BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Cara berjalan atau biasa dikenal dengan gait merupakan pola berjalan individu dan berkaitan dengan pola pergerakan tubuh bagian bawah. Bidang ini mencakup identifikasi langkah-langkah saat berjalan serta mengukur berbagai parameter yang terkait dengan gerakan, seperti kapan kaki terangkat dari tanah dan menyentuh kembali, posisi tubuh, ayunan kaki, jarak yang ditempuh, kecepatan, percepatan, kekuatan yang diberikan, tekanan pada kaki, serta bagaimana tekanan tersebut berubah seiring waktu [1]. Gait yang dihasilkan oleh individu berbeda satu sama lain. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat badan, panjang kaki, lebar telapak kaki, dan postur tubuh [2]. Gait umumnya digunakan untuk biometrik [3], [4], [5], serta diagnosis [6], [7]. Selain itu, gait juga dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi identitas individu, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai kunci pintar dalam bentuk perangkat *wearable*.

Teknik yang digunakan untuk mengakuisi data gait umumnya menggunakan sensor *Inersia Measurement Unit* (IMU) [1], [8], kamera [7], [9], dan *treadmill* [8]. Penggunaan kamera banyak digunakan untuk analisis gait, karena akurasi yang dihasilkan cukup tinggi [7], [9], namun memiliki kelemahan harus dipasang di lokasi yang tetap dan memerlukan beban komputasi yang lebih berat. Dengan menggunakan algoritma pengolahan citra, data gait yang dihasilkan kamera dapat digunakan untuk proses identifikasi. Perangkat lainnya yang bisa digunakan adalah sensor IMU yang menghasilkan parameter berupa percepatan linier dan kecepatan sudut. Kedua parameter ini dapat dimanfaatkan untuk proses identifikasi [1], [3], [4], [8]. Metode ini memiliki keunggulan dalam beban komputasi yang ringan, fleksibiltas dalam penggunan, serta mampu mengatasi serangan *spoofing* karena pola berjalan tiap orang yang unik dan sulit untuk ditiru Dengan memperhatikan portabilitas, keamanan, serta kenyamanan dalam penggunaan, penggunaan sensor IMU untuk akuisisi data gait dapat digunakan sebagai *smart key* dalam bentuk perangkat *wearable*. Namun, penggunaan sensor IMU harus memperhatikan lokasi

penempatan sensor yang mampu mendapatkan data gait yang optimal. Jika sensor diletakkan di bagian tubuh yang kurang terpengaruh saat berjalan, maka kualitas data yang dihasilkan akan rendah sehingga *smart key* tidak mampu mengidentifikasi identitas dengan baik.

Penggunaan gait sebagai modalitas biometrik dengan sensor IMU telah diterapkan sebelumnya, terutama dalam mengidentifikasi identitas individu menggunakan data gait yang diperoleh. Yu Su telah melakukan penelitian menggunakan sensor IMU bawaan yang kemudian diolah menggunakan jaringan *Attention Bidirectional Long Short-Term Memory* (ABLSTM) [10]. Fitur gait yang telah diekstrak kemudian dienkripsi dengan metode *Stochastic Orthogonal Transformation* (SOT) untuk melindungi privasi dan mencegah penyalahgunaan data biometrik. Revadigar memanfaatkan sensor akselerometer untuk mendapatkan data gait dan menggunakannya untuk menghasilkan kunci kriptografi grup secara aman [11]. Teknik Fuzzy Vault digunakan untuk mengamankan kunci rahasia sehingga hanya dapat diakses oleh perangkat yang memiliki data gait yang sesuai.

Penelitian yang akan dilakukan adalah penerapan analisis gait untuk identifikasi *smart-key* berbasis sensor IMU. Penggunaan sensor IMU mempertimbangkan fleksibilitas proses akuisisi data serta kemudahan dalam penggunaannya. Data gait yang dihasilkan diharapkan mampu melakukan proses identifikasi dengan menggunakan algoritma Hidden Markov Model (HMM), sehingga dapat ditanamkan ke dalam mikrokontroler. Penggunaan sensor IMU untuk akuisisi mempertimbangkan kemudahan dalam penggunaan serta ketahanan dalam berbagai kondisi lingkungan serta terhadap serangan *spoofing*. Algoritma HMM cocok untuk menganalisis data gait yang dihasilkan sensor IMU karena mampu mengenali pola temporal yang kompleks serta mengatasi ketidakpastian dan variasi dalam pergerakan, sehingga mendukung identifikasi dan klasifikasi fase gait dengan akurasi yang tinggi [12].

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1) Bagaimana merancang dan menerapkan sistem *smart-key* berbasis analisis gait dengan sensor IMU untuk memperkuat keamanan dibandingkan dengan metode yang menggunakan *password*?
2) Apa pengaruh lokasi sensor dalam pengumpulan data gait terhadap keakuratan sistem identifikasi individu untuk penggunaan *smart key*?
3) Algoritma pemrosesan data dan metode prediksi apa yang paling efisien dalam meningkatkan akurasi identifikasi individu berbasis gait?

1.3. Tujuan

Berikut tujuan dari penelitian yang dilakukan.

1. Membangun sistem identifikasi biometrik berbasis gait menggunakan sensor IMU sebagai *smart key wearable device* untuk meningkatkan keamanan dan kemudahan dalam penggunaan.
2. Mengetahui pengaruh lokasi sensor terhadap akurasi identifikasi untuk pengembangan *smart key wearable* yang praktis dan akurat.
3. Mengidentifikasi dan menerapkan metode pemrosesan data serta algoritma prediksi yang paling efektif untuk meningkatkan akurasi identifikasi individu berbasis gait dengan menggunakan algoritma Hidden Markov Model (HMM) dan mencapai tingkat akurasi minimal 85%.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian dilakukan dengan batasan-batasan yang telah ditentukan. Berikut batasan masalah dari penelitian ini.

1) Penelitian ini akan berfokus pada penggunaan gait sebagai modalitas biometrik untuk identifikasi individu, tanpa mempertimbangkan metode biometrik lainnya seperti sidik jari, pengenalan wajah, suara, atau iris mata.
2) Penelitian ini akan menggunakan data gait yang diperoleh dari individu yang berjalan dalam kondisi normal, dan tidak mencakup variasi gait yang terjadi karena faktor eksternal seperti kelelahan, penyakit, atau perubahan postur yang signifikan.

3) Sistem yang dikembangkan hanya mencakup proses identifikasi individu berdasarkan analisis gait, dan tidak akan mempertimbangkan aspek lain dari sistem keamanan.
4) Penelitian ini akan menggunakan sensor IMU yang tertanam dalam mikrokontroller Arduino Nano RP2040 Connect sebagai perangkat keras untuk akuisisi dan pemrosesan data gait, tanpa mempertimbangkan penggunaan sensor IMU lainnya.
5) Penelitian akan dilakukan dengan membandingkan hasil akurasi data gait yang ditempatkan pada bagian pinggang, paha, betis, dan kaki.
6) Sistem yang dikembangkan harus berukuran cukup kecil sehingga dapat dikategorikan sebagai *wearable device*.

1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan yang mengintegrasikan beberapa metode, yaitu studi literatur, pengukuran empiris, analisis statistik, pengembangan model, perancangan, dan implementasi. Berikut penjelasan dari masing-masing metode yang digunakan.

1) Studi Literatur

   Penelitian diawali dengan pengumpulan dan analisis berbagai sumber pustaka yang relevan mengenai teknologi biometrik, khususnya analisis gait. Literatur yang akan dianalisis meliputi jurnal dan publikasi ilmiah yang membahas konsep dasar dan perkembangan terkini di bidang biometrik. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai konsep gait sebagai modalitas bometrik, sekaligus mengidentifikasi kelemahan dan keunggulan sistem yang ada.

2) Pengukuran Empiris

   Setelah memahami teori yang relevan, pengukuran empiris dilakukan dengan mengumpulkan data gait dari sejumlah individu. Proses ini melibatkan pengamatan langsung pola berjalan individu yang dilakukan dalam kondisi normal. Data gait diperoleh menggunakan sensor IMU yang tertanam dalam Arduino Nano RP2040 Connect. Prosedur pengukuran akan menjadi standar

yang telah ditentukan sebelumnya untuk memastikan validitas dan keandalan data yang diperoleh.

3) Analisis Statistik

Data yang diperoleh dari pengukuran empiris akan dianalisis secara statistik untuk menilai kualitas dan konsistensi data gait. Analisis ini mencakup penggunaan metode statistik untuk menghitung parameter seperti percepatan linear dan kecepatan sudut. Hasil analisis ini akan digunakan untuk mengevaluasi akurasi sistem identifikasi berbasis gait.

4) Pengembangan Model

Setelah melakukan analisis statistik, data yang telah diproses akan digunakan untuk mengembangkan model *machine learning* menggunakan Hidden Markov Model. Model tersebut dilatih menggunakan data yang tersedia dan diuji untuk mengevaluasi kinerjanya. Hal ini bertujuan untuk menemukan algoritma pemrosesan data dan metode prediksi yang paling efektif untuk mengidentifikasi individu berdasarkan data gait yang telah diperoleh sebelumnya.

5) Perancangan

Perancangan sistem *smart key* berbasis gait akan dilakukan berdasarkan hasil studi literatur dan pengukuran empiris. Proses perancangan mencakup desain arsitektur sistem, pemilihan komponen *hardware* dan *software* yang sesuai, serta pengembangan algoritma pemrosesan data. Tahapan ini berfokus untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan optimal.

6) Implementasi

Tahap terakhir adalah implementasi sistem yang telah dirancang. Tahapan ini mencakup integrasi semua komponen, pengujian sistem secara menyeluruh, dan penanganan masalah yang mungkin timbul selama proses implementasi.

Setelah implementasi selesai, sistem akan diuji untuk menilai penilaiannya dalam mengidentifikasi individu berdasarkan analisis gait.

Dengan pendekatan yang terstruktur ini, diharapkan penelitian mengenai *Sistem Smart-Key Berbasis Gait Analysis dengan Sensor Inertial Unit (IMU)* dapat menghasilkan sistem identifikasi gait yang efektif dan akurat serta mampu diimplementasikan sebagai *smart key*.

1.6. Proyeksi Pengguna

Penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh berbagai pihak yang memerlukan sistem keamanan canggih, khususnya yang menggunakan sistem biometrik berbasis gait. Penerapan sistem identifikasi berbasis gait sebagai *smart key* dapat menjadi solusi yang efisien untuk keamanan di *smart house, smart office* atau fasilitas dengan akses terbatas yang memerlukann pengenalan individu. Perusahaan yang bergerak di bidang keamanan dan teknologi biometrik juga dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai dasar untuk mengembangkan teknologi keamanan yang lebih canggih.