



**PENERAPAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBORS*  
DENGAN JARAK *DYNAMIC TIME WARPING* PADA *TIME  
SERIES CLASSIFICATION* RINTANGAN PERMUKAAN JALAN**

**SKRIPSI**

**untuk memenuhi persyaratan  
dalam menyelesaikan program sarjana Strata-1 Statistika**

Oleh  
**MUHAMMAD AZKAA AL ATQIAA  
NIM. 2211017310010**

**PROGRAM STUDI S-1 STATISTIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU  
JANUARI 2026**

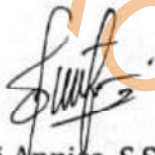
# SKRIPSI

## PENERAPAN ALGORITMA *K-NEAREST NEIGHBORS* DENGAN JARAK *DYNAMIC TIME WARPING* PADA *TIME* *SERIES CLASSIFICATION* RINTANGAN PERMUKAAN JALAN

Oleh  
**MUHAMMAD AZKAA AL ATQIAA**  
NIM. 2211017310010

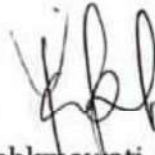
Telah dipertahankan pada hari Kamis, 15 Januari 2026 dan telah disetujui oleh dosen pembimbing dan dosen penguji sebagai berikut:

### Pembimbing I



Selvi Annisa, S.Si., M.Si.  
NIP. 199212262022032016

### Penguji I



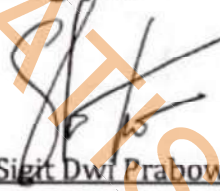
Yeni Rahmawati, S.Mat., M.Si.  
NIP. 199404032022032014

### Pembimbing II



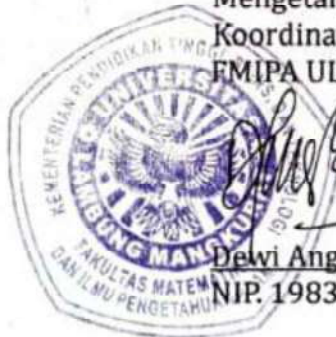
Rifqi Aulya Rahman, S.Mat., M.Si.  
NIP. 199708072024061003

### Penguji II



Siegt Dwi Prabowo, S.Mat., M.Stat.  
NIP. 199605282024061003

Banjarbaru, 21 Januari 2026  
Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Statistika  
FMIPA ULM



Devi Anggraini, S.Si., M.App.Sci., Ph.D.  
NIP. 198303282005012001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka

Banjarbaru, 15 Januari 2026



Muhammad Azkaa Al Atqiaa  
NIM. 2211017310010

PRODI STATISTIKA

## ABSTRAK

### **Penerapan Algoritma *K-Nearest Neighbors* dengan Jarak *Dynamic Time Warping* pada *Time Series Classification* Rintangan Permukaan Jalan**

(Oleh: Muhamad Azkaa Al Atqiaa; Pembimbing: Selvi Annisa dan Rifqi Aulya Rahman, 2026; 46 halaman)

Klasifikasi deret waktu merupakan pendekatan analisis yang memanfaatkan pola temporal pada data berurutan, salah satunya untuk mengidentifikasi kondisi permukaan jalan berdasarkan sinyal akselerasi kendaraan. Permasalahan dalam penelitian ini meliputi bagaimana penerapan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) dengan fungsi jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) pada data *Asphalt Obstacle* untuk mengklasifikasikan jenis rintangan jalan, serta bagaimana evaluasi performa model KNN dengan DTW dalam membedakan masing-masing kelas rintangan. Sehingga, penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma KNN dengan fungsi jarak DTW yang dikombinasikan dengan skema *feature engineering* berupa *rolling mean* dengan beberapa ukuran jendela serta evaluasi berbasis *Time Series Split Cross Validation* (TSCV). Data yang digunakan berupa deret waktu univariat magnitudo akselerasi dengan empat kelas, yaitu *Raised Crosswalk* (RC), *Raised Markers* (RM), *Speed Bump* (SB), dan *Vertical Patch* (VP). Kinerja model dievaluasi menggunakan akurasi dan *recall*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario data *Original* menghasilkan akurasi sebesar 86,2% pada  $k = 3$ , sedangkan penerapan *Rolling Mean* dengan jendela 15 meningkatkan akurasi menjadi 87,9% pada  $k = 5$ . Sebaliknya, penggunaan jendela *rolling mean* yang lebih besar menurunkan performa akibat berkurangnya pola pada sinyal. Temuan ini menunjukkan bahwa algoritma KNN dengan jarak DTW efektif untuk klasifikasi rintangan permukaan jalan, khususnya ketika dikombinasikan dengan penghalusan sinyal menggunakan jendela *rolling mean* yang tidak terlalu besar.

Kata Kunci: Klasifikasi Deret Waktu, *K-Nearest Neighbors*, *Dynamic Time Warping*, *Rolling Mean*, Kondisi Permukaan Jalan.

## ABSTRACT

### **Application of the K-Nearest Neighbors Algorithm with Dynamic Time Warping Distance in Time Series Classification of Road Surface Obstacles**

(By: Muhammad Azkaa Al Atqiaa; Supervisors: Selvi Annisa and Rifqi Aulya Rahman, 2026; 46 pages)

Time series classification is an analytical approach that exploits temporal patterns in sequential data, one of which is to identify road surface conditions based on vehicle acceleration signals. The problems addressed in this study include how to apply the K-Nearest Neighbors (KNN) algorithm with the Dynamic Time Warping (DTW) distance function to the Asphalt Obstacle dataset to classify types of road obstacles, as well as how to evaluate the performance of the KNN with DTW model in distinguishing each obstacle class. Therefore, this study aims to implement the KNN algorithm with the DTW distance function combined with a feature engineering scheme using rolling mean with several window sizes and an evaluation based on Time Series Split Cross Validation (TSCV). The data used consist of univariate time series of acceleration magnitude with four classes, namely Raised Crosswalk (RC), Raised Markers (RM), Speed Bump (SB), and Vertical Patch (VP). Model performance is evaluated using accuracy and recall. The results show that the Original data scenario achieves an accuracy of 86.2% at  $k = 3$ , while applying Rolling Mean with a window size of 15 improves the accuracy to 87.9% at  $k = 5$ . In contrast, larger rolling mean window sizes reduce performance due to the loss of important signal patterns. These findings indicate that the KNN algorithm with the DTW distance is effective for road surface obstacle classification, particularly when combined with signal smoothing using a relatively small rolling mean window.

Keywords: Time Series Classification, K-Nearest Neighbors, Dynamic Time Warping, Rolling Mean, Road Surface Conditions.

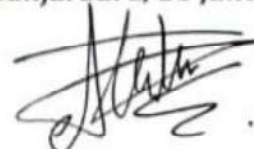
## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul "Penerapan Algoritma *K-Nearest Neighbors* dengan Jarak *Dynamic Time Warping* pada *Time Series Classification* Rintangan Permukaan Jalan". Penulisan ini dilakukan dengan tujuan memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program sarjana di Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat. Penulis menyadari adanya kesulitan dan hambatan dari segi penulisan maupun penyusunan kata-kata yang belum tersusun dengan baik dan hal lainnya. Namun, berkat dukungan dan bimbingan berbagai pihak, penulisan ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan tulus, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, khususnya kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan serta mendoakan untuk penyelesaian Tugas Akhir;
2. Ibu Selvi Annisa, S.Si., M.Si. dan Bapak Rifqi Aulya Rahman, S.Mat., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam pelaksanaan penelitian serta penyelesaian Tugas Akhir;
3. Ibu Yeni Rahkmawati, S.Mat., M.Si. dan Bapak Sigit Dwi Prabowo, S.Mat., M.Stat. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, saran, dan bantuan dalam perbaikan penulisan Tugas Akhir;
4. Koordinator Program Studi Statistika FMIPA ULM beserta seluruh dosen dan staf yang selalu memberikan ilmu, motivasi, nasihat, dan mendukung selama masa perkuliahan;
5. Teman-teman yang senantiasa memberi dukungan dan semangat selama penelitian dan penyusunan Tugas Akhir, khususnya "Funtastic" dan anggota grup "proyek beempat", "tim anti", dan "bagusan";
6. Pemilik NIM 2373201110044 dari Universitas Muhammadiyah Banjarmasin yang dengan ketulusan dan perhatian selalu memberikan dukungan selama penelitian dan penyusunan Tugas Akhir, sehingga menjadi sumber semangat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk perbaikan dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan doa semoga kebaikan semua pihak yang berkontribusi mendapat balasan terbaik. Penulis juga bersyukur atas terselesaikannya penulisan ini. Semoga penulisan ini dapat bermanfaat, menambah wawasan, dan menjadi referensi yang berguna.

Banjarbaru, 21 Januari 2026



Muhammad Azkaa Al Atqiaa

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT .....	v
PRAKATA.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR LAMBANG, DAN SINGKATAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Kajian Penelitian Terdahulu .....	5
2.2 Kajian Teori.....	8
2.2.1 <i>Time Series Classification</i> .....	8
2.2.2 <i>Exploratory Data Analysis (EDA)</i> .....	9
2.2.3 <i>Feature Engineering</i> .....	10
2.2.4 Klasifikasi Deret Waktu dengan KNN .....	11
2.2.5 Jarak <i>Dynamic Time Warping</i> .....	13
2.2.6 <i>Time Series Split Cross Validation</i> .....	15
2.2.7 Evaluasi .....	16
2.2.8 Aplikasi Deteksi Kondisi Jalan.....	17
2.2.9 Kelas Kondisi Jalan pada Data <i>Asphalt Obstacle</i> .....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Sumber Data .....	21
3.2 Variabel Penelitian .....	21
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	26
4.1 <i>Exploratory Data Analysis (EDA)</i> .....	26
4.2 <i>Feature Engineering</i> .....	29
4.3 Perhitungan Jarak DTW .....	31
4.4 <i>Tuning Parameter</i> .....	33
4.5 Algoritma KNN dengan Jarak DTW.....	34
4.5.1. Skenario Data <i>Original</i> .....	35
4.5.2. Skenario <i>Rolling Mean</i> dengan Jendela 15 .....	38
4.5.3. Skenario <i>Rolling Mean</i> dengan Jendela 30.....	40
4.5.4. Skenario <i>Rolling Mean</i> dengan Jendela 60 .....	42
4.6 Evaluasi Model Terbaik .....	44
BAB V PENUTUP .....	45
5.1. Kesimpulan .....	45

5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN.....	51
RIWAYAT HIDUP.....	86

PRODI STATISTIKA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Klasifikasi Deret Waktu.....	12
Gambar 2.2 Perbandingan Penyelesaian Jarak Euclidean dan DTW .....	13
Gambar 2.3 Ilustrasi Skema Expanding Window dalam TSCV.....	16
Gambar 2.4 Gambaran Sumbu Sensor Akselerometer .....	18
Gambar 2.5 Gambaran dari Kelas Kondisi Permukaan Jalan .....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir .....	25
Gambar 4.1 <i>Pie Chart</i> Proporsi Seluruh Kelas .....	27
Gambar 4.2 Pola Gabungan Seluruh Kelas dengan <i>Line Chart</i> .....	27
Gambar 4.3 Pola Temporal dengan <i>Line Chart</i> .....	28
Gambar 4.4 Hasil <i>Rolling Mean</i> pada Salah Satu Sampel Deret Waktu .....	31
Gambar 4.5 Pola Hasil <i>Tuning Parameter</i> Seluruh Skenario Analisis.....	34
Gambar 4.6 Kesalahan Prediksi RM dan VP pada Data <i>Original</i> .....	37
Gambar 4.7 Kesalahan Prediksi RM dan VP pada Data <i>Rolling Mean 15</i> .....	39
Gambar 4.8 Kesalahan Prediksi RM dan VP pada Data <i>Rolling Mean 30</i> .....	41
Gambar 4.9 Kesalahan Prediksi RM dan VP pada Data <i>Rolling Mean 60</i> .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu.....	5
Tabel 3.1 Struktur Data TSC pada <i>Asphalt Obstacle</i> .....	22
Tabel 3.2 Daftar Variabel Penelitian.....	22
Tabel 4.1 Struktur Data .....	26
Tabel 4.2 Perhitungan <i>Rolling Mean</i> dengan Jendela 15.....	30
Tabel 4.3 Perhitungan <i>Rolling Mean</i> dengan Jendela 30.....	30
Tabel 4.4 Perhitungan <i>Rolling Mean</i> dengan Jendela 60.....	30
Tabel 4.5 Akurasi Algoritma KNN Berdasarkan Nilai $k$ Setiap Skenario.....	35
Tabel 4.6 <i>Confusion Matrix</i> Skenario Data <i>Original</i> .....	36
Tabel 4.7 <i>Confusion Matrix</i> Skenario Data <i>Rolling Mean</i> 15.....	38
Tabel 4.8 <i>Confusion Matrix</i> Skenario Data <i>Rolling Mean</i> 30.....	40
Tabel 4.9 <i>Confusion Matrix</i> Skenario Data <i>Rolling Mean</i> 60.....	42
Tabel 4.10 Skenario Terbaik Algoritma KNN dengan Jarak DTW .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data <i>Training Asphalt Obstacle</i> .....	51
Lampiran 2. Tabel Data <i>Testing Asphalt Obstacle</i> .....	52
Lampiran 3. Tabel Data <i>Training Hasil Rolling Mean 15</i> .....	53
Lampiran 4. Tabel Data <i>Testing Hasil Rolling Mean 15</i> .....	54
Lampiran 5. Tabel Data <i>Training Hasil Rolling Mean 30</i> .....	55
Lampiran 6. Tabel Data <i>Testing Hasil Rolling Mean 30</i> .....	56
Lampiran 7. Tabel Data <i>Training Hasil Rolling Mean 60</i> .....	57
Lampiran 8. Tabel Data <i>Testing Hasil Rolling Mean 60</i> .....	58
Lampiran 9. Tabel Hasil <i>Tuning Parameter</i> .....	59
Lampiran 10. Tabel Hasil Prediksi Data <i>Original</i> dengan $k = 3$ .....	60
Lampiran 11. Tabel Hasil Prediksi Data <i>Rolling Mean 15</i> dengan $k = 5$ .....	61
Lampiran 12. Tabel Hasil Prediksi Data <i>Rolling Mean 30</i> dengan $k = 5$ .....	62
Lampiran 13. Tabel Hasil Prediksi Data <i>Rolling Mean 60</i> dengan $k = 5$ .....	63
Lampiran 14. <i>Syntax Google Colab</i> .....	64