

MODEL PENDETEKSIAN RISIKO JATUH PESEPEDA BERBASIS DATA SENSOR INERSIA MENGGUNAKAN RANDOM FOREST

SKRIPSI

Oleh:

**REYHAN ARIFANDI
NIM. 221120598
JESSELYN NATHA WIJAYA
NIM. 221122753**



**PROGRAM STUDI S-1 SISTEM INFORMASI
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

A RANDOM FOREST-BASED FALL RISK DETECTION MODEL FOR CYCLISTS USING INERTIAL SENSOR DATA

UNDERGRADUATE THESIS

By:

**REYHAN ARIFANDI
NIM. 221120598
JESSELYN NATHA WIJAYA
NIM. 221122753**



**UNDERGRADUATE PROGRAM OF S-1 INFORMATION SYSTEM
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

LEMBARAN PENGESAHAN

MODEL PENDETEKSIAN RISIKO JATUH PESEPEDA BERBASIS
DATA SENSOR INERSIA MENGGUNAKAN RANDOM FOREST

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Studi S-1 Sistem Informasi

Oleh:

REYHAN ARIFANDI
NIM. 221120598
JESSELYN NATHA WIJAYA
NIM. 221122753

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I,


Roni Yunis, S.Kom., M.T.

Dosen Pembimbing II,

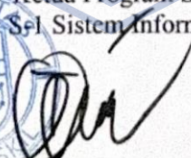

Elly, S.Kom., M.TI.

Medan, 20 Juli 2026

Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
S-1 Sistem Informasi,




Tri Wulandari Ginting, S.Kom., M.Kom

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Sistem Informasi Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Reyhan Arifandi

NIM : 221120598

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Model Pendeteksian Risiko Jatuh Pesepeda Berbasis Data Sensor Inersia Menggunakan Random Forest

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 28 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Reyhan Arifandi
NIM. 221120598

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-1 Sistem Informasi Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Jesselyn Natha Wijaya

NIM : 221122753

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Skripsi dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Skripsi : Model Pendeteksian Risiko Jatuh Pesepeda Berbasis Data Sensor Inersia Menggunakan Random Forest

Tempat Penelitian : -

Alamat Tempat Penelitian : -

No. Telp. Tempat Penelitian : -

Sehubungan dengan Skripsi tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Skripsi tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas Skripsi saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Skripsi saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 28 Juni 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Jesselyn Natha Wijaya
NIM. 221122753

MODEL PENDETEKSIAN RISIKO JATUH PESEPEDA BERBASIS DATA SENSOR INERSIA MENGGUNAKAN RANDOM FOREST

Abstrak

Keselamatan berkendara bagi pesepeda saat ini masih menjadi perhatian penting akibat tingginya risiko kehilangan keseimbangan di jalanan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model klasifikasi anomali gerakan yang diasosiasikan dengan risiko jatuh pesepeda menggunakan algoritma Random Forest. Data penelitian dikumpulkan secara naturalistik melalui sensor inersia (Inertial Measurement Unit) pada stang sepeda menggunakan Bike&Safe Dataset. Karena keterbatasan ketiadaan ground truth jatuh aktual, pelabelan target dibentuk secara mandiri melalui pendekatan sigma-based thresholding (2 sigma) pada fitur Resultant Acceleration (RA) dan Resultant Angular Velocity (RAV). Analisis data dijalankan dengan framework OSEMN menggunakan bahasa pemrograman R. Hasil pengujian dengan Leave-One-Lap-Out Cross-Validation (LOLO-CV) menunjukkan bahwa model Random Forest Tuned pada skenario data asli (Imbalance) menghasilkan performa terbaik dengan F1-score 0,880 dan Recall 0,903, mengungguli baseline Logistic Regression (F1-score 0,802). Penerapan Borderline-SMOTE tidak memberikan dampak positif bagi Random Forest karena algoritma ini sudah robust terhadap ketidakseimbangan kelas secara internal. Melalui analisis Mean Decrease Gini, fitur kecepatan sudut giroskop (Max_Y_Gyro_deg) menjadi proksi indikator paling sensitif bagi model. Penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan aplikasi nyata sistem keselamatan aktif pesepeda

Kata kunci: Sensor Inersia, Risiko Jatuh Pesepeda, Random Forest, Sigma-based Thresholding, Class Imbalance

Abstract

Cycling safety remains a critical concern due to the high risk of losing balance on the road. This study aims to build a classification model for motion anomalies associated with cyclist fall risks using the Random Forest algorithm. Data was collected naturalistically through inertial sensors (Inertial Measurement Unit) mounted on the handlebar using the Bike&Safe Dataset. Due to the limitation of actual fall ground truth absence, target labeling was established independently using a sigma-based thresholding approach (2 sigma) on Resultant Acceleration (RA) and Resultant Angular Velocity (RAV) features. Data analysis was executed using the OSEMN framework in the R programming language. The Leave-One-Lap-Out Cross-Validation (LOLO-CV) testing results indicate that the Random Forest Tuned model under the original data scenario (Imbalance) achieves the most optimal performance with an F1-score of 0.880 and a Recall of 0.903, outperforming the baseline Logistic Regression (F1-score 0.802). The application of Borderline-SMOTE did not yield a positive impact on Random Forest since the algorithm is inherently robust against class imbalance. Based on Mean Decrease Gini analysis, the gyroscope's angular velocity feature (Max_Y_Gyro_deg) serves as the most sensitive proxy indicator for the model. This research can become a foundation for developing real-world cyclist active safety applications.

Keywords: Inertial Sensor, Cyclist Fall Risk, Random Forest, Sigma-based Thresholding, Class Imbalance

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir yang berjudul "Model Pendeteksian Risiko Jatuh Pesepeda Berbasis Data Sensor Inersia Menggunakan Random Forest" ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini ditekankan untuk memenuhi salah satu syarat wajib akademis dalam memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Informatika, Universitas Mikroskil Medan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa perjalanan dalam merampungkan penelitian ini diwarnai dengan berbagai dinamika, tantangan, dan keterbatasan metodologis. Kendati demikian, hambatan tersebut dapat diatasi berkat bimbingan, dukungan moril, serta bantuan materiil dari berbagai pihak yang tulus mengiringi langkah penulis. Oleh sebab itu, pada kesempatan berharga ini, penulis ingin menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Roni Yunis, S.Kom., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, yang senantiasa meluangkan waktu, memberikan arahan yang sangat tajam, mendidik, serta membimbing penulis untuk berpikir kritis dalam menyelesaikan setiap kendala teknis dan argumentasi akademis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Elly, S.Kom., M.TI., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan banyak masukan berharga, koreksi yang mendetail, serta motivasi agar pemodelan data dalam skripsi ini dapat disajikan secara terstruktur dan ilmiah.
3. Bapak Hardy, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Ibu Tri Wulandari Ginting, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi S-1 Sistem Informasi Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan, atas segala fasilitas birokrasi, arahan, dan dukungannya selama penulis menempuh masa studi.
6. Ibu Sophya Hadini Marpaung, S.Kom., M.MSI., selaku Dosen Wali Kelas Sistem Informasi C Pagi, atas bimbingan akademis, perhatian, dan motivasi yang konsisten diberikan sejak awal perkuliahan.

7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Universitas Mikroskil, yang telah mendidik, mentransfer ilmu pengetahuan, serta membentuk karakter berpikir penulis selama menjalani masa perkuliahan di lingkungan kampus.
8. Bapak Suyanto dan Ibu Surtini, selaku orang tua dari Reyhan Arifandi, yang senantiasa menjadi pilar pendukung utama melalui untaian doa yang tidak pernah terputus, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanan materiil dan spiritual hingga penulis dapat mencapai titik ini.
9. Bapak Darwin dan Ibu Arlina, selaku orang tua dari Jesselyn Natha Wijaya, yang dengan segala keikhlasan, doa, perhatian, dan dukungan moril maupun finansialnya menjadi sumber kekuatan terbesar bagi penulis dalam menuntaskan tugas akhir ini.
10. Reyhan Arifandi, rekan kerja sejawat yang luar biasa bagi Jesselyn Natha Wijaya. Terima kasih atas komitmen, kerja keras, dedikasi waktu, serta diskusi ilmiah yang panjang dalam menyatukan pemikiran demi menyelesaikan riset ini dari awal hingga akhir.
11. Jesselyn Natha Wijaya, rekan perjuangan yang hebat bagi Reyhan Arifandi. Terima kasih atas kesabaran yang luar biasa dalam menghadapi setiap dinamika emosional, kerja sama tim yang solid, serta energi positif yang membuat proses pengerjaan skripsi ini terasa lebih ringan.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai kekurangan, baik dari segi isi, penyajian, maupun pembahasan, yang disebabkan oleh keterbatasan waktu, pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini tidak hanya menjadi pelengkap administrasi kelulusan, tetapi juga dapat memberikan kontribusi nyata serta menjadi referensi ilmiah yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan seluruh pihak yang memerlukannya.

Medan, 28 Juni 2026

Penulis,

Reyhan Arifandi

Jesselyn Natha Wijaya

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Dinamika Bersepeda dan Sensor Inersia	7
2.1.1 Risiko Jatuh dan Gerak Pesepeda	7
2.1.2 Inertial Measurement Unit (IMU)	7
2.2 Teknik Pengolahan Data Sensor.....	10
2.2.1 Feature Extraction untuk Data Sensor : Resultant Acceleration dan Resultant Angular Velocity	10
2.2.2 Penanganan Ketidakseimbangan Data dengan SMOTE.....	11
2.2.3 Pelabelan Data dan Ambang Batas (Thresholding).....	13
2.3 Framework OSEM.....	14
2.4 Machine Learning	15
2.5 Random Forest.....	17
2.6 Logistic Regression (LR).....	19
2.7 Leave-One-Lap-Out Cross-Validation (LOLO-CV)	20
2.8 Hyperparameter Tuning.....	21
2.9 Metrik Evaluasi.....	23
2.10 Tinjauan Pustaka (Literature Review)	26
2.11 Flow Pipeline Input-Process-Output Sistem Deteksi Risiko Jatuh Pesepeda...	32
BAB III TAHAPAN PELAKSANAAN / METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Alur Penelitian	33

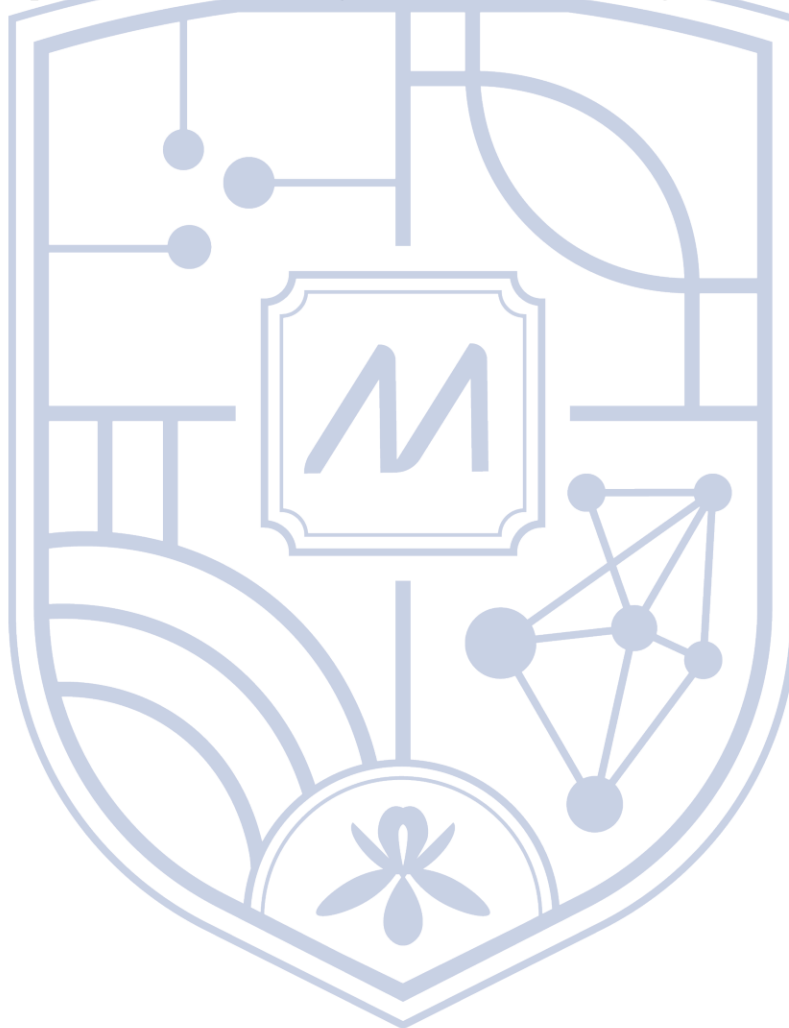
3.2 Obtain Data (Mengumpulkan Data)	35
3.3 Scrub (Pra-pemrosesan & Pembersihan Data)	36
3.4 Explore.....	44
3.5 Model.....	47
3.6 Interpreted.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Hasil Ekstraksi Fitur dan Pelabelan Data	52
4.1.1 Hasil Ekstraksi Fitur Fisik	52
4.1.2 Penentuan Ambang Batas (Threshold) dan Pelabelan	52
4.2 Skema Validasi dan Distribusi Data	54
4.2.1 Ketidakseimbangan Kelas (Class Imbalance).....	54
4.2.2 Skenario Leave-One-Lap-Out Cross Validation (LOLO-CV)	56
4.3 Hasil Evaluasi Model Klasifikasi	57
4.3.1 Kinerja Model pada Data Asli (Imbalance).....	57
4.3.2 Kinerja Model dengan Penanganan SMOTE (Oversampling)	59
4.4 Pembahasan dan Interpretasi Hasil	60
4.4.1 Interpretasi Metrik Evaluasi Klasifikasi	60
4.4.2 Analisis Signifikansi Fitur (Feature Importance)	62
BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pemetaan Sumbu Ortogonal (X, Y, Z) pada Smartphone [33].....	9
Gambar 2.2 Posisi Penempatan Sensor Inersia Berbasis Smartphone	10
Gambar 2.3 Framework OSEMNI.....	15
Gambar 2.4 Alur Pipeline IPO Sistem Deteksi Risiko Jatuh Pesepeda	32
Gambar 3.1 Alur Penelitian dengan Framework OSEMNI	33
Gambar 3.2 Pemuatan Library.....	35
Gambar 3.3 Pengumpulan Dataset	36
Gambar 3.4 Tampilan Dataset pada Software R Studio.....	36
Gambar 3.5 Melihat Struktur Data	37
Gambar 3.6 Melihat Nilai NA's	38
Gambar 3.7 Menghapus Kolom yang Memiliki Nilai NA's	38
Gambar 3.8 Menghapus kolom V5 pada Data Accelerometer.....	39
Gambar 3.9 Mengubah Nama Kolom.....	39
Gambar 3.10 Menghapus ID Sensor	40
Gambar 3.11 Sinkronisasi Waktu.....	41
Gambar 3.12 Integrasi Data Multi-Sensor.....	41
Gambar 3.13 Penyaringan Sinyal	42
Gambar 3.14 Visualisasi Penyaringan Sinyal.....	42
Gambar 3.15 Konversi Satuan.....	43
Gambar 3.16 Menghitung Resultant Acceleration dan Resultant Angular Velocity	43
Gambar 3.17 Pengimporan dan Penyesuaian Format Dataset.....	45
Gambar 3.18 Integrasi Dataset Multipel.....	45
Gambar 3.19 Visualisasi Distribusi Proporsi Kelas	46
Gambar 3.20 Analisis Korelasi antar Fitur.....	47
Gambar 4.1 Ringkasan Jumlah Sampel Pelabelan Lap 1	53
Gambar 4.2 Distribusi Proporsi Kelas "Risiko Jatuh" dan "Tidak Risiko Jatuh" pada 9 Lap	55
Gambar 4.3 Grafik Feature Importance.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Confusion Matrix.....	23
Tabel 3.1 Variabel Data Penelitian.....	35
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Statistik dan Threshold pada Lap 1	53
Tabel 4.2 Matriks Iterasi LOLO-CV	56
Tabel 4.3 Rekapitulasi Rata-Rata Kinerja Model LOLO-CV pada Data Imbalance	57
Tabel 4.4 Rekapitulasi Rata-Rata Kinerja Model LOLO-CV dengan Borderline-SMOTE	59



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Resource.....	73
------------------------	----

