Penerapan Machine Learning pada Deteksi Tingkat Kantuk Pengemudi Berbasis Jam Tangan Pintar Melalui Analisis Heart Rate Variability (HRV)

Ulil Ikbal
Departemen Informatika (Afiliasi)
Universitas Telkom (Afiliasi)
Bandung, Indonesia
ikbalulil@student.telkomuniversity.ac.id

Aji Gautama Putrada
Departemen Informatika (Afiliasi)
Universitas Telkom (Afiliasi)
Bandung, Indonesia
ajigps@telkomuniversity.ac.id

Aris Pujud Kurniawan
Departemen Engineering (Afiliasi)
TransTRACK (Afiliasi)
Jakarta, Indonesia
aris.pujud@transtrack.co

***Abstract*—Kantuk saat mengemudi merupakan faktor signifikan penyebab kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem deteksi tingkat kantuk pengemudi berbasis jam tangan pintar dengan memanfaatkan analisis Heart Rate Variability (HRV). Data fisiologis diperoleh dari sensor photoplethysmography (PPG) pada smartwatch dan diproses melalui tahapan pra-pemrosesan, ekstraksi fitur HRV, serta penyeimbangan kelas menggunakan Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE). Proses klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma Random Forest dan Decision Tree. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan confusion matrix dengan metrik accuracy, precision, recall, dan f1-score. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Decision Tree memberikan performa terbaik dengan akurasi sebesar 95%, precision 95.03%, recall 95%, dan f1-score 95%. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis HRV dan machine learning berpotensi digunakan sebagai sistem peringatan dini kantuk pengemudi secara non-intrusif.**

***Index Terms*—hrv, jam tangan pintar, machine learning, kantuk pengemudi**

I. PENDAHULUAN

Keselamatan berkendara merupakan isu krusial dalam aktivitas transportasi darat. Kondisi kantuk dan kelelahan pengemudi berkontribusi signifikan terhadap meningkatnya risiko kecelakaan lalu lintas, termasuk kejadian microsleep yang terjadi tanpa disadari. Berdasarkan laporan global, kecelakaan lalu lintas menyebabkan lebih dari satu juta kematian setiap tahun. Teknologi wearable seperti smartwatch membuka peluang pemantauan kondisi fisiologis pengemudi secara real-time. Salah satu parameter penting yang dapat dimanfaatkan adalah Heart Rate Variability (HRV), yang mencerminkan aktivitas sistem saraf otonom. Penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma machine learning berbasis HRV untuk mendeteksi tingkat kantuk pengemudi secara akurat dan non-intrusif.

II. KAJIAN TEORI

A. Deteksi Tingkat Kantuk

Deteksi kantuk bertujuan mengenali gejala awal penurunan kewaspadaan individu menggunakan sinyal fisiologis maupun perilaku. Deteksi dini sangat penting untuk mencegah kecelakaan lalu lintas dan meningkatkan keselamatan berkendara.

B. Jam Tangan Pintar

Jam tangan pintar merupakan perangkat wearable yang dilengkapi sensor fisiologis seperti PPG untuk memantau detak jantung, aktivitas fisik, dan kondisi kesehatan pengguna secara real-time.

C. Heart Rate Variability (HRV)

HRV merupakan variasi interval waktu antar denyut jantung yang dikendalikan oleh sistem saraf otonom. Parameter HRV dapat dianalisis pada domain waktu dan frekuensi untuk menilai kondisi stres dan kantuk.

D. SMOTE

Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) digunakan untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas dengan membangkitkan data sintetis pada kelas minoritas.

E. Model Machine Learning

Model machine learning yang digunakan dalam penelitian ini adalah Random Forest dan Decision Tree, yang dipilih karena kemampuannya dalam klasifikasi data fisiologis dan interpretabilitas model.

III. METODE

Penelitian ini meliputi tahapan pengumpulan data, pra-pemrosesan, ekstraksi fitur HRV, penyeimbangan data menggunakan SMOTE, klasifikasi, dan evaluasi model. Data dikumpulkan dari sensor PPG pada smartwatch dan diproses pada cloud server.

A. Persamaan

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua algoritma mampu mengklasifikasikan tingkat kantuk dengan baik. Algoritma Random Forest menghasilkan akurasi sebesar 94%, sedangkan Decision Tree mencapai akurasi sebesar 95%. Nilai precision, recall, dan f1-score yang tinggi menunjukkan bahwa model Decision Tree memberikan performa terbaik dalam mendeteksi kondisi kantuk.

A. Gambar

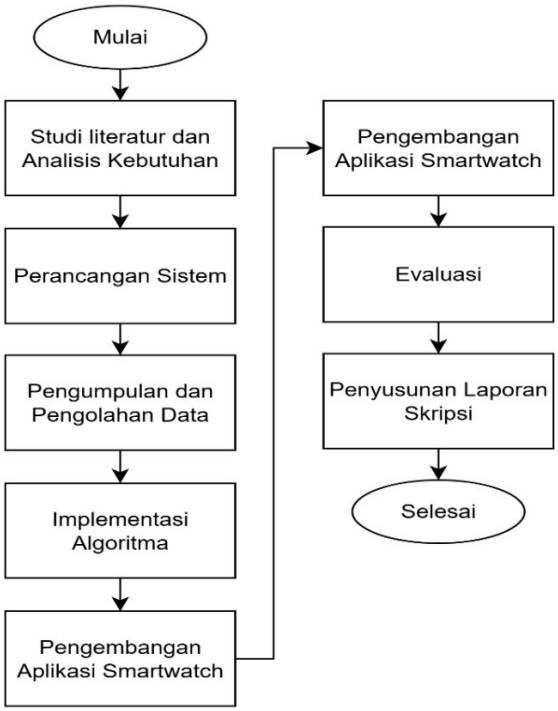


FIGURE 1
(A) Flowchart Tahapan Penelitian

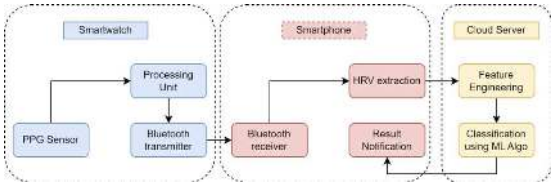


FIGURE 2
(A) Arsitektur Sistem Deteksi Kantuk

B. Tabel

TABLE 1
(A) HASIL HYPERPARAMETER TUNING

Algoritma	Parameter	Nilai Optimal
Random Forest	max_depth	5
Decision Tree	min samples leaf	5

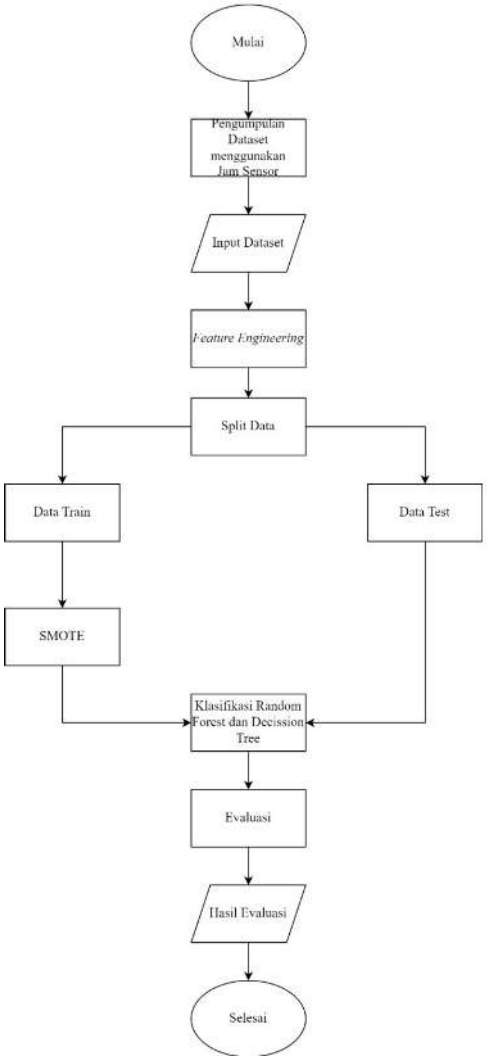


FIGURE 3
(A) Flowchart Algoritma

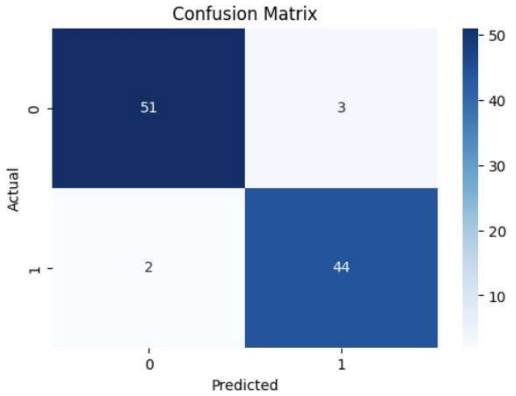


FIGURE 4
(A) Confusion Matrix Decision Tree

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan algoritma machine learning untuk mendeteksi tingkat kantuk pengemudi berbasis jam tangan pintar melalui analisis HRV. Algoritma Decision Tree memberikan performa terbaik dengan akurasi sebesar 95%. Sistem yang diusulkan bersifat non-intrusif dan berpotensi dikembangkan sebagai sistem peringatan dini keselamatan berkendara.

REFERENCES

[1] W. K. Chen, *Linear Networks and Systems*. Belmont, CA: Wadsworth, 1993.

[2] R. Antunes et al., "An Intelligent System to Detect Drowsiness at the Wheel," Proc. Int. Symp. Digit. Forensics Secur., 2022.

[3] A. Burlacu et al., "Accurate and early detection of sleepiness, fatigue and stress levels in drivers through HRV parameters," Rev. Cardiovasc. Med., vol. 22, no. 3, pp. 845–852, 2021.

[4] Z. Alarnaout et al., "Exploiting HRV for driver drowsiness detection using wearable sensors," Sci. Rep., 2025.