BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Lanjut usia atau dikenal dengan Lansia adalah proses alamiah yang terjadi pada seseorang karena telah memasuki tahap akhir dari fase kehidupan [1]. Menurut Undang-Undang Nomor 13 Tahun 1998 tentang Kesejahteraan Lanjut Usia, pasal 1 poin 2, penduduk lanjut usia (lansia) didefinisikan sebagai individu yang telah mencapai usia 60 tahun atau lebih [2]. Masalah yang sering terjadi pada lansia adalah penurunan kemampuan fisik ini mempengaruhi berbagai fungsi tubuh, seperti kemampuan lokomotor, keseimbangan, fungsi sensorik, kontrol motorik, serta sistem muskuloskeletal [3]. Gangguan ini berkontribusi pada penurunan fungsi tubuh dan keseimbangan, yang pada akhirnya meningkatkan risiko terjatuh.

Resiko jatuh pada lansia sering diakibatkan karena beberapa faktor lingkungan, seperti kurangnya pencahayaan, jalan tidak rata, kondisi lantai licin, kamar mandi dan lain sebagainya [4]. Salah satu penelitian menyatakan bahwa kamar mandi adalah tempat jatuh terbanyak pada lansia. Hal ini dikarenakan faktor penggunaan kloset jongkok, lantai licin dan berlumut, lantai pecah dan tajam, dan lantai tidak rata [5].

Untuk menanggulangi resiko jatuh, diperlukan pemantauan dan penanganan cepat terhadap lansia dengan beberapa metode. Terdapat banyak hasil penelitian untuk deteksi dan pengawasan lansia jatuh, seperti deteksi jatuh dengan radar [6], pemantauan kamera dengan kombinasi *machine learning* [7], sistem *nurse call* [8], dan lain sebagainya. Namun penggunaan metode tersebut harus memperhatikan keamanan data lansia pada area privasi rumah dan penggunaan yang efektif. Hal ini dikarenakan kebocoran data pribadi telah diatur pada Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP) [9]. Selain itu, bentuk alatnya pun diharapkan mudah dipakai.

Penggunaan IMU sensor untuk deteksi jatuh sangat efektif untuk dapat mendeteksi gerakan dan posisi tubuh dengan akurasi tinggi. Selain itu, ukuran yang kecil dapat memudahkan lansia dalam penggunaannya [10]. Pada alat pendeteksi jatuh yang terdapat IMU sensor, hasil data IMU sensor akan dilakukan pengolahan

sinyal menggunakan *ensemble learning* yang akan mengklasifikasikan jatuh dan tidak jatuh.

Beberapa penelitian telah mengembangkan data hasil IMU sensor dengan sistem deteksi jatuh menggunakan pembelajaran mesin, menunjukkan bahwa akselerometer yang dipadukan dengan algoritma pembelajaran mesin seperti *random forest* dan *Support Vector Machines* efektif dalam membedakan aktivitas normal dari jatuh pada lansia, meskipun ada tantangan terkait variabilitas individu dan lingkungan [11]. Pada penelitian lain, mengeksplorasi penggunaan dataset IMU sintetis untuk menyederhanakan eksperimen deteksi jatuh. Dataset ini memungkinkan pengujian skenario jatuh secara terkontrol tanpa perlu data lapangan yang luas, serta membantu mengoptimalkan konfigurasi sensor. Namun, integrasi data sintetis dan nyata diperlukan agar sistem lebih akurat dan representatif terhadap kondisi sebenarnya [12].

Dikarenakan, sebagian besar penelitian tersebut hanya berhenti pada tahap validasi model di komputer atau lingkungan simulasi, tanpa memperhatikan aspek implementasi pada perangkat nyata yang memiliki keterbatasan komputasi. Di sisi lain, kebutuhan akan sistem deteksi jatuh yang ringan, cepat, dan dapat diintegrasikan ke perangkat *wearable* menjadi semakin mendesak, seiring meningkatnya populasi lansia dan pentingnya keamanan di area privat seperti kamar mandi.

Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan tidak hanya untuk mengembangkan model klasifikasi berbasis *ensemble learning*, tetapi juga mengevaluasi kelayakannya untuk diimplementasikan dalam bentuk kode yang dapat melakukan *deployment (embedded C)* pada *wearable device*. Arsitektur *Stacking* dengan *random forest* dan *gradient boosting* sebagai *base learner*, serta *logistic regression* sebagai *meta-learner*, dipilih karena mampu menggabungkan prediksi dari beberapa model untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat dan stabil.

Model akhir selanjutnya ditanamkan ke dalam sebuah *wearable device* berbasis sensor IMU dan diuji kemampuannya dalam mengenali pola gerakan jatuh. Pendekatan ini membuktikan bahwa *pipeline machine learning* tidak hanya berhenti di fase analisis data, tetapi juga dapat ditransformasikan menjadi solusi

konkret dan aplikatif untuk digunakan di lapangan, khususnya bagi kelompok rentan seperti lansia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengenali insiden jatuh pada lansia berdasarkan karakteristik sinyal IMU, khususnya melalui proses ekstraksi fitur dari akselerometer dan giroskop, serta bagaimana merancang *ensemble learning* yang mampu membedakan antara aktivitas normal dan insiden jatuh di kamar mandi?
2. Bagaimana membuat supaya *ensemble learning* yang dihasilkan dapat diimplementasikan pada mikorkontroler?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan utama dari sistem deteksi jatuh dengan machine learning, yaitu:

- A. Merancang sistem deteksi jatuh dengan *ensemble learning* yang mampu membedakan antara aktivitas normal dan insiden jatuh pada lansia dikamar mandi, serta mendeteksi jatuh dengan *F1-score* 90% untuk menambah akurasi sistem terhadap insiden secara langsung.
- B. Merancang *ensemble learning* yang dapat diimplementasikan di *wearable device* untuk mendeteksi jatuh.

Sementara itu, manfaat dari sistem pendeteksi jatuh dengan *machine learning*, sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan dapat berfungsi sebagai alat bantu untuk mendeteksi potensi kejadian jatuh, sehingga memungkinkan penanganan lebih cepat pada lansia, terutama pada area berisiko seperti kamar mandi.
2. Dengan algoritma *ensemble learning* yang dirancang akan membantu membedakan antara aktivitas normal dan insiden jatuh, sehingga mampu meminimalkan *false positives*. Dengan akurasi yang lebih baik, sistem ini menjadi lebih andal dan efisien dalam memberikan peringatan hanya pada situasi yang sebenarnya berbahaya.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup untuk membatasi permasalahan yang ada pada penelitian ini, yaitu :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari data IMU Sensor (akselerometer dan giroskop) yang terpasang pada perangkat *wearable*. Penelitian tidak akan menggunakan data dari sensor eksternal lain seperti kamera, sensor lingkungan, atau detektor suara.
2. Pengambilan data dilakukan di ruangan biasa yang mensimulasikan aktivitas di kamar mandi, dengan gerakan jatuh diperagakan oleh subyek non – lansia sebagai simulasi. Tanpa melibatkan lansia secara langsung.
3. Deteksi jatuh dalam penelitian ini dibatasi pada pola umum lansia, yaitu jatuh ke depan, belakang, dan samping. Tanpa memperagakan gerakan lain di luar kategori tersebut, termasuk aktivitas ekstrem maupun insiden di luar kamar mandi.
4. Penggunaan perangkat *wearable* hanya dapat dikalungkan pada leher subjek.
5. Algoritma yang digunakan dibatasi pada metode *ensemble learning* yang sederhana dan efisien, agar dapat dijalankan di perangkat yang tidak memiliki kemampuan pemrosesan tinggi. Algoritma yang terlalu rumit tidak digunakan.

1.5. Metode Penelitian

Penggunaan metode dalam melakukan penelitian bermanfaat untuk mendukung pembuatan laporan berdasarkan data yang diperoleh selama melakukan penelitian. Ada beberapa macam metode yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Proses pencarian dan mempelajari teori-teori yang relevan dengan metode yang digunakan dalam tugas akhir ini dilakukan melalui kajian berbagai literatur, baik dari buku, jurnal ilmiah, maupun situs web.

2. Perancangan dan Realisasi Sistem

Tahap ini mencakup perancangan berbasis *machine learning* untuk mengolah data sensor dan mendeteksi jatuh. Desain sistem berfokus pada

pengembangan algoritma *ensemble learning Stacking* yang mampu memprediksi insiden jatuh berdasarkan pola data yang dihasilkan dari sensor. Setelah perancangan selesai, perangkat lunak tersebut akan direalisasikan dan diuji untuk memastikan kesesuaian antara desain dan hasil implementasi.

3. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari 10 subjek non-lansia yang mensimulasikan aktivitas di kamar mandi, termasuk peristiwa jatuh. Setiap subjek merekam 5 skenario jatuh. Total 34 file digunakan, kemudian dibagi menjadi data latih (80%) dan data uji (20%).

4. Pelatihan dan Evaluasi Model

Model dilatih menggunakan 80% data. Evaluasi dilakukan melalui 5-fold cross-validation untuk mengukur stabilitas dan konsistensi kinerja. Uji performa akhir pada data uji dengan metrik seperti Akurasi, presisi, *recall*, *F1-score*, dan nilai AUC-ROC. Analisis komparatif antara *base model* dan *Stacking* untuk mengukur kontribusi *ensemble* terhadap peningkatan deteksi kejadian jatuh.

5. Implementasi Sistem

Model *random forest* dengan konfigurasi ringan (10 *tree*, maksimal 3 node per *tree*) diimplementasikan dalam bahasa C ke *wearable device*. Inferensi dilakukan secara *offline* maupun *online* pada data sensor yang masuk, dan hasil prediksi digunakan untuk menampilkan string “JATUH” atau “NORMAL” pada serial monitor. Implementasi ini berfokus pada validasi bahwa model dapat dijalankan pada perangkat dengan sumber daya terbatas.