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 keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak melanggar kepentingan yang wajar IPB University.

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

RINGKASAN

YULI WIBAWATI. Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Keluaran Alat Non-Invasif Menggunakan *Support Vectore Machine* dan *Random Forest*. Dibimbing oleh ERFIANI dan BAGUS SARTONO

Diabetes mellitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolism dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya. Pemeriksaan kadar glukosa darah merupakan pendekatan dini dalam pengendalian dan pemantauan penderita *diabetes mellitus*. Pemeriksaan kadar glukosa darah umumnya dilakukan secara invasif yaitu dengan menggunakan jarum suntik (*gold standard*) dan dengan menggunakan alat glukometer (*silver standard*). Alat ukur *gold standard* dan *silver standard* bersifat melukai tubuh sehingga akan menimbulkan rasa sakit dan ketidaknyamanan terhadap pasien yang melakukan pemeriksaan kadar glukosa darah secara rutin. Tim non-invasif biomarking IPB mengembangkan alat pemeriksaan kadar glukosa darah yang bersifat tidak melukai tubuh (non-invasif), pada dasarnya alat ini bekerja menggunakan prinsip spektroskopi inframerah dengan harapan dapat memberikan hasil pemeriksaan yang lebih akurat.

Pembuatan model untuk mentransformasi hasil keluaran alat non-invasif menjadi sangat penting dalam pengembangan alat ukur kadar glukosa darah. Keluaran dari alat non-invasif tersebut adalah data spektrum residual intensitas, yang akan dikaitkan dengan hasil pengukuran kadar glukosa darah invasif menggunakan beberapa metode klasifikasi, yaitu klasifikasi *support vectore machine* dan *random forest*. Penelitian sebelumnya telah melakukan transformasi hasil keluaran alat non-invasif dengan metode *features development* menggunakan metode rataan, metode tiga nilai dan metode simpangan baku. Pemilihan metode *features development* pada penelitian sebelumnya masih belum memaksimalkan hasil, sehingga penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode *features development* lain dari keluaran alat non-invasif dan mendapatkan fitur terbaik untuk pemodelan yang dapat memberikan prediksi yang lebih baik.

Hasil pengembangan fitur menunjukkan bahwa fitur terbaik pada keluaran alat non-invasif adalah metode luas trapesium pada periode karena memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan keempat metode lainnya. Proses validasi menunjukkan bahwa metode *random forest* memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *support vector machine*.

Kata kunci : *diabetes mellitus*, alat non-invasif, *features development*, *support vector machine*, *random forest*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak menggunakan keperluan yang wajar IPB University.

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

SUMMARY

YULI WIBAWATI. Classification of blood glucose levels from non-invasive devices using a support vector machine and random forest. Supervised by ERFIANI, and BAGUS SARTONO.

Diabetes mellitus is a group of metabolic diseases characterized by hyperglycemia resulting from defects in insulin secretion, insulin action, or both. Examination of blood glucose levels is an early detection in controlling and monitoring people with diabetes mellitus. Examination of blood glucose levels is generally carried out invasively by using a syringe (gold standard) and by using a glucometer (silver standard). Gold standard and silver standard measuring instruments are injuring the body so that it will cause pain and discomfort to patients who check blood glucose levels regularly. The non-invasive biomarking team of IPB developed a non-invasive (non-invasive) blood glucose level measurement tool, non-invasive methods are considered better because they do not hurt the body, basically this tool works using the principle of infrared spectroscopy in the hope of providing more accurate results.

Modeling to transform the output of non-invasive devices is very important in the development of measuring blood glucose levels. The output of the non-invasive tool is the intensity of the residual spectrum data, which will be related to the result of invasive measurement of blood glucose using some classification models, i.e. support vector machine and random forest. Previous research has carried out the transformation of the output of non-invasive tools with the features development method using the average method, the three-value method and the standard deviation method. The selection of features development methods in previous studies has not maximized the results. This research is aimed to compare the features development methods from the output of non-invasive tools and get the best features for modeling that can provide better predictions.

The result of feature development shows that the best feature in the output of the non-invasive device is the trapezoidal area method at period because it has a higher accuracy value than the other four methods. The validation process shows that the random forest method has a higher accuracy value compared to the support vector machine.

Keywords : diabetes mellitus, non-invasive tool, features development, support vector machine, random forest.



@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 mengulik 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 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 seluruhnya karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



**KLASIFIKASI KADAR GLUKOSA DARAH KELUARAN
ALAT NON INVASIF MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR
MACHINE* DAN *RANDOM FOREST***

YULI WIBAWATI

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Magister Sains

pada

Program Studi Statistika Terapan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak melanggar kebenaran 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 keperluan pendidikan, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak melanggar keperluan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis: Prof Dr Ir Muhammad Nur Aidi, MS

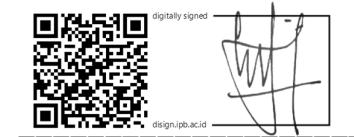


Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak melanggar kebenaran yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Keluaran Alat Non-Invasif Menggunakan *Support Vectore Machine* dan *Random Forest*
Nama : Yuli Wibawati
NRP : G152170061

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr Ir Erfiani, MSi



Pembimbing 2:
Dr Bagus Sartono, MSi



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr Kusman Sadik, MSi
NIP 196909121997021001



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



Tanggal Ujian :
06 Agustus 2021

Tanggal Lulus:
13 Agustus 2021



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak menggunakan keperluan yang wajar IPB University.

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

PRAKATA

Alhamdulillahi rabbil' alamin, segala puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* mengiringi limpahan rahmat dan karunia-Nya yang tidak 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 “Klasifikasi Kadar Glukosa Darah Keluaran Alat Non-Invasif Menggunakan Support Vectore Machine dan Random Forest” 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 Dr Bagus Sartono, MSi selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, waktu, dan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.
2. Bapak Prof Dr Ir Muhammad Nur Aidi, MS selaku pengaji luar komisi yang telah memberikan arahan, saran serta kritik demi perbaikan tesis ini.
3. Seluruh staf pengajar dan staf akademik sekolah Pascasarjana Departemen Statistika IPB yang telah banyak memberikan bantuan tenaga, ilmu dan arahan selama perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis ini.
4. Ayahanda dan Ibunda tercinta yaitu Budi Wasono dan Siti Zulaicha serta kakak dan adik tersayang yaitu Feri Fahrur Rohman dan Oki Tri Utomo yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, nasihat, semangat dan kasih sayang. Semoga Allah SWT senantiasa memberkahi, menjaga dan menyayangi kalian.
5. Seluruh rekan-rekan satu bimbingan dan seluruh Tim Non-Invasif Biomarking IPB.
6. Teman-teman Statistika Terapan serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih banyak kekurangan, sehingga saran dan kritis yang membantu sangat penulis harapkan. Penulis berharap tesis ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya serta bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2021

Yuli Wibawati

G152170061



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Diabetes Mellitus</i>	3
2.2 Cara Kerja Alat Ukur Kadar Glukosa Darah Non-Invasif	3
2.3 <i>Support Vectore Machine (SVM)</i>	5
2.3.1 Linear <i>Separable Data</i>	6
2.3.2 Non-Linear <i>Separable Data</i>	7
2.4 <i>Random Forest</i>	8
2.5 Metode <i>Cross-Validation</i>	9
2.6 Ukuran Kebaikan Model	10
III. METODE	11
3.1 Metodologi Penelitian untuk Tujuan Pertama	11
3.1.1 Data	11
3.1.2 Prosedur Analisis Data	12
3.2 Metodologi Penelitian untuk Tujuan Kedua	13
3.2.1 Data	13
3.2.2 Prosedur Analisis Data	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Hasil dan Pembahasan untuk Tujuan Pertama	14
4.1.1 Eksplorasi Data	14
4.1.2 Membandingkan <i>Features Development</i> untuk Memperoleh Peubah Penjelas	16
4.2 Hasil dan Pembahasan untuk Tujuan Kedua	18
4.2.1 Eksplorasi Data	18

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak menggunakan keperluan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



4.2.1.1 Deskripsi Data Hasil Pengukuran Kadar Glukosa Darah Invasif	18
4.2.1.2 Deskripsi Data Hasil Pengukuran Kadar Glukosa Darah Non- Invasif	18
4.2.1.3 Pola grafik data hasil pengukuran non-invasif	19
4.2.1.4 Pola Hubungan Antara Kadar Glukosa Darah Invasif dan Non-Invasif	20
4.2.2 <i>Features Development</i>	21
4.2.3 Optimalisasi Parameter dari Pemodelan Klasifikasi	21
4.2.4 Pemilihan Model Klasifikasi <i>Support Vectore Machine</i> dan <i>Random Forest</i>	22
V. SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	30

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak melanggar kebenaran yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan 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 keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak melanggar kebenaran 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. Pengaturan kerja periode dan modulasi pada alat non-invasif	4
2. Statistik deskriptif hasil pengukuran invasif pada data tahun 2017	15
3. Nilai akurasi dari beberapa metode untuk peubah penjelas	17
4. Nilai koefisien korelasi dari alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif	17
5. Statistik deskriptif hasil pengukuran invasif pada data tahun 2019	18
6. Nilai akurasi pemodelan klasifikasi	22

DAFTAR GAMBAR

1. Diagram alir cara kerja alat pengukur glukosa darah non-invasif	4
2. Ilustrasi grafik residu intensitas satu periode pengukuran alat non-invasif	5
3. Pola residu intensitas terhadap <i>time domain</i> pada instrument alat non invasif berdasarkan (a) pola modulasi 0 sampai 90, (b) pola modulasi 0 sampai 40, dan (c) pola modulasi 50 sampai 90	5
4. Garis linear pemisah dua kelas	6
5. <i>Hyperplane</i>	8
6. Ilustrasi 4-fold cross validation	10
7. Ilustrasi perhitungan luas dibawah grafik residu intensitas berdasarkan (a) periode, dan (b) puncak	12
8. Ilustrasi perhitungan luas dibawah grafik residu intensitas periode	14
9. Grafik pengukuran non-invasif salah satu ulangan pada responden tahun 2017	15
10. Perbandingan Grafik non-invasif dari dua responden tahun 2017 dengan kadar glukosa darah beda	16
11. Perbandingan Grafik non-invasif dari dua responden tahun 2017 dengan kadar glukosa darah sama	16
12. Grafik pengukuran non-invasif salah satu ulangan pada responden tahun 2019	18
13. Perbandingan Grafik non-invasif dari dua responden tahun 2019 dengan kadar glukosa darah sama	19
14. Perbandingan Grafik non-invasif dari dua responden tahun 2019 dengan kadar glukosa darah beda	19
15. Grafik pengukuran alat non-invasif untuk setiap data invasif	20
16. Akurasi untuk setiap parameter C	21



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber;

a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak melanggar kebenaran yang wajar IPB University.

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

DAFTAR LAMPIRAN

- | | |
|--|----|
| 1. Optimalisasi parameter pada klasifikasi <i>support vectore machine</i> untuk besaran akurasi pada metode <i>features development</i> luas trapesium setiap periode pada data tahun 2017 | 26 |
| 2. Optimalisasi parameter pada klasifikasi <i>support vectore machine</i> untuk besaran akurasi pada metode <i>features development</i> luas trapesium setiap periode pada data tahun 2019 | 27 |
| 3. Optimalisasi parameter pada klasifikasi <i>random forest</i> untuk besaran akurasi pada metode <i>features development</i> luas trapesium setiap periode pada data tahun 2019 | 28 |