

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Senam merupakan salah satu cabang olahraga yang menuntut koordinasi, fleksibilitas, kekuatan, serta ketepatan gerak yang tinggi. Salah satu bentuknya adalah senam irama, yang mengombinasikan unsur gerak tubuh dengan irama musik sehingga menuntut keselarasan antara teknik, tempo, dan ekspresi. Aktivitas senam secara umum terbukti memberikan manfaat signifikan terhadap kebugaran jasmani, peningkatan kekuatan otot, keseimbangan, dan kualitas hidup peserta latihan [1] [2], . Dalam konteks pendidikan olahraga, senam irama tidak hanya berperan dalam pengembangan kondisi fisik, tetapi juga melatih koordinasi motorik, konsistensi ritme, dan kontrol postur tubuh yang presisi. Gerakan dalam senam irama biasanya dilakukan secara berurutan dengan pola tertentu yang harus mengikuti ketukan musik, sehingga membutuhkan sinkronisasi antara sistem saraf, otot, dan persepsi ritmik. Oleh karena itu, kualitas pelaksanaan gerakan menjadi aspek utama dalam proses pembelajaran maupun evaluasi performa siswa, karena kesalahan kecil pada sudut tubuh atau ketidaktepatan tempo dapat memengaruhi keseluruhan nilai penampilan.

Penilaian dalam senam irama pada umumnya dilakukan oleh juri berdasarkan pedoman *Code of Points* yang menilai aspek teknik, keselarasan gerak dengan musik, serta tingkat kesulitan rangkaian gerakan. Meskipun sistem tersebut telah distandarkan, proses evaluasi masih sangat bergantung pada pengamatan visual dan interpretasi subjektif penilai. Tantangan utama dalam sistem konvensional adalah potensi inkonsistensi skor serta keterbatasan kemampuan manusia dalam mengamati detail sudut gerak secara presisi dan berulang [3]. Selain itu, dalam kegiatan pembelajaran dengan jumlah peserta yang banyak, penilaian manual menjadi kurang efisien dan membutuhkan waktu relatif lama. Penilai juga dapat mengalami kelelahan visual yang berdampak pada konsentrasi dan akurasi evaluasi. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem yang mampu membantu proses evaluasi secara lebih objektif, terukur, dan konsisten, sehingga standar penilaian dapat diterapkan secara seragam pada setiap peserta.

Perkembangan teknologi sensor dan kecerdasan buatan membuka peluang untuk mengembangkan sistem penilaian gerakan yang lebih akurat. Sensor inersial seperti *accelerometer* dan *gyroscope* yang tergabung dalam *Inertial Measurement Unit* (IMU) mampu merekam data percepatan dan orientasi tubuh secara *real-time* [4]. Data tersebut dapat diproses menggunakan algoritma pengenalan pola atau pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi karakteristik gerakan tertentu. Selain pendekatan berbasis IMU, penelitian lain juga menunjukkan bahwa sistem berbasis visi komputer dan kecerdasan buatan mampu melakukan evaluasi gerakan olahraga secara otomatis dengan tingkat kesesuaian tinggi terhadap penilaian juri profesional [5], [6]. Bahkan pendekatan berbasis sinyal nirkabel seperti Wi-Fi *Channel State Information* (CSI) telah digunakan untuk mendeteksi aktivitas manusia tanpa kamera [7]. Kajian mengenai penerapan kecerdasan buatan dalam olahraga juga menegaskan bahwa integrasi multi-sensor dan analisis berbasis data dapat meningkatkan akurasi evaluasi performa atlet secara signifikan [8]. Dengan demikian, integrasi sensor dan sistem pemrosesan cerdas berpotensi meningkatkan objektivitas, konsistensi, serta efisiensi dalam penilaian gerakan senam irama.

Sebagai jembatan antara hasil penelitian umum dan implementasi praktis, beberapa studi dan prototipe telah menguji elemen-elemen kunci yang relevan untuk aplikasi lapangan. Hasil literatur menunjukkan kebutuhan akan filtrasi sinyal, ekstraksi fitur yang representatif, serta pemilihan ambang/parameter yang tepat agar metrik kuantitatif dapat merepresentasikan kualitas gerakan secara bermakna. Pendekatan *hybrid* yaitu menggabungkan pengukuran IMU, pemrosesan *embedded*, dan analisis pola berbasis aturan atau *machine learning* yang muncul sebagai strategi yang dapat menghasilkan evaluasi waktu-nyata dan umpan balik yang dapat ditindaklanjuti. Selain itu, beberapa studi lapangan menekankan kemudahan integrasi perangkat berbasis ESP/NodeMCU dalam prototipe edukatif, sehingga solusi berbasis mikrokontroler layak diadopsi untuk keperluan pembelajaran dan monitoring performa.

Hasil-hasil riset dan pengembangan perangkat berbasis sensor yang relevan mendukung arah penelitian ini. Beberapa studi penerapan *accelerometer* dan IMU pada olahraga lain menunjukkan kemampuan alat-alat sederhana untuk menangkap parameter fisik penting yang dapat dijadikan dasar penilaian kuantitatif [9]. Selain

itu, sejumlah tugas akhir dan penelitian memanfaatkan kombinasi akselerometer/gyro dan mikrokontroler (ESP32/ESP8266) untuk memantau aktivitas olahraga dan menampilkan hasilnya pada aplikasi antarmuka, dengan tingkat akurasi yang memadai untuk *monitoring* pembelajaran [10], [11]. Studi lain pada sistem deteksi dan penghitungan pengulangan berbasis MPU6050 dan ESP32 juga memperlihatkan bahwa perangkat berbasis sensor mampu membedakan gerakan benar dan salah melalui kalibrasi ambang batas tertentu [12]. Lebih jauh, analisis persepsi juri dalam penilaian berbasis *accelerometer* menunjukkan bahwa sensor dapat membantu mengurangi subjektivitas apabila divalidasi dengan parameter yang tepat [13]. Temuan-temuan tersebut memperkuat asumsi bahwa sistem penilaian berbasis sensor dapat menjadi pelengkap sekaligus pendukung objektivitas dalam evaluasi gerakan senam irama.

Berdasarkan kebutuhan penelitian, sistem penilaian senam dikembangkan menggunakan ESP32 D1 Mini pada modul *transmitter* dan *receiver* yang terhubung melalui jaringan Wi-Fi dengan protokol TCP/IP. ESP32 pada *transmitter* membaca data *accelerometer* dan *gyroscope* dari sensor MPU-6050, kemudian menyimpannya sementara pada memori internal selama aktivitas senam berlangsung. Setelah senam selesai, data dikirim ke *receiver* dan diteruskan ke aplikasi Android untuk diolah menggunakan *downsampling* dengan metode *average pooling*, *moving average*, normalisasi Min-Max, dan RMSE dengan membandingkan data peserta terhadap data master. Hasil pengolahan berupa skor akhir ditampilkan pada aplikasi Android dan dikirim kembali ke *receiver* untuk ditampilkan pada panel LED.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem penilaian gerakan senam irama berbasis sensor inersia yang mampu merekam data gerakan senam secara real-time?
2. Bagaimana mengirimkan data sensor menggunakan jaringan *client-server* antara dua modul ESP32 D1 Mini sebagai *transmitter* dan *receiver* melalui jaringan Wi-Fi?

3. Bagaimana mengolah data sensor inersia menggunakan *downsampling* dengan metode *average pooling*, *moving average*, normalisasi Min-Max, dan RMSE untuk menentukan nilai atau skor gerakan senam?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem penilaian senam irama berbasis sensor MPU-6050 yang bekerja secara real-time.
2. Mengevaluasi metode *downsampling* dengan metode *average pooling*, *moving average*, normalisasi, dan RMSE dalam pengolahan data sensor untuk menentukan hasil penilaian gerakan senam.
3. Mengembangkan aplikasi berbasis *mobile* yang mendukung sistem penilaian senam secara otomatis serta menampilkan hasil penilaian melalui aplikasi dan panel LED Matrix.
4. Mengimplementasikan sistem penilaian senam secara otomatis pada gerakan Senam Kesegaran Jasmani (SKJ) 2021.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

#### 1. Manfaat Teoretis

- Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu *sport engineering* khususnya pada penerapan sensor inersial dan sistem tertanam dalam evaluasi olahraga.
- Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait sistem penilaian otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam bidang olahraga.

#### 2. Manfaat Praktis

- Membantu guru atau pelatih dalam melakukan penilaian senam irama secara lebih objektif dan konsisten.
- Mengurangi potensi subjektivitas dalam pemberian nilai.
- Meningkatkan efisiensi waktu dalam proses evaluasi pembelajaran.

- Memberikan umpan balik berbasis data kepada siswa untuk meningkatkan kualitas gerakan.

### 3. Manfaat Teknologis

- 1) Menghasilkan prototipe sistem penilaian berbasis mikrokontroler ESP32 yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi perangkat komersial atau sistem pendukung pembelajaran digital.
- 2) Mendukung transformasi digital dalam pendidikan olahraga berbasis teknologi sensor dan komunikasi nirkabel.

### 1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada penilaian senam irama yang memiliki rangkaian gerakan konsisten terhadap irama musik dengan penerapan pada Senam Kesegaran Jasmani (SKJ) 2021.
2. Sensor yang digunakan adalah MPU-6050 untuk memperoleh data *accelerometer* dan *gyroscope* pada sumbu X, Y, dan Z.
3. Modul *transmitter* yang berisi sensor ditempatkan pada saku belakang celana bagian kanan peserta sehingga data yang diperoleh difokuskan pada perubahan gerakan di area panggul, terutama gerakan yang berkaitan dengan langkah, perpindahan posisi, hentakan, dan gerakan kaki.
4. Celana training yang digunakan pada saat pengujian berbahan kain lotto dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran tubuh peserta agar posisi modul *transmitter* tetap berada pada saku belakang bagian kanan selama pengambilan data.
5. Sistem hanya melayani satu peserta uji dalam satu waktu dan tidak mendukung penggunaan multi-user secara real-time.
6. Pengolahan data menggunakan *downsampling* dengan metode *average pooling*, *moving average*, normalisasi Min-Max, dan RMSE dengan membandingkan data peserta terhadap data referensi tanpa menggunakan algoritma machine learning yang kompleks.

7. Komunikasi antara modul *transmitter* dan *receiver* menggunakan jaringan Wi-Fi lokal dengan arsitektur *client-server* antar-ESP32 D1 Mini tanpa integrasi *server cloud* atau database *online*.
8. Jarak komunikasi antara modul *transmitter* dan *receiver* pada pengujian dibatasi maksimal 5 meter.